

## Efecto del uso de coberturas sobre el nitrógeno mineral y total en macro y microagregados de un suelo ácido de los llanos centrales de Venezuela

Carmen Rivero<sup>1\*</sup> y Alexis Torres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apdo. 4579, Maracay 2101, Aragua, Venezuela

<sup>2</sup>PEQUIVEN, Complejo Petroquímico, Morón, Venezuela

### RESUMEN

En los llanos centrales de Venezuela son frecuentes los suelos ácidos, muy evolucionados y con bajos niveles de nutrientes disponibles para las plantas, por lo que este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintas coberturas (gramíneas y leguminosas) sobre las fracciones del nitrógeno en distintos agregados en un suelo de la zona. Se utilizó un suelo ácido, de textura arenosa, ubicado en la Estación Experimental La Iguana, Santa María de Ipire, estado Guárico. Las coberturas evaluadas fueron: vegetación natural (testigo), *Urochloa dyctioneura* y *Centrosema macrocarpum*. Posteriormente al establecimiento de las coberturas se realizó la siembra de maíz. Se emplearon unidades experimentales de 900 m<sup>2</sup> con un diseño de parcelas grandes sin repetición, de acuerdo a un estudio existente de variabilidad espacial del suelo. Se tomaron muestras compuestas en tres épocas del ensayo: antes del corte de cobertura, en floración del maíz y después de pastoreo. Los macro y microagregados fueron separados y se determinaron las distintas fracciones de nitrógeno. Los resultados muestran que las fracciones de nitrógeno fueron modificadas favorablemente por el uso de las coberturas, especialmente la leguminosa, y que la forma como se manejó la vegetación natural mostró efectos positivos no esperados sobre las variables evaluadas.

**Palabras clave:** agregados, amonio, coberturas, nitrato, nitrógeno.

### Effect of cover crops on mineral and total nitrogen in macro and microaggregates in an acid soil from the central plains of Venezuela

### ABSTRACT

In the central plains of Venezuela (Guárico state) soils are predominantly acids with low levels of nutrients available to plants. This study evaluated the effect of different covers (grasses and legumes) on various fractions of nitrogen in aggregates in a representative soil of the area. An acid sandy soil, located at the experimental station "La Iguana" was used. The cover crops evaluated were: natural vegetation (control), *Urochloa dyctioneura* and *Centrosema macrocarpum*. Experimental units of 900 m<sup>2</sup> with large plots design without repetition, were used. Bulk samples were taken at three different times of the crop cycle: before the cover crops cut, corn flowering and after grazing. The macro and microaggregates were separated and different nitrogen fractions were determined. The results showed that fractions of nitrogen were favorably modified by the use of cover crops, especially legumes. The management of natural vegetation had unexpected positive effects on evaluated variables.

**Key words:** aggregates, ammonium, cover crops, nitrate, nitrogen.

---

\*Autor de correspondencia: Carmen Rivero

E-mail: crivert@ewinet.com

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de la productividad de los suelos ha sido vinculada de manera indiscutible a la aplicación de prácticas de manejo que permitan mantener o incrementar su contenido de materia orgánica (MO) (Havlin *et al.*, 1990), señalándose que la labranza y los cultivos de cobertura constituyen variables decisivas para la conservación o incremento de la materia orgánica de los suelos (Franzluebbers y Stuedemann, 2008). En este sentido, en suelos ácidos de las sabanas del estado Guárico (Venezuela), caracterizados por un alto grado de evolución, los sistemas de manejo aplicados hasta ahora han conllevado a un rápido descenso de los niveles de MO. Lo anterior, unido a la extracción de grandes volúmenes de elementos nutritivos debido al manejo en actividades ganaderas extensivas sin uso de insumos (España *et al.*, 2006), ha hecho de la deficiencia de nutrientes la más importante limitación para la producción vegetal en estas áreas. De este modo, se ha planteado la necesidad de establecer estrategias de manejo que garanticen de manera eficiente el nitrógeno del suelo. Ahora bien, se ha señalado que la dinámica de permanencia del N en el suelo está vinculada al régimen hídrico, tamaño de las partículas (Renck y Lehmann, 2004), tipo de vegetación (Oikeh *et al.*, 1998) y manejo general (Murillo *et al.*, 1998), por lo que se cree que la aplicación de estrategias de labranza conservacionista (mínima labranza o siembra directa) y la introducción de cultivos de cobertura, constituirían una excelente alternativa para los suelos del estado Guárico, lo cual llevó al planteamiento de un programa de investigación dirigido a la evaluación de dichas estrategias a través de la respuesta de distintas variables, entre las que destaca, el comportamiento de los elementos nutritivos en estos suelos. Así, el principal objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto de tres tipos de coberturas sobre las fracciones de nitrógeno en dos tamaños de agregados de un suelo manejado bajo no labranza (siembra directa).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un suelo Ustoxic Quartzipsament, ácido, de textura arenosa, ubicado en la Estación Experimental "La Iguana", de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (8° 25' N y 65° 24' E). Dicho suelo posee baja fertilidad natural y relieve suavemente ondulado con pendiente de 1-3% (Matheus, 1987). Las principales características físicas y químicas de este suelo, previas al experimento, se presentan en el Cuadro 1.

Como cobertura fueron usadas: vegetación natural (VN, testigo), *Urochloa dactylocheuca* (UDY) y *Centrosema macro-*

**Cuadro 1.** Principales características químicas y físicas del suelo.

Variable	Registro
pH	5,2
Conductividad eléctrica (ms/cm)	22,4
Carbono orgánico (gC/kg)	8,3
Fósforo (mg/kg)	4,0
Potasio (mg/kg)	41,0
Nitrógeno (mg/kg)	
Total	321,0
Amoniacal	5,7
Nítrico	2,6
Porosidad total (%)	38,8
Macro porosidad (%)	14,9
Micro porosidad (%)	24,0

Fuente: Bravo *et al.* (2004)

*carpum* (CM), establecidas en unidades experimentales de 900 m<sup>2</sup> con un diseño de parcelas grandes (Lozano *et al.*, 2004), tomando once muestras por cada parcela las cuales constituyeron las pseudorepeticiones que permiten hacer los análisis estadísticos de acuerdo a un modelo completamente aleatorizado con arreglo factorial 3 x 3, con tres tipos de cobertura (UDY, CM y VN) y tres épocas de muestreo (antes del corte de coberturas, ACC; durante la floración del maíz, FLM y después del pastoreo de las coberturas, DPC). Una vez establecidas las coberturas se sembró maíz, con un manejo de la fertilización (Bravo *et al.*, 2004) que consistió básicamente en la aplicación de 120 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio para el establecimiento de las coberturas, y para el maíz la aplicación de 70-90-90 kg/ha de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O a la siembra, con un reabono a los 30 d con 100 kg N/ha. La evaluación se realizó durante dos años consecutivos.

Aun cuando este es un suelo arenoso, ha sido posible diferenciar partículas que se corresponden a los tamaños de micro y macro agregados, por lo que se utilizó el modelo descrito por Tisdall y Oades (1982) para separar los diferentes tamaños de partículas observados, las cuales dependen no sólo de la clase textural, sino también de la presencia de productos de la actividad biológica tales como los mucilagos bacterianos o hifas de hongos. Según este esquema, las partículas se dividieron en macroagregados (>250 µ) y microagregados (<250 µ). El nitrógeno nítrico (N-NO<sub>3</sub>) y amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) fueron extraídos con KCl 2M, y conjuntamente con el nitrógeno total (NT), fueron determinados según describe Bremner (1996).

El nitrógeno mineral se estimó mediante la sumatoria de las fracciones de  $N-NO_3$  y  $N-NH_4$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de las distintas coberturas y la época de muestreo afectaron (PC) de diversa manera los niveles de  $N-NO_3$  y  $N-NH_4$  en macroagregados para ambos años (Cuadro 2). La diferencia interanual fue altamente significativa ( $P < 0,0001$ ). El efecto de las coberturas también presentó diferencias significativas ( $P < 0,03$ ).

En el caso de los microagregados (Cuadro 3), el comportamiento fue similar en relación a la variación interanual de los niveles de ambas formas de nitrógeno, detectándose efecto ( $P < 0,05$ ) del tratamiento en los años evaluados. En general, hubo un efecto positivo de ambas especies introducidas sobre los niveles de  $N-NO_3$  y  $N-NH_4$ , aún cuando los mayores niveles ( $P < 0,03$ ) se encontraron en aquellos lotes donde la cobertura fue *C. macrocarpum*. Es necesario destacar que la manipulación de la sabana nativa produjo un efecto positivo sobre las variables evaluadas, lo que se vincula a una modificación de la composición florística por la aparición de géneros distintos a las identificadas (*Digitaria*, *Paspalum*, *Antheophora*, *Eleusine*, *Indigosfera*, *Hyptis*, *Mimosa* y *Corchorus*, entre otros). Si bien este aspecto no fue

**Cuadro 2.** Efecto del tipo de cobertura del suelo sobre el contenido de  $N-NO_3$  y  $N-NH_4$  en macroagregados.

Cobertura <sup>1</sup>	Época de Muestreo <sup>2</sup>	Nitrógeno mineral (mg/kg)			
		N-NO <sub>3</sub>		N-NH <sub>4</sub>	
		Año 1		Año 2	
UDY	ACC	22,6 e	74,1 a	127,8 d	107,2 b
	FLM	27,1 d	39,1 c	106,9 d	85,3 c
	DPC	114,8 b	37,3 c	52,2 f	91,5 c
CM	ACC	17,0 f	72,7 a	177,4 b	95,5 c
	FLM	29,7 d	44,8 c	125,2 d	112,7 b
	DPC	88,7 b	42,2 c	93,9 e	209,7 a
VN	ACC	63,1 c	50,5 b	151,3 c	84,3 c
	FLM	28,2 d	58,7 b	232,1 a	52,7 d
	DPC	164,3 a	26,7 d	39,1 f	116,7 b

<sup>1</sup>UDY: *Urochloa dytioneura*, CM: *Centrosema macrocarpum* y VN: vegetación natural

<sup>2</sup>ACC: antes del corte de cobertura, FLM: durante la floración del maíz y DPC: después del pastoreo de las coberturas

Medias en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ )

**Cuadro 3.** Efecto del tipo de cobertura del suelo sobre el contenido de  $N-NO_3$  y  $N-NH_4$  en microagregados.

Cobertura <sup>1</sup>	Época de Muestreo <sup>2</sup>	Nitrógeno mineral (mg/kg)			
		N-NO <sub>3</sub>		N-NH <sub>4</sub>	
		Año 1		Año 2	
UDY	ACC	27,5 e	61,5 b	153,9 b	136,8 b
	FLM	35,2 d	41,3 c	143,5 b	118,3 b
	DPC	114,8 b	76,5 b	47,0 d	116,7 b
CM	ACC	16,1 f	53,2 c	203,5 a	142,2 b
	FLM	39,1 d	48,2 c	130,4 b	131,3 b
	DPC	131,9 b	74,2 b	88,7 c	260,8 a
VN	ACC	71,3 c	58,3 b	208,7 a	140,7 b
	FLM	46,3 d	68,7 b	203,5 a	79,5 c
	DPC	229,5 a	116,0 a	62,6 c	141,3 b

<sup>1</sup>UDY: *Urochloa dytioneura*, CM: *Centrosema macrocarpum* y VN: vegetación natural

<sup>2</sup>ACC: antes del corte de cobertura, FLM: durante la floración del maíz y DPC: después del pastoreo de las coberturas.

Medias en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ )

abordado en este estudio, ha sido previamente citado en otras investigaciones realizadas en zonas ecológicamente similares (Rial, 2006). Es importante tener en cuenta que el efecto de una cobertura depende de la especie, ya que ello determina variables como la relación C:N y el contenido de lignina y fenoles (Martens, 2000), lo que explicaría el mayor impacto de la leguminosa.

Cabe destacar que para el primer año, los mayores valores de nitrógeno mineral fueron encontrados en los microagregados, lo cual se opone a lo indicado por Sainju *et al.* (2003). Se cree que ello deriva del tiempo de aplicación del manejo, ya que al segundo año, se inicia la visualización de mayores concentraciones en los macroagregados, lo cual es consecuente con lo planteado por algunos autores sobre la protección del nitrógeno y el carbono en unidades de suelo de mayor tamaño, formadas por el efecto de la no labranza y la incorporación de materia orgánica a consecuencia del empleo de cultivos de cobertura (Sainju *et al.*, 2003; Mikha y Rice, 2004).

Al respecto, Wright y Hons (2005) indicaron que el impacto sobre la retención de nitrógeno en los macroagregados es a largo plazo, vinculado al efecto de la MO incorporada sobre la formación de partículas de mayor tamaño en el suelo. Por otra parte, Cambardella y Elliott (1994) y Simpson *et al.* (2004) han señalado una importante acumulación de compuestos nitrogenados, tales como los amino azúcares, en las partículas de menor tamaño. Esto constituye un soporte importante al uso de labranza conservacionista en este tipo de suelos, ya que se produce un incremento de las formas

de nitrógeno disponibles para las plantas, contrario a lo que sucede en sistemas convencionales (Mengel, 1996).

A los fines de comparar el efecto sobre el nitrógeno disponible para las plantas en forma inmediata y el contenido de nitrógeno del suelo que pudiera estar disponible a largo plazo, en los Cuadros 4 y 5 se presentan los resultados obtenidos para macro y microagregados en ambos años de evaluación. En primer término, se detectaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) para ambas formas de nitrógeno en función del tamaño de partícula, siendo mayores en los microagregados en el caso del NT, mientras que en el N-mineral los mayores valores correspondieron a los macroagregados.

Los resultados mostraron un efecto importante del uso de los cultivos de cobertura sobre NT total del suelo independientemente del tamaño de partícula evaluado, lo cual es coincidente con los resultados de Zibilske y Bradford (2007), quienes indican que este tipo de cultivos provocan una protección tanto del nitrógeno como del carbono, aun en climas tropicales donde los procesos de oxidación de la MO son más violentos.

La discriminación de los niveles de nitrógeno en función del tamaño de partícula, evidenció diferencias para ambas formas de nitrógeno. En el caso del NT los mayores valores se encontraron en los microagregados, mientras que en el N-mineral los mayores registros correspondieron a los macroagregados. Esta mayor acumulación de NT en las partículas más pequeñas ha sido señalada por autores como Six *et al.* (2002), quienes lo atribuyen a la mayor estabilidad

**Cuadro 4.** Efecto del tipo de cobertura del suelo sobre el contenido de nitrógeno total (NT) y mineral (N-mineral) en macroagregados.

Cobertura <sup>1</sup>	Época de Muestreo <sup>2</sup>	Nitrógeno mineral (mg/kg)			
		Año 1		Año 2	
		NT	N-mineral	NT	N-mineral
UDY	ACC	403,3 c	96,6 c	375,7 b	235,0 a
	FLM	433,3 c	66,1 c	270,7 b	192,3 b
	DPC	511,7 b	152,1 b	378,0 b	143,7 b
CM	ACC	283,3 d	89,7 c	375,7 b	272,9 a
	FLM	615,1 a	74,5 c	709,3 a	237,9 a
	DPC	436,7 c	130,9 b	326,7 b	303,6 a
VN	ACC	506,7 b	113,6 b	296,3 b	235,6 b
	FLM	578,3 b	86,8 c	658,1 a	284,8 a
	DPC	651,7 a	190,9 a	317,3 b	155,8 b

<sup>1</sup>UDY: *Urochloa dactyloides*, CM: *Centrosema macrocarpum* y VN: vegetación natural

<sup>2</sup>ACC: antes del corte de cobertura, FLM: durante la floración del maíz y DPC: después del pastoreo de las coberturas.

Medias en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ).

**Cuadro 5.** Efecto del tipo de cobertura del suelo sobre el contenido de nitrógeno total (NT) y mineral (N-mineral) en microagregados.

Cobertura <sup>1</sup>	Época de Muestreo <sup>2</sup>	Nitrógeno mineral (mg/kg)			
		Año 1		Año 2	
		NT	N-mineral	NT	N-mineral
UDY	ACC	605,2 c	89,1 d	637,1 c	290,7 b
	FLM	595,1 c	76,5 d	429,3 d	261,8 b
	DPC	768,3 b	191,3 b	541,3 d	163,6 c
CM	ACC	565,2 c	69,2 d	494,7 d	345,6 a
	FLM	935,1 a	87,2 d	910,1 b	261,8 b
	DPC	638,3 c	206,0 b	487,7 d	349,5 a
VN	ACC	805,1 b	129,6 b	681,3 c	349,3 a
	FLM	816,7 b	115,1 b	1012,7a	283,1 b
	DPC	961,7 a	345,5 a	669,7 c	203,9 b

<sup>1</sup>UDY: *Urochloa dactyloides*, CM: *Centrosema macrocarpum* y VN: vegetación natural

<sup>2</sup>ACC: antes del corte de cobertura, FLM: durante la floración del maíz y DPC: después del pastoreo de las coberturas.

Medias en una misma columna con distinto literal indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ).

de estas partículas frente al laboreo. En ambos tamaños de agregados se detectaron diferencias significativas interanuales ( $P < 0,001$ ), y por efecto de la época de muestreo, sólo en el caso del NT. De igual forma se encontró un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) de los tratamientos, similar al encontrado para el N-NO<sub>3</sub> y el N-NH<sub>4</sub>.

## CONCLUSIONES

En el corto plazo evaluado, se observó un efecto importante del manejo del sistema sobre las formas de nitrógeno del suelo, evidenciándose las bondades del uso de especies de cobertura no existentes en el área, especialmente la leguminosa *C. macrocarpum*, cuyo mejor efecto se vincularía a su capacidad fijadora de N. Debe destacarse sin embargo, que el manejo de la sabana natural bajo labranza conservacionista indujo respuestas comparables a las de las coberturas introducidas.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al FONACIT-Venezuela por el soporte para la ejecución de esta investigación, a través del Proyecto S1- 2000000948.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bravo, C.; Z. Lozano; R.M. Hernández; L. Piñango; B. Moreno. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro* 16:163-172.

- Bremner, J. 1996. Nitrogen-total. *In*: D.L. Sparks (Ed.). *Methods of Soil Analyses. Part 3. Chemical Methods*. ASA, SSS América, CSSA INC. Wisconsin, EUA. pp 1085-1121.
- Cambardella, C.A.; E.T. Elliott. 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:123-130
- España, M.; E. Cabrera-Bisbal; M. López. 2006. Estudio de la fijación de nitrógeno por leguminosas tropicales en suelos ácidos de sabanas venezolanas utilizando 15N. *Interciencia* 31:197-201.
- Franzluebbers A.J.; J.A. Stuedemann. 2008. Early response of soil organic fractions to tillage and integrated crop-livestock production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:613-625.
- Havlin, J.L.; D.E. Kissel; L.D. Maddux; M.M. Claassen; J.H. Long. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:448-452.
- Lozano, Z.; C. Bravo; F. Ovalles; R.M. Hernández; B. Moreno; L. Piñango; J.G. Villanueva. 2004. Selección del diseño de muestreo en parcelas experimentales a partir del estudio de la variabilidad espacial de los suelos. *Bioagro* 16: 61-72.
- Martens, D.A. 2000. Management and crop residue influence soil aggregate stability. *J. Environ. Qual.* 29:723-727.
- Matheus, R. 1987. Los suelos de la estación experimental La Iguana. Tesis de Grado. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 199 p.
- Mengel, K. 1996. Turnover of organic nitrogen in soils and its availability to crops. *Plant Soil* 181:83-93
- Mikha, M.M.; Ch.W. Rice. 2004. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:809-816
- Murillo, J.M.; F. Moreno; F. Pelegrín; J.E. Fernández. 1998. Responses of sunflower to traditional and conservation tillage under rainfed conditions in southern Spain. *Soil Till. Res.* 49:233-241.
- Oikeh S.O.; J.G. Kling; A.E. Okoruwa. 1998. Nitrogen fertilizer management effects on maize grain quality in the West African moist Savanna. *Crop Sci.* 38:1056-1061
- Renck, A.; J. Lehmann. 2004. Rapid water flow and transport of inorganic and organic nitrogen in a highly aggregated tropical soil. *Soil Sci.* 169: 30-341.
- Rial, A.B. 2006. Un índice de evaluación de la vegetación con fines de conservación en áreas privadas de los llanos del Orinoco, Venezuela. *Interciencia* 31:1-2.
- Sainju, U.M.; T.H. Terrill; S. Gelaye; B.P. Singh. 2003. Soil aggregation and carbon and nitrogen pools under rhizome peanut and perennial weeds. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:146-155.
- Simpson, R.T.; S.D. Frey; J. Six; R.K. Thiet. 2004. Preferential accumulation of microbial carbon in aggregate structures of no-tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1249-1255.
- Six, J.; C. Feller ; K. Denef ; S.M. Ogle; J.C. de Moraes ; A. Albrecht. 2002. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils. Effects of no-tillage. *Agronomie* 22:755-775.
- Tisdall, J.M.; J.M. Oades. 1982. Organic matter and water stables aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33:141-163.
- Wright, A.L.; F.M. Hons. 2005. Soil carbon and nitrogen storage in aggregates from different tillage and crop regimes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:141-147.
- Zibilske, L.M.; J.M. Bradford. 2007. Soil aggregation, aggregate carbon and nitrogen, and moisture retention induced by conservation tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:793-802.