



“Suelo, recurso clave para la soberanía alimentaria y calidad del ambiente”

XX CONGRESO VENEZOLANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

San Juan de Los Morros, 25 al 29 de noviembre de 2013.
Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos

MINERALIZACIÓN DEL N DESDE FRACCIONES LÁBILES Y ESTABLES DE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO DE SABANA CON COBERTURAS PERENNES DE GRAMÍNEA Y LEGUMINOSA

Caballero-León, Ronelly^{1*}; Hernández-Hernández, Rosa Mary²; Vera, Lorena¹ y Delgado, Mavelys¹

¹Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

²Laboratorio de Biogeoquímica, Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Caracas, Venezuela. E-mail: ronellycaballero@yahoo.es

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la mineralización del N desde distintas fracciones de la materia orgánica del suelo (MOS) de un ultisol de sabana manejado en forma conservacionista. Los tratamientos fueron: *Centrosema macrocarpum*-Cm y *Brachiaria dyclioneura*-Bd 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. La materia macroorgánica (MMO) y la fracción pesada (FP) de la MOS fueron obtenidas por fraccionamiento físico (tamaño y densidad). Para estimar la mineralización del N desde ambas fracciones, se realizaron incubaciones aeróbicas en laboratorio durante 35 días. La MMO de la cobertura Bd indujo menor inmovilización de N comparado con Cm. La RF promovió la mineralización del N desde la MMO de la gramínea, así como desde la FP de ambas coberturas.

PALABRAS CLAVE:

Materia orgánica, mineralización, nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

La MOS influye en múltiples propiedades y funciones del mismo, una de las más esenciales es la del aporte y suministro de nutrientes esenciales para las plantas, debido a que el ciclado de nutrientes (C, N, P, S) está estrechamente ligado a la formación, descomposición y mineralización de la MOS. Se ha reportado que más del 95% del N (Meléndez, 2003) y 15 a 80% del P (Ohel *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2008) se encuentran en forma orgánica. Por lo tanto, su transformación hacia formas inorgánicas disponibles que puedan ser utilizadas por las plantas, ocurre a través del proceso de mineralización de la MOS. Este proceso es mediado por los microorganismos del suelo, quienes representan la fracción activa de la MOS. En este sentido, las fracciones dinámicas que conforman la MOS se agrupan en: a) Fracción activa (biomasa microbiana) b) Fracción lenta conocida como materia macroorgánica (MMO) y, c) Fracción estable o pasiva íntimamente asociada a la parte mineral del suelo (humus). Cada una representa un reservorio de nutrientes para los cultivos a corto, mediano y largo plazo, y para su cuantificación son usados procedimientos de fraccionamiento físico que comprenden técnicas de separación por tamaño y densidad, donde la MMO, también conocida como materia orgánica particulada (MOP), es removida desde el resto del suelo por flotación en agua o en soluciones densas (Boone, 1994; Monaghan y Barraclough, 1997; Meijboon *et al.*, 1995), debido a que no se encuentra firmemente unida a la parte mineral del suelo. La participación de estas fracciones en la liberación de nutrientes es evaluada en ensayos de mineralización (de campo o laboratorio), donde la calidad de los materiales orgánicos que entran al suelo juega un papel fundamental; ya que, las diferencias en la composición química de los residuos, son las que regulan su descomposición e influyen en la liberación de los elementos al suelo. La relación C/N es considerada uno de los factores principales que gobiernan este proceso, pero se ha comprobado que no es el único factor involucrado, otros como la lignina, polifenoles, hemicelulosa y el contenido de taninos también inciden en la dinámica de liberación de nutrientes durante la descomposición de los materiales orgánicos (Dossa *et al.*, 2009).

Los estudios de fertilidad de suelos con énfasis en la MOS y sus distintas fracciones como fuente de nutrientes han incrementado en los últimos años, este avance de investigación permitiría establecer estrategias de manejo en la suplencia oportuna y efectiva de los nutrimentos durante el ciclo de cultivo.

Principalmente, de aquellos con alta demanda que por condiciones de suelo, clima o características inherentes del elemento, son muy susceptibles a pérdidas que se traducen en mayores costos de producción y daños al ambiente por uso excesivo de fertilizantes químicos, como ocurre con la fertilización nitrogenada. Todo esto reviste particular importancia en los suelos de sabana de baja fertilidad, como los del estado Guárico, debido a que la extensión de la frontera agrícola hacia los mismos ha provocado significativas disminuciones en su productividad, por los bajos niveles de MOS. Por esta razón, 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 del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar la participación de las fracciones pasivas (MMO) y lentas (FP) de la MOS obtenidas a través de un fraccionamiento físico, en la mineralización-inmovilización del N y relacionarlo con la calidad de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ensayo se realizó en la Estación Experimental La Iguana, Municipio Santa María de Ipire, estado Guárico. El suelo es un Typic plinthustults francosa gruesa, caolinítica, isohipertérmica, con 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. El número mínimo de muestras a tomar fue de 12 muestras por tratamiento, compuestas de tres sub-muestras cada una. Los tratamientos evaluados consistieron de dos coberturas perennes de distinta calidad, una gramínea *Brachiaria dictioneura* (Bd) y una leguminosa *Centrosema macrocarpum* (Cm), ambas sometidas a 4 tipos de fertilización para la siembra directa del maíz: I₀, Sin fertilización inorgánica (testigo); 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 septiembre del año 2006, en la floración del cultivo de maíz, 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. 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 MMO. Para ello se tomaron 500 g de cada muestra de suelo previamente tamizado a 2 mm, mezclados con 2 Lt de agua y colocados sobre dos tamices; uno de 250 µm y otro de 150 µm, con el fin de realizar una separación del suelo por tamaño mediante tamizado en húmedo. En este proceso se obtuvieron tres fracciones de tamaño de suelo: a) Fracción > 250 µm b) Fracción entre 250 y 150 µm, ambas correspondientes a la MMO asociada a la fracción mineral gruesa del suelo, y c) Fracción <150 µm, que contiene buena parte de la FP de la MOS (corresponde a la FP de la MOS asociada a las partículas minerales finas (FPmf). El material presente sobre ambos tamices (250 y 150 µm) se colocó en un envase y por decantación se separó la fracción mineral del suelo del material orgánico particulado (MMO). La fracción mineral quedó depositada en el fondo del envase; ésta incluye las partículas gruesas del suelo y es denominada fracción pesada mineral gruesa (FPmg). Este proceso de agitación y decantación se repitió varias veces hasta que no quedaron partículas orgánicas visibles.

En una segunda etapa la MMO se separó mediante fraccionamiento por densidad, usando como medio de separación una dispersión coloidal acuosa de partículas de sílice (Ludox). Para ello la fracción orgánica se colocó en el Ludox con una densidad de 1,37 g.cm⁻³ mezclándose varias veces, la fracción que sedimentó recibe el nombre de fracción pesada en Ludox (FPL), que tiene una densidad > 1,37 g.cm⁻³, mientras que la que flotó se recolectó y colocó en Ludox con una densidad de 1,13 g.cm⁻³. Igualmente este material orgánico se separó en fracciones, la que flotó (<1,13 g/cm³) y la que sedimentó (1,13-1,37 g.cm⁻³), la primera se denomina fracción ligera en Ludox (FLL) y la segunda, fracción intermedia en Ludox (FIL). El procedimiento se repitió varias veces hasta que la cantidad de material que flotó fue imperceptible. Las tres fracciones de MMO fueron lavadas con agua desionizada y secadas en estufa a 50°C. El tiempo promedio de permanencia de la MMO en el Ludox fue aproximadamente de 10 minutos.

Incubaciones aeróbicas de las fracciones de MOS:

Para estimar la mineralización del N desde las fracciones de materia macroorgánica (MMO) y de la fracción pesada (FP) asociada a la parte mineral del suelo, se realizaron incubaciones aeróbicas de las mismas siguiendo la metodología reseñada en Barrios *et al.* (1996). Previamente, debido al gran número de muestras, se mezclaron las tres fracciones de MMO (FLL, FIL y FPL) en una sola, y por otro lado, las dos FP minerales (FPMG y FPMF). Considerando en todo caso, el criterio de representatividad relativa de las fracciones de MMO y de FP por cada tratamiento.

Para ello se usaron 15 g de muestra (en el caso de la MMO estuvo conformada por 0,075 g de la mezcla de esta fracción + 14,925 g de arena quemada a 500°C durante 8 horas) y 1,5 ml de solución de suelo para estimular la actividad de los microorganismos. La solución de suelo, se preparó con la mezcla de las muestras frescas de suelo, se tomó una submuestra que fue diluida con agua destilada en una proporción suelo:agua de 1:1,5. El período de incubación fue de 35 días, durante este tiempo las muestras se mantuvieron a una temperatura de 28°C±2, con una humedad aproximada del 66% de la capacidad máxima de retención de humedad (CRH). Se cuantificaron los contenidos de amonio y nitrato (NH₄⁺, NO₃⁻) en el tiempo inicial (0 días de incubación) y en el tiempo final (35 días de incubación). Para la estimación del NH₄⁺ y NO₃⁻ se tomaron 10 g de la muestra a la cual se le realizó una extracción con KCl 2M (relación suelo:solución 1:10) y destilación en microkjeldahl (Bremner, 1965) en presencia de óxido de magnesio (MgO) para la determinación del contenido de NH₄⁺, seguida de la destilación del mismo extracto en presencia de aleación devarda para la estimación del NO₃⁻. Posteriormente la diferencia entre el contenido de N en el tiempo final y el tiempo inicial es referida como N mineralizado.

Análisis estadístico

Se realizó con el uso del paquete estadístico Infostat 2.0. Se hizo el análisis descriptivo de los datos y la comprobación de supuestos, aquellos casos que no cumplieron con la prueba de normalidad se sometieron a transformaciones para su ajuste. Seguidamente se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba Tukey a un nivel de significación del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cantidad de NH₄⁺ y NO₃⁻ desde la MMO:

Cuando se compararon los tratamientos testigos de las coberturas (Bd y Cm sin fertilización) con VN (control absoluto), los valores de NH₄⁺ y NO₃⁻ no mostraron diferencias significativas (p<0,05) atribuibles a la introducción de las coberturas perennes. Los resultados indican que hubo inmovilización del elemento puesto que las diferencias negativas señalan la disminución de los contenidos de ambas formas de N durante el período de incubación.

En la interacción cobertura-fertilización (C*F) se evidencia que el uso de fertilizantes de alta y de baja solubilidad de P, afectaron en forma distinta a cada cobertura en la mineralización-inmovilización de N (Figura 1). Cuando se fertilizó con RF, el efecto de la gramínea por sí sola (BdIo) fue revertido, pues se pasó de inmovilizar N a mineralizarlo. Algo similar ocurrió cuando se usó un fertilizante de alta solubilidad de P (IR), pero aquí se cambió la inmovilización del NH₄⁺ que se observó en BdIo, al mineralizarse el N. Es claro, que en Bd, la disponibilidad de P está ejerciendo un efecto importante en la flora microbiana que influye en el ciclo biogeoquímico del N, pues la RF favoreció no solo la amonificación sino también la nitrificación, mientras que en el caso de IR no fue suficiente para que la nitrificación se efectuara, por lo que solo el proceso de amonificación fue evidente. El hecho de tener mayor o menor disponibilidad de P soluble en el suelo no ejerció ningún efecto sobre la acción de la leguminosa en el proceso de inmovilización de N. Los resultados del análisis de calidad de las fracciones de MMO indicaron que la MMO de Bd es más rica en C que en N y por lo tanto posee alta relación C/N comparado con Cm. Esto explicaría que los residuos de Bd, por sí solos, promovieron la inmovilización de N. Sin embargo no explica porque este patrón cambió cuando se usaba fertilizantes químicos. Estudios del efecto de los residuos de Bd mostraron que esta gramínea genera compuestos con menor relación ácidos fúlvicos/ácidos húmicos en el suelo (Lozano *et al.*, 2002), al igual que otros trabajos de Padrino (2004) que destacaron la más rápida descomposición de Bd respecto a Cm. Al parecer, la mayor descomposición de Bd se incrementó con la adición de fertilizantes inorgánicos, pues indujeron una mayor actividad microbológica. Diferente es el efecto de la leguminosa, ya que a pesar de tener más estrechas relaciones C/N, su descomposición es más baja por el mayor contenido de lignina y polifenoles (Padrino, 2004). La incubación de sus fracciones macroorgánicas no mostró mineralización de N bajo ninguno de los manejos de fertilización fosfórica utilizados, aún cuando se usaron los mismos fertilizantes inorgánicos que en Bd. Padrino (2004) encontró que aunque la gramínea liberó menor cantidad de N, la leguminosa presentó una mayor acumulación de polifenoles durante el ciclo, en comparación con Bd, razón por la cual se vio afectada la actividad de los microorganismos responsables de las

transformaciones de la MOS. En virtud de esto, Cookson *et al.* (2005) afirman que la biodegradabilidad de la MOS, está estrechamente relacionada con factores intrínsecos de calidad de la misma, es decir, contenido de lignina, presencia de ácidos orgánicos, proteínas, ácidos húmicos, entre otros compuestos; por lo tanto, altas concentraciones de lignina y polifenoles, inducen la recalcitrancia química; en consecuencia, es muy probable que ocurra inmovilización microbiana del N (Mapfumo y Mtambanengwe, 2007). Asimismo, Dossa *et al.* (2009) agregan que aunque la mineralización y la inmovilización son procesos que ocurren simultáneamente, cuando los materiales orgánicos son adicionados al suelo la dominancia de uno de ellos dependerá de la composición química del residuo incorporado.

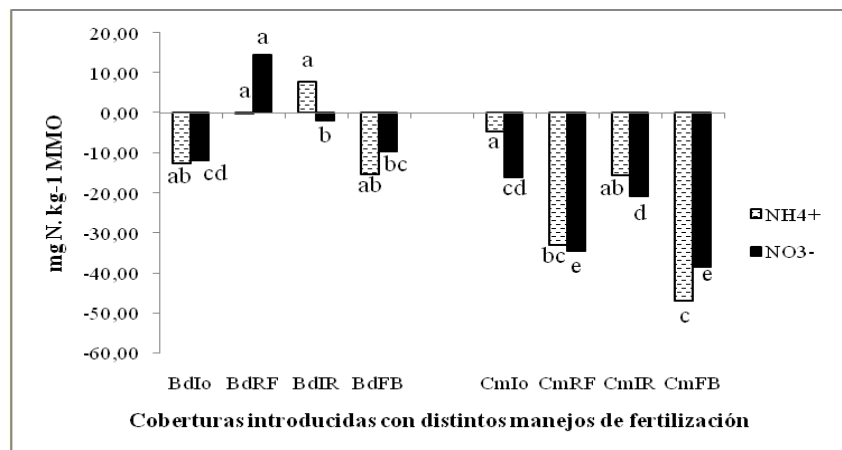


Figura 1. Cantidad de NH_4^+ y NO_3^- mineralizado o inmovilizado desde la MMO entre las coberturas con diferentes manejos de fertilización fosfórica.

BdIo: *Brachiaria dyclioneura* Sin fertilización; BdRF: *Brachiaria dyclioneura* + Roca fosfórica; BdIR *Brachiaria dyclioneura* + dosis baja de fertilizante inorgánico; BdFB: *Brachiaria dyclioneura* + fertilización biológica CmIo: *Centrosema macrocarpum* Sin fertilización; CmRF: *Centrosema macrocarpum* + Roca fosfórica; CmIR: *Centrosema macrocarpum* + dosis baja de fertilizante inorgánico; CmFB: *Centrosema macrocarpum* + fertilización biológica; NH_4^+ : Amonio; NO_3^- : Nitrato
Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para cada variable.

Cantidad de NH_4^+ y NO_3^- desde la FP de la MO:

Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) por la introducción de las coberturas (comparación entre coberturas sin fertilización y VN) sobre la mineralización de N desde esta fracción estable. Bd estimuló la mineralización de ambas formas de N, lo contrario se observó en Cm y VN. Tales diferencias deben estar estrechamente relacionadas con la calidad de Bd. Previamente se indicó que Bd aporta un material orgánico al suelo más lábil y más fácilmente metabolizable que Cm y VN, y además el uso de Bd pudo favorecer la conservación de N en el suelo por un efecto de agregación de las partículas minerales provocado su sistema radical (Hernández-Hernández *et al.*, 2009). Adicionalmente, se detectó un patrón similar al encontrado con la MMO; Bd presentó los valores más altos de NH_4^+ y NO_3^- , en comparación con Cm, pero a diferencia de la MMO, la incubación de la FP de Bd mostró incrementos positivos de ambas formas de N, indicando que hubo mineralización de N. La leguminosa promovió la producción de NO_3^- , sugiriendo la prevalencia del proceso de nitrificación desde la FP. El hecho de encontrar mayor mineralización de N desde la FP de Bd respecto a Cm, puede relacionarse con que Bd generó un material orgánico mayormente asociado con las partículas gruesas del suelo (arenas), menos protegido físicamente, lo que provocó que pudiera ser más fácilmente descompuesto y en consecuencia, las formas orgánicas del N pudieron ser mineralizadas más rápidamente. A diferencia de Cm, quien provocó la formación de un material más recalcitrante por la presencia de mayores contenidos de lignina y polifenoles en sus raíces (Padrino, 2004) que posiblemente promovieron una mayor protección física de la MOS en sus microagregados (Hernández *et al.*, 2008), lo que la hizo más resistente a la degradación microbiana.

A diferencia de lo encontrado para la MMO, la interacción C*F en la FP (Figura 2), mostró efectos muy claros con el uso de RF en ambas coberturas, reflejados en la mineralización del N, y que fueron superiores en Bd comparados con Cm. Lo mismo se observó en Bd sin fertilización inorgánica. Gurlevik *et al.* (2004) señalan que aunque usualmente el NH_4^+ domina el pool de N, la nitrificación neta puede incrementar luego de la fertilización, y esto puede ser lo que está ocurriendo en aquellos tratamientos donde se observó mayor liberación de NO_3^- respecto al NH_4^+ (Figura 2). El resto de los tratamientos (CmIo y CmFB) presentaron cantidades inmovilizadas de NH_4^+ superiores a las de NO_3^- . Esto puede estar relacionado con la preferencia que tienen los microorganismos de utilizar el NH_4^+ en lugar del NO_3^- , esta inmovilización preferencial de

NH_4^+ sobre el NO_3^- por la biomasa microbiana del suelo ha sido demostrada en varios estudios (Landi *et al.*, 2006).

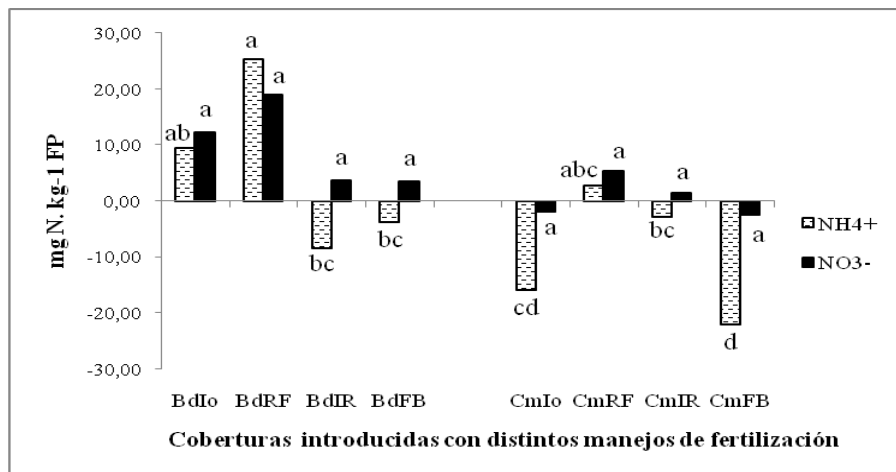


Figura 2. Cantidad de NH_4^+ y NO_3^- mineralizado o inmovilizado desde la FP entre las coberturas con diferentes manejos de fertilización fosfórica.

BdIo: *Brachiaria dictioneura* Sin fertilización; BdRF: *Brachiaria dictioneura* + Roca fosfórica; BdIR: *Brachiaria dictioneura* + dosis baja de fertilizante inorgánico; BdFB: *Brachiaria dictioneura* + fertilización biológica CmIo: *Centrosema macrocarpum* Sin fertilización; CmRF: *Centrosema macrocarpum* + Roca fosfórica; CmIR: *Centrosema macrocarpum* + dosis baja de fertilizante inorgánico; CmFB: *Centrosema macrocarpum* + fertilización biológica; NH_4^+ : Amonio; NO_3^- : Nitrato

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para cada variable.

La mayor mineralización de N en BdRF respecto al resto de los tratamientos, puede ser explicado por las más altas concentraciones de N total encontradas (resultados no mostrados) en la FPmg y en la FPmg de este tratamiento, lo que refleja el efecto positivo inducido por esta interacción cobertura-fertilización respecto a la acumulación de N en la FP de la MOS, sugiriéndola como una importante fuente de nutrientes a largo plazo. Asimismo, queda de manifiesto que la roca aunque es una fuente menos soluble de P en comparación al fosfato diamónico, favorece la asimilación de N por parte de la planta, tal vez por un mayor desarrollo de biomasa radicular (Hernández-Hernández *et al.*, 2007), que favorece la conservación del N en sus fracciones minerales. Mapfumo y Mtambanengwe (2007) afirman que una de las opciones de manejo para incrementar la calidad de las fracciones orgánico- minerales, principalmente en suelos de texturas arenosas, es a través de la inclusión de residuos orgánicos de alta calidad. En este caso sería equiparable a los residuos orgánicos provenientes de Bd, que aunque poseen menor concentración de N e índices C/N y C/P más altos promovieron mayor mineralización de N respecto a Cm. A pesar de estos resultados, es conveniente no olvidar el escenario completo de las sabanas bien drenadas; la concentración de fuertes precipitaciones en periodos cortos cuando se cultiva el maíz asociado a las coberturas bajo estos esquemas de fertilización, incrementa el riesgo de pérdida de N mineral por lixiviación. Resultaría más conveniente una combinación de cobertura-fertilización que conserve más N en el suelo, a través de favorecer procesos más lentos de mineralización o favorecer el proceso de inmovilización. Bajo esa óptica, la asociación con Cm y uso de la fertilización biológica sería más conveniente para el maíz.

CONCLUSIÓN

La MMO proveniente de los residuos de Bd con menos concentración de N y relaciones C/N y C/P más altas indujo menor inmovilización de N durante el periodo de incubación comparado con Cm. El uso de RF en Bd promovió la mineralización de N, mientras que en Cm solo se obtuvo inmovilización del elemento, posiblemente porque el mayor contenido de lignina y polifenoles presentes en los residuos de Cm limitaron la actividad de los microorganismos responsables del proceso de mineralización de N.

Respecto a la FP, la gramínea por si sola estimuló la mineralización de N, en contraste con la leguminosa, la cual indujo la inmovilización del elemento, asociado probablemente con la calidad de ambas coberturas, pues Bd aportó residuos más fácilmente metabolizables en comparación con Cm y VN. El uso de RF favoreció la mineralización de N desde la FP de ambas coberturas, efecto que fue mas evidente en Bd, relacionado con la calidad de las coberturas y con las mayores concentraciones de N presentes en la FP mineral (gruesa y fina) de la gramínea.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a todo el personal del Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía de la UCV y, al personal del laboratorio de Biogeoquímica del IDECYT de la UNESR. Además, se reconoce el apoyo financiero proporcionado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, a través del “PLAN DE DESARROLLO DE TALENTO HUMANO DE ALTO NIVEL”.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRIOS, E., R. J. BURESH Y J. I. SPRENT. (1996). Nitrogen mineralization in density fractions of soil organic matter from maize and legume cropping systems. *Soil Biol. Biochem*, 28:1459-1465.
- BREMNER. (1965). Nitrogen availability in soils. In: Bartholomew and F. Clark (Eds). *Soil Agron*. Madison Wisconsin.
- BOONE, R. (1994). Light-fraction soil organic matter: origin and contribution to net nitrogen mineralization. *Soil Biol. Biochem*. 26(11):1459-1468.
- COOKSON, W. R., D. A. ABAYE, P. MARSCHNER, D. V. MURPHY, E. A. STOCKDALE Y K. W. T. GOULDING. (2005). The contribution of soil organic matter fractions to carbon and nitrogen mineralization and microbial community size and structure. *Soil Biol. Biochem*, 37:1726-1737.
- CHEN, C. R., L. M. CONDRON Y Z. H. XU. (2008). Impacts of grassland afforestation with coniferous trees on soil phosphorus dynamics and associated microbial processes: A review. *Forest Ecology Management*, 255:396-349.
- DOSSA, E. L., M. KHOUMA, I. DIEDHIOU, M. SENE, F. KIZITO, A. N. BADIARE, S. A. N. SAMBA, R. P. DICK. (2009). Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization potencial of semiarid Sahelian soils amended with native shrub residues. *Geoderma*, 148:251-260.
- GURLEVIK, N., D. KELTING Y L. ALLEN. (2004). Nitrogen mineralization following vegetation control and fertilization in a 14-year-old loblolly pine plantation. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 68:272-281.
- 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. Caracas, Venezuela. 125 p.
- HERNÁNDEZ R. M., Z. LOZANO, C. RIVERO, M. TORO, J. SALAZAR, A. OJEDA, J. MORALES Y C. BRAVO. (2007). Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal-ganado Informe de avance Proyecto FONACIT G-2002000398. Caracas, Venezuela. 169 p.
- HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R.M., S. SLEUTEL, S. DE NEVE, D. GABRIEL Y Z. LOZANO. (2008). Management with different cover crops and phosphorus fertilizers affects Organic matter distribution in savanna soil fractions. *Journal soil Science plant nutrition* 8:155-156
- HERNÁNDEZ R. M, Z. LOZANO, C. RIVERO, M. TORO, J. SALAZAR, A. OJEDA, J. MORALES Y C. BRAVO. (2009). Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal-ganado Informe de avance Proyecto FONACIT G-2002000398 Caracas, Venezuela pp 174.
- LANDI, L., F. VALORI, J. ASCHER, G. RENELLA, L. FALCINI Y P. NANNIPIERI. (2006). Root exúdate effects on the bacterial communities, CO₂ evolution, nitrogen transformations and ATP content of rhizosphere and bulk soils. *Soil Biol. Biochem*, 38: 509-516.
- LOZANO, Z., C. BRAVO, R.M. HERNÁNDEZ, M.T. DELL'ABATE, F. ALIANELLO Y A. BENEDETTI. (2002). Efecto de cultivos de cobertura de diferentes calidades sobre la materia orgánica de dos suelos venezolanos. *Venesuelos* 10:47-60.
- MAPFUMO, P. Y F. MTAMBANENGWE. (2007). Organic matter quality and management effects on enrichment of soil organic matter fractions in contrasting soils in Zimbabwe. *Plant Soil*, 296: 137-150.
- MEIJBOOM, F., J. HASSINK Y M. VAN NOORDWIJK. (1995). Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. *Soil Biol. Biochem*. 27(8):1109-1111.
- MELÉNDEZ, G. (2003). Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. *In: Taller de abono orgánicos*. G. Meléndez y G. Soto (Ed.). Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA. Universidad de Costa Rica. Sabanilla. 155p. www.catie.ac.cr/.../version%20electronica%20memoria.pdf
- MONAGHAN, R. Y D. BARRACLOUGH. (1997). Contributions to N mineralization from soil macroorganic matter fractions incorporated into two field soils. *Soil Biol. Biochem*. 29(8):1215-1223.
- OHEL, F., E. FROSSARD, A. FLIESSBACH, D. DUBOIS Y A. OBERSON. (2004). Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biol. Biochem*, 36: 667-675.
- 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, Maracay. 93 p.