

## Dinámica del nitrógeno mineral en un sistema mejorado maíz-ganado con cultivos de cobertura

*Dynamic of Nitrogen in an enhanced cereal-livestock system with cover crops*

**María Alejandra Rodríguez, Zenaida Lozano, Odaimy Castillo, y Abelardo Ospina**

Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. Correo electrónico: mrodriguez36ster@gmail.com

---

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la dinámica del nitrógeno en un sistema mejorado maíz-ganado con cultivos de cobertura, se realizaron evaluaciones en un suelo de sabana. Se utilizaron 2 cultivos de cobertura de distinta calidad bioquímica, *Brachiaria dictyoneura* (BD) y *Centrosema macrocarpum* (CM), como barbechos mejorados para el sistema maíz en siembra directa-ganado bovino, y se utilizó la sabana natural (SN) como testigo. Con una dosis básica de 150, 150 y 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente, se establecieron cuatro manejos de fertilización en una distribución completamente al azar en cada cobertura. Se determinó la calidad de los residuos dejados en superficie (carbono, nitrógeno (N), lignina (L), polifenoles (PP), celulosa, hemicelulosa y las relaciones entre estas fracciones). Se evaluaron los contenidos de nitrógeno mineral (Nt) del suelo (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en cuatro épocas: antes de la siembra del maíz (inicial), llenado de granos del maíz, cosecha y después del pastoreo, a dos (2) profundidades de 0 a 5 y 5 a 15 cm. Contrario a los altos valores de lignina y polifenoles en la leguminosa, su elevado contenido de nitrógeno total la hizo más mineralizable que la gramínea, lo cual se respalda con las relaciones L/N y (L+PP)/N, y se infiere que el N de la leguminosa fue más rápidamente mineralizado que el N proveniente de la gramínea, por lo cual es evidente la importancia del uso de residuos de leguminosas en estos sistemas conservacionistas, debido al aporte de nitrógeno mineral a los cultivos, inherente a su calidad bioquímica.

**Palabras clave:** *Brachiaria dictyoneura*; *Centrosema macrocarpum*; sabana; calidad del residuo nitrógeno mineral; sistema maíz-ganado

### ABSTRACT

In order to evaluate dynamic of nitrogen in an enhanced system corn-cattle with cover crops, experiments were carried on a savanna soil. We used residues of grass *Brachiaria dictyoneura* (BD) and legume *Centrosema macrocarpum* (CM), as fallow crops before no-tillage corn-cattle system, and natural savanna (SN) as a control treatment. With a basic dose of 150, 150 and 100 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O respectively and four types of fertilization management on a completely random distribution in each plot. We measured the quality of residues left on soil surface (carbon, lignin, polyphenols, cellulose, hemicellulose, and their relationships). We also evaluated concentrations of soil mineral(Nt) nitrogen (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) in four periods: before corn sowing (initial), corn grain filling, harvesting and after grazing, at two (2) depths of 0 to 5 and 5 to 15 cm. Although the high concentrations of lignin and polyphenols in the legume, its high content of Nt and reflected in the ratios L/N and (L+PP)/N, the legume N was faster mineralized than the N from the grass, which makes clear the importance of using legume residues in these conservation systems due to mineral nitrogen supply to crops, inherent to their biochemistry quality.

**Key words:** *Brachiaria dictyoneura*; *Centrosema macrocarpum*; savanna; residue quality; mineral nitrogen; cereal-livestock system

## INTRODUCCIÓN

El ecosistema de sabana es uno de los espacios más explotados de Suramérica, la elevada tecnificación empleada para su uso con monocultivos, ha producido un rápido deterioro de los suelos de estas zonas. En vista de esta problemática, en los últimos años se han planteado investigaciones dirigidas al establecimiento de sistemas de manejo conservacionista de suelos de sabanas con un enfoque agroecológico; con el uso de barbechos mejorados de gramíneas y leguminosas como residuos para la siembra directa de maíz en sistemas mixtos cereal-ganado, en los cuales es muy importante tomar en cuenta la calidad de los residuos dejados en superficie, por lo que en estudios previos se ha vinculado la tasa de mineralización de los mismos con sus propiedades bioquímicas, tales como: el contenido de N (Bending *et al.*, 1998), la relación C/N (Rivero y Paolini, 1995), contenido de lignina (L) y celulosa (Fioretto *et al.*, 2005), contenido de polifenoles (PP) (Palm y Sánchez, 1991), las relaciones L/N, PP/N y (L+PP)/N (Palm y Sánchez, 1991; Singh *et al.*, 2007). Existen diversos factores que influyen sobre la mineralización del nitrógeno en el suelo, entre los cuales están aquellos relacionados con las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, incluyéndose además los que inducen cambios sobre dichas propiedades, por lo cual, Bachmeier y Rollán (2004) plantean que la mineralización del N orgánico, por ser un proceso biológico, se encuentra determinada por la disponibilidad de sustrato mineralizable en donde influye su calidad bioquímica y por las condiciones ambientales imperantes en el suelo, particularmente el contenido hídrico, la temperatura y el suministro de oxígeno. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del tipo de residuo orgánico sobre la dinámica del nitrógeno en un sistema mejorado maíz-ganado con cultivos de cobertura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el siguiente trabajo se tomaron muestras y realizaron evaluaciones en un ensayo de campo instalado en las Sabanas del Sur-Oriente del estado Guárico (Venezuela), geográficamente está ubicada a 8° 25' LN y 65° 25' LO, a una altura de 80-120 msnm. La zona se caracteriza por tener un clima marcadamente estacional, con una época de lluvia de junio a noviembre con un promedio de 1365 mm de lluvia. El suelo es un Typic Plinthustuls, francosa gruesa, caolinitica isohipertérmica. Se utilizaron 2 cultivos de cobertura, *Brachiaria dictyoneura* (BD) y *Centrosema macrocarpum* (CM), como barbechos mejorados para la siembra directa de maíz y posterior pastoreo con ganado bovino. Dentro de cada cobertura se instauraron cuatro (4) manejos de fertilización distribuidos en un diseño completamente aleatorizado. A cada tratamiento se le aplicó una fertilización básica de 150 kg ha<sup>-1</sup> N, 150 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 100 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, diferenciándose sólo en la fuente fosfórica quedando de la siguiente manera: Manejo 1, sin fertilización, Manejo 2 (100 % del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como roca fosfórica), Manejo 3 (50 % del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como Roca fosfórica + 50% como Fosfato diamónico) y Manejo 4 (25% del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como Roca fosfórica + inoculación con micorriza). Como testigo para la comparación de algunos de los parámetros evaluados se usó la sabana natural (SN), a la cual se le dio el manejo tradicional de la zona (quema controlada) y sin fertilizar. Se utilizaron parcelas de 18 m por 350 m para cada tipo de fertilización y dentro de cada una se establecieron tres parcelas de muestreo de 900 m<sup>2</sup> en total. Al término de la cosecha del maíz el pastoreo fue intensivo, con la introducción en cada parcela de un rebaño de ganado bovino equivalente a 2 ua.ha<sup>-1</sup>, consumiendo ad libitum la biomasa disponible proveniente de los residuos de cosecha del maíz y el rebrote de las coberturas, sólo en las parcelas cultivadas. Se tomaron muestras de suelo para las evaluaciones del Nitrógeno mineral (Nm) en las épocas: Inicial: antes del corte de la cobertura para la siembra de maíz (AC) a los cero días después de la siembra (dds); floración (F) a los 108 dds, cosecha (C) a los 150 dds y después del pastoreo (DP) a los 338 dds dentro del Ciclo 2007-2008. En cada tratamiento de fertilización se tomaron doce (12) muestras compuestas a dos (2) profundidades, de 0 a 5 y de 5 a 15 cm, estas muestras se homogeneizaron y se dejaron secar al aire para luego ser tamizadas con un tamiz de 2 mm. El nitrato y el amonio (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se extrajeron con cloruro de potasio y se detectaron por separado mediante métodos colorimétricos (Bremner, 1965), para luego obtener el Nitrógeno mineral (Nm) por la sumatoria N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> obtenidos. El material vegetal que se utilizó como residuo fue de plantas de *Brachiaria dictyoneura* y *Centrosema macrocarpum* colectadas en el

mismo ensayo, como macollas y estacas, respectivamente, y se propagaron en el invernadero durante 50 días. Los residuos fueron cortados (sólo la parte aérea) y llevados a estufa a 65°C hasta peso constante. Seguidamente, se dividieron en trozos de aproximadamente 4 cm<sup>2</sup> (Bending *et al.*, 1998) y luego dejadas en campo justo dos días después de la siembra. A estos residuos se les determinó N total (% Nt) por Kjeldahl, contenido de lignina (L), celulosa (C), hemicelulosa (H) por el método de Van Soest y Wine (1968), polifenoles (PP) por el método del Folin Ciocalteu (Kaluza *et al.*, 1980) y carbono orgánico (%CO) por el método de Walkley y Black (1934). A las variables se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias entre los tipos de cobertura y entre los diferentes tratamientos de fertilización para cada cobertura, por medio de la prueba de Duncan con un nivel de confianza del 95%.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

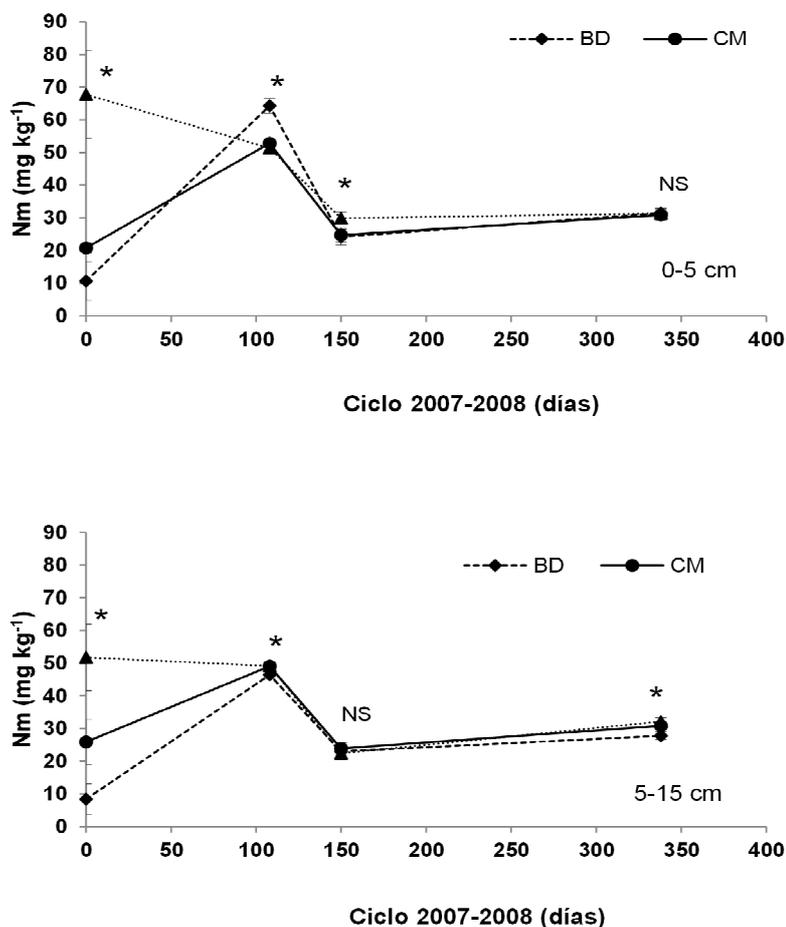
Al evaluar la calidad bioquímica de los residuos, se obtuvo los parámetros que se muestran en el Cuadro 1. Se observó un mayor contenido de N en la leguminosa que en la gramínea, por lo que la relación C/N es menor, sin embargo la misma cobertura posee un mayor contenido de lignina y polifenoles. En cuanto al contenido de celulosa y hemicelulosa, éstas destacan más en BD que en CM, por lo cual se infiere que ha causado de esta manera un retardo en la descomposición de ese material vegetal, ya que no se midió la descomposición. A pesar de que la leguminosa CM tiene altos valores de lignina y polifenoles, similares a los obtenidos por Ampueda (2000), al relacionarlo con el contenido de Nt, se hace más fácilmente mineralizable su tejido en comparación con el de la gramínea BD, lo cual se refleja en los valores de las relaciones L/N y L+PP/N, debido a que estas relaciones dieron más bajo en CM que en BD (Palm y Sánchez, 1991).

**Cuadro 1.** Calidad de los residuos de gramínea y leguminosa colocados en superficie

Parámetro evaluado	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>
Nitrógeno total (%)	1,38	2,29
Carbono orgánico total (%)	39,04	36,66
Lignina (%)	5,60	9,05
Celulosa (%)	30,79	23,64
Hemicelulosa (%)	34,11	14,47
Polifenoles (%)	6,80	8,74
Relación C/N	28,29	16,01
Relación L/N	4,05	3,95
Relación (L+PP)/N	8,99	7,77

#### Dinámica del Nm en las coberturas (BD y CM) sin fertilización y en la sabana natural (SN)

Tal y como se puede apreciar en las Figuras 1a (0-5 cm) y 1b (5-15 cm), al tiempo cero el Nm ( $N-NO_3^- + N-NH_4^+$ ) en SN supera significativamente ( $p < 0,05$ ) al de las coberturas introducidas (BD y CM), esto podría ser consecuencia de la quema de las pasturas naturales unos meses antes de dicha fecha (esta práctica sólo se lleva a cabo en SN), lo que coincide con lo señalado por Gil y Medina (2001) y Choromanska y De Luca (2002), quienes encontraron que el nitrógeno inorgánico del suelo aumentaba en suelos que habían sido sometidos a la quema, en comparación con suelos sin quemar, aunque Hernández y López (2002) señalan que después de la quema, la deposición de ceniza sólo devuelve aproximadamente el 0,2% de N del suelo. Primavesi (1998), señala que el acto de la quema hace que incrementen los cationes Ca, K y Mg, por la ceniza agregada al suelo, lo cual promoverá una cobertura más vigorosa y mayor entrada de residuo sujeto a la mineralización. A los 108 dds el Nm en SN presenta una disminución, y para los suelos con ambas coberturas un aumento, pero es mayor en BD. La CM se

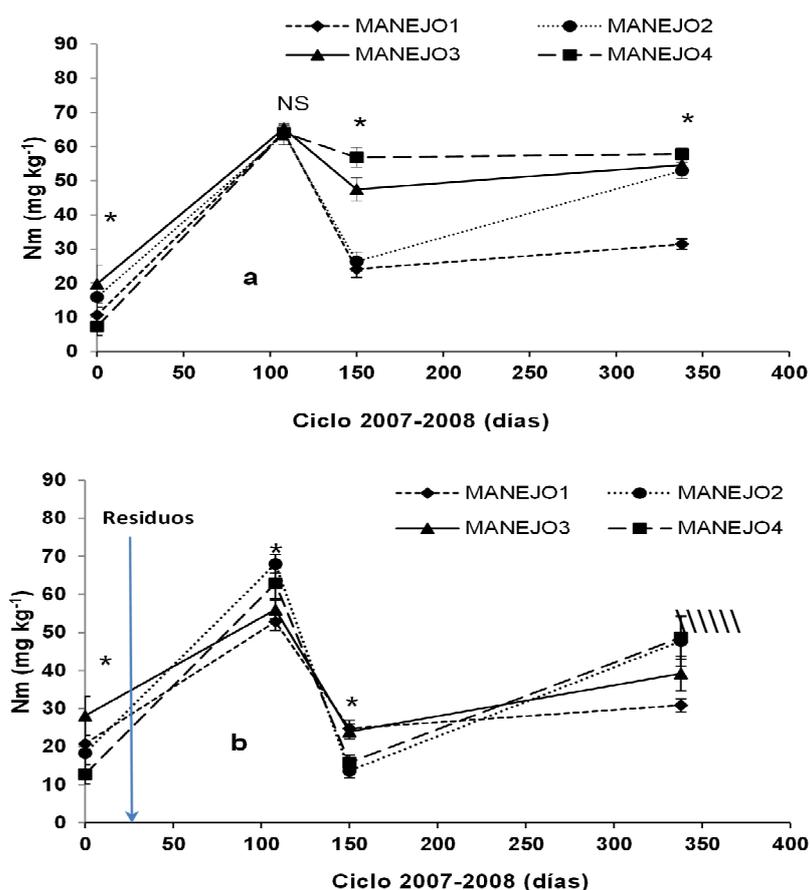


**Figura 1.** Dinámica del nitrógeno mineral (Nm) en el manejo sin fertilización para las coberturas (BD), (CM) y (SN), a las profundidades de a) 0 a 5 y b) 5 a 15 cm.  
\* Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NS: No existe diferencia significativa estadísticamente.

mineralizó más rápido puesto que es un material vegetal que tiene mayor contenido de N, y por esta causa este Nm fue utilizado por el cultivo en el momento de mayor demanda, sucediendo lo contrario con BD cuyo N se libera más lentamente, no es absorbido por el cultivo y la concentración de Nm es mayor a los 108 dds. Esto coincide con lo señalado por diversos investigadores (Palm y Sánchez, 1991; Fioretto *et al.*, 2005), quienes consiguieron que los residuos de gramínea son de lenta mineralización del N, por lo cual el N liberado no puede ser tomado a tiempo por el cultivo, y si no se realiza una fertilización con N, se origina la desnutrición en el mismo y posterior muerte, lo que hace inferir que el N se liberó, pero después del momento de mayor necesidad de N por parte del cultivo, que según lo encontrado por Delgado (2002), ésta ocurre en la etapa vegetativa del cultivo, entre 0 y 60 dds. La disminución del Nm con todas las coberturas y el testigo a los 150 dds, puede deberse principalmente al agotamiento del elemento en el suelo, lo cual es aseverado por algunos investigadores como Bustamante *et al.* (2006). Al observar el aumento del Nm a los 338 dds, correspondiente a la época después del pastoreo de ganado, se puede inferir que éste se debe al efecto de las excretas del ganado y como es época seca puede haber una acumulación de material que favorece esta condición. En la Figura 1b, se puede apreciar la dinámica del Nm en la profundidad de 5-15 cm y existe una tendencia similar a la de la primera profundidad, pero los contenidos son menores a los de la primera capa (menos de 50 mg kg<sup>-1</sup>) y los contenidos de Nm son mayores en CM que en BD en todas las épocas, lo cual pudiera deberse a que el mayor volumen de raíces se encuentra a esa profundidad.

### Dinámica del Nm en los distintos manejos para cada cobertura

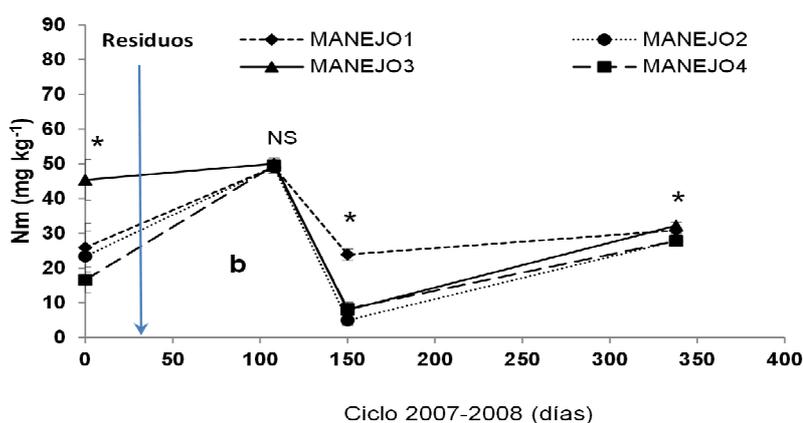
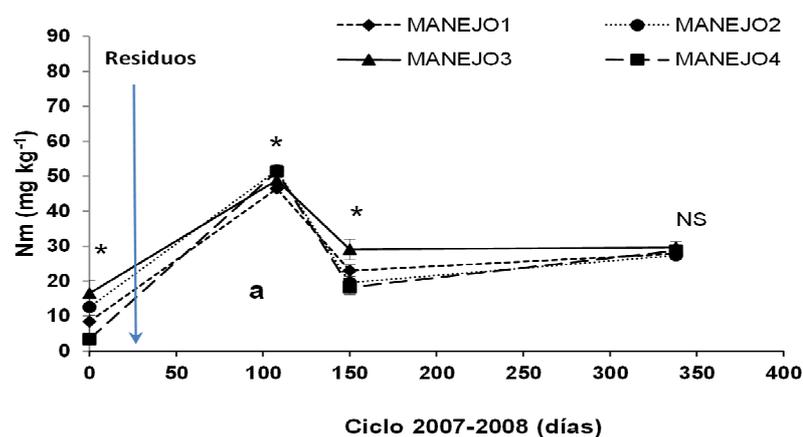
En la evaluación de la dinámica del Nm bajo los distintos manejos de fertilización con BD como cobertura (Figura 2a) en la profundidad de 0 a 5 cm, en el tiempo cero las coberturas se encuentran en su momento más vigoroso para los cuatro manejos, ya que los animales duraron 15 semanas en pastoreo, luego los suelos y las coberturas tuvieron un descanso de 6 semanas e inmediatamente se realizó el muestreo en el tiempo cero, antes del corte de las mismas, puede ser en parte que el Nm se haya agotado debido al uso de las coberturas, ya sea el proveniente de la fertilización mineral para el maíz, como el liberado por los residuos del ciclo anterior, en el cual se realizó una fertilización 12 meses antes. Para los 108 dds, es de esperar que el Nm haya aumentado, ya que para ese tiempo ha existido un enriquecimiento del mismo en el suelo, tanto vía fertilizante mineral, como vía mineralización del N proveniente de los residuos, tal y como lo señalan Carpenter-Boggs *et al.* (2000), quienes consiguieron que al adicionar fertilizantes la mineralización de la materia orgánica del suelo aumentaba, debido a un incremento de la actividad microbiana. Para la tercera época evaluada, durante la cosecha del maíz existen diferencias significativas entre los manejos de fertilización, siendo mayor el Nm en el Manejo 4, en el cual se realizó una inoculación con hongos micorrícicos, lo cual influye sobre la biomasa microbiana y por ende sobre la liberación del N de los residuos (Primavesi, 1998; Carpenter-Boggs *et al.*, 2000), al igual que ayudan en un incremento de la captación del N (Barea, *et al.*, 1987) lo que hace que este tratamiento se destaque con mayores valores en las épocas finales del ciclo, a los 150 y 338 dds, especialmente en la capa de 0 a 5 cm. La dinámica del Nm en la profundidad de 5 a 15 cm (Figura 2b) sigue un patrón similar en cuanto a la disminución con la primera capa en lo que se refiere a las épocas evaluadas, pero esta disminución es mayor con respecto a los primeros cm de suelo, lo cual puede deberse a



**Figura 2.** Dinámica del nitrógeno mineral (Nm) en los cuatro tipos de manejos de fertilización con la cobertura BD como residuo, a las profundidades de a) 0 a 5 y b) 5 a 15 cm. \*Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NS: No existe diferencia significativa estadísticamente.

que de 5 a 15 cm se encuentra el mayor volumen de raíces. Se presenta que el Nm es superior en el Manejo 3 para el tiempo cero, y a los 150 dds, y ligeramente mayor en el Manejo 4 a los 108 dds, no mostrando diferencias significativas al final del ciclo. La disminución del Nm en el Manejo 3 a valores similares del Manejo 1, puede estar originada por la inmovilización del N por parte de los microorganismos para poder obtener el P proveniente de la roca fosfórica.

En la evaluación de la dinámica del Nm en los distintos manejos de fertilización con CM como cobertura, se observa (Figura 3a), que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los manejos para cada una de las épocas evaluadas. Para el tiempo cero, el Nm es mayor en el Manejo 3 en un 135,4% con respecto al testigo (Manejo 1), lo cual puede deberse al manejo de la fertilización en este tratamiento, es de importancia señalar que la nodulación en las leguminosas disminuye cuando se realiza una fertilización nitrogenada, lo cual lleva a una disminución de la fijación atmosférica del N (Alves, *et al.*, 2009), por lo cual en el Manejo 1 podría existir una mayor cantidad de N proveniente de la fijación mayor que en el resto de los manejos. Comparativamente la diferencia del contenido de Nm entre los 108 y 150 dds es menor para el Manejo 1, que para el resto de los manejos, debido a la falta de aplicación del elemento como fertilizante, lo cual debe ser la causa del bajo rendimiento del cultivo en este manejo, ya que el único Nm con el que pudo contar, fue con el liberado por los residuos de CM. Delgado (2002) señala que generalmente las tasas más elevadas de absorción de N y producción de materia seca ocurren a las dosis más elevadas de N y/o de N disponible. En los 338 dds, el Nm sufre un ascenso para todos los manejos, como consecuencia de la incorporación de N por la orina de los animales a pastoreo, al igual que sucede en los tratamientos con BD como cobertura.



**Figura 3.** Dinámica del nitrógeno mineral (Nm) en los cuatro tipos de manejos de fertilización con la cobertura CM como residuo, a las profundidades de a) 0 a 5 y b) 5 a 15 cm.

\*Diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). NS: No existe diferencia significativa estadísticamente.

En lo que respecta a la profundidad de 5-15 cm (Figura 3b), se aprecia la misma tendencia que en la primera profundidad para cada una de las épocas evaluadas. Para los 150 dds se evidencia una disminución del Nm en todos los manejos, lo cual es posiblemente debido a la lixiviación del elemento desde la capa superficial, como consecuencia de una mayor liberación de N por parte de este residuo, unido con la condición arenosa del suelo, esto coincide con lo obtenido por Padrino (2004). Otros autores como Carpenter-Boggs *et al.* (2000), también plantean que al utilizar residuos con baja relación C/N, el N está más propenso a lixiviarse, sobre todo si se encuentran en suelos de textura gruesa, como en este caso.

### CONCLUSIONES

La leguminosa CM tiene altos valores de lignina (L) y polifenoles (PP), resulta más mineralizable el N proveniente de CM que el de la gramínea BD debido a su mayor contenido de Nt, lo cual se refleja en los valores de las relaciones L/N y (L+PP)/N. El uso de los residuos tanto de BD como de CM y su calidad afectaron directamente el contenido de nitrógeno mineral en el suelo, lo cual pudo observarse en los manejos con cero fertilización. Es evidente la importancia del uso de residuos de leguminosas en estos sistemas conservacionistas, debido al aporte de Nm a los cultivos, inherente a su calidad bioquímica.

### LITERATURA CITADA

- Alves J.; M.J. Bastos de Andrade, J. Guedes de Carvalho, N. Batista, A. Ramalho de Morais.** 2009. Adubação nitrogenada do feijoeiro, em plantio e cobertura, em plantio direto e convencional. *Ciênc. Agrotec.* 33 (4): 943-949.
- Ampueda, J.** 2000. Evaluación del efecto de la incorporación de residuos orgánicos marcados con <sup>15</sup>N en combinación con fertilizantes sobre la tasa de mineralización de nitrógeno en dos suelos venezolanos. Trabajo de Grado de Maestría en Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela; Universidad Central de Venezuela. 90 p.
- Bachmeier, O.A. & A.A. Rollán.** 2004. Mineralización de nitrógeno en un Haplustol típico: efecto de los años de agricultura y de la humedad edáfica. *Ciencia del Suelo* 22 (2): 64-72.
- Barea, J.M.; C. Azcón-Aguilar y R. Azcón.** 1987. Vesicular-arbuscularmycorrhiza improves both symbiotic N<sub>2</sub> fixation and N uptake from soil as assessed with a <sup>15</sup>N technique under field conditions. *New Phytol.* 107:717-725.
- Bending, G.; M. Turner & I. Burns.** 1998. Fate of nitrogen from crop residues as affected by biochemical quality and the microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 30:2055-2065.
- Bremner, J. M.** 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: C.A. Black (Ed) *Methods of soil analysis*. Part II Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. USA. p. 1.179-1.237.
- Bustamante, M.M.C.; E. Medina; G.P. Asner; G.B. Nardotot & D.C. García-Montiel.** 2006. Nitrogen cycling in tropical and temperate savannas. *Biogeochem.* 79: 209–237.
- Carpenter-Boggs, L.; J. Pikul; M. Vigil & W. Riedell.** 2000. Soil nitrogen mineralization influenced by crop rotation and nitrogen fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2038-2045.
- Choromanska, U & T.H. Deluca.** 2002. Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects. *Soil Biol. Biochem.* 34:263-271.
- Delgado, R.** 2002. Evaluación de crecimiento del maíz y absorción de nitrógeno bajo diversas condiciones de disponibilidad del elemento en un Mollisol de Venezuela. *Agronomía Trop.* 52(1): 5-22.
- Fioletto, A.; C. Di Nardo; S. Papa & A. Fuggi.** 2005. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 37:1083-1091.
- Gil, J y M. Medina.** 2001. Efecto de dos épocas de quema sobre la dinámica poblacional de una pastura de *Urochloa decumbens* Stapf. *Zootecnia Trop.* 19: 407-422.

- Hernández-Valencia, I y D. López-Hernández.** 2002. Pérdida de nutrimentos por la quema de la vegetación en una sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 50 (3/4): 1013-1019.
- Kaluza, W; R. Mcgrath; T. Roberts & H. Shroder.** 1980. Separation of phenolics of *Sorghum bicolor*. *J. Agric. Food Chem.* 28:1191-1196.
- Padrino, M.** 2004. Dinámica de la descomposición de coberturas en un sistema conservacionista maíz-ganado del Estado Guárico. Trabajo de Grado de Maestría en Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela; Universidad Central de Venezuela. 93 p.
- Palm, C.A. & P.A. Sánchez.** 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.* 23: 83-88.
- Primavesi, A.** 1998. Manejo Ecológico del Suelo. (5ta Ed), Editorial Ateneo, Buenos Aires. 342 p.
- Rivero, C. y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. *Venesuelos* 3:24-30.
- Singh, S.; K.P. Ghoshal & K.P. Singh.** 2007. Synchronizing nitrogen availability through application of organic inputs of varying resource quality in a tropical dryland agroecosystem. *Appl. Soil Ecol.* 36: 164-175.
- Van Soest, P.J. & R.H. Wine.** 1968. The determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. *J. Ass. Offic. Anal. Chem.* 51:780-787.
- Walkley, A. E I. A. Black.** 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.