

## Efectos del uso de fertilización y cultivos de cobertura sobre el nitrógeno y la materia orgánica en un suelo de sabana, Venezuela <sup>a</sup>

*Effect of fertilization and cover crops on soil nitrogen and organic matter in a savanna soil, Venezuela*

Carmen Rivero<sup>1</sup>, Alexis Torres<sup>2</sup>, Zenaida Lozano<sup>1</sup>, Rosa Mary Hernández<sup>3</sup>, Carlos Bravo<sup>3</sup>, Adriana Ojeda<sup>3</sup> y Marcia Toro<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Venezuela. Email: crivert@ewinet.com

<sup>2</sup>PEQUIVEN, Complejo Petroquímico, Morón, Venezuela. <sup>3</sup>Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Centro de Agroecología Tropical. <sup>4</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias.

---

### RESUMEN

Se realizó un experimento, en suelos de bajo pH de las sabanas del estado Guárico, Venezuela, con el objetivo de determinar el efecto del uso de distintas modalidades de fertilización y cultivos de cobertura (leguminosa y pasto) en una unidad de producción cereal-ganado de corte agroecológico sobre algunos parámetros bioquímicos del suelo (N total y mineral y fraccionamiento de la materia orgánica estable). Se usó un suelo Ustoxic Quartzipsament, ácido, arenoso de baja fertilidad natural. Los tratamientos fueron: BDFB= *Brachiaria dictioneura*+ $\frac{1}{4}$  P como Roca Fosfórica e inoculación con micorrizas, BDRF= *Brachiaria dictioneura* + todo el P-Roca Fosfórica; BDIR= *Brachiaria dictioneura* + $\frac{1}{2}$  P como Roca Fosfórica y  $\frac{1}{2}$  P-Fosfato Diamónico; BDlo= *Brachiaria dictioneura*; CMFB= *Centrosema macrocarpum* + $\frac{1}{4}$  P como Roca Fosfórica e inoculación con micorrizas; CMRF= *Centrosema macrocarpum* + todo el P-Roca Fosfórica; CMIR= *Centrosema macrocarpum* + $\frac{1}{2}$  P como Roca Fosfórica y  $\frac{1}{2}$  P-Fosfato Diamónico; CMlo= *Centrosema macrocarpum* y MVN= Vegetación natural, testigo absoluto (0 N; 0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0 K<sub>2</sub>O), donde se monitorearon los parámetros en la sabana sin intervención. Los resultados evidenciaron que los tratamientos indujeron efectos diferenciales significativos de los niveles de nitrógeno total y mineral en estos suelos. Se observaron pequeños incrementos de los niveles de carbono orgánico total y del carbono asociado a ácidos húmicos.

**Palabras clave:** sabanas; materia orgánica; nitrógeno mineral; Venezuela

### ABSTRACT

An experiment was done in a soil of low pH from savanna of Guárico state, Venezuela. The principal aim was to determine the effect of using different treatments of fertilization and cover crops (legume and grass) in an agroecological system of cereal-livestock on soil biochemical parameters (mineral and total N, fractionations of stable organic matter). An Ustoxic Quartzipsament, low pH, sandy soil with low natural fertility. The treatments were: BDFB = *B. dictioneura* +  $\frac{1}{4}$  P as phosphoric rock and inoculation with mycorrhizae, BDRF = *B. dictioneura* + all P as phosphoric rock; BDIR = *B. dictioneura* +  $\frac{1}{2}$  P as phosphoric rock and  $\frac{1}{2}$  P-diammonium phosphate; BDlo = *B. dictioneura*; CMFB = *C. macrocarpum* +  $\frac{1}{4}$  P as phosphoric rock and inoculation with mycorrhizae; CMRF = *C. macrocarpum* + all P as phosphoric rock; Cmir = *C. macrocarpum* +  $\frac{1}{2}$  P as phosphoric rock and  $\frac{1}{2}$  P as diammonium phosphate; CMlo = *C. macrocarpum* MVN = Natural vegetation, control (0 N; 0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0 K<sub>2</sub>O), here the parameters were monitored in the savanna without intervention. The results showed that the treatments induced significant differential effects of levels of total and mineral nitrogen in soils. Small increments were detected in total organic carbon concentration and the carbon bonded to humic acids.

**Key words:** savannas, organic matter; mineral nitrogen; Venezuela

---

<sup>a</sup> Recibido: 15-10-11; Aceptado: 22-03-12

## INTRODUCCIÓN

En los suelos de bajo pH de las sabanas del estado Guárico, Venezuela, se utiliza ampliamente el sistema de producción maíz-ganado. Este sistema es intensamente mecanizado y dado la alta susceptibilidad de los suelos a la degradación y el alto poder erosivo de las lluvias se ha generado un deterioro de los mismos reflejado en la disminución de la productividad del sistema. El manejo inadecuado de estas sabanas tiene efectos regionales y globales dado que la eliminación de vegetación nativa, la quema y el pastoreo indiscriminado contribuyen al calentamiento del planeta al incrementar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (West y Post, 2002; Pervanchon *et al.*, 2005, Villamil *et al.*, 2006, Wright *et al.*, 2007), por lo que se propone buscar alternativas de manejo que conviertan estas áreas en sumideros de carbono y que se establezcan sistemas sustentables en las mismas, dado que la productividad y calidad del suelo han sido vinculadas de manera inequívoca a sus contenidos de materia orgánica. Al respecto se indica que la no labranza o siembra directa y el uso de diferentes secuencias de cultivos puede ayudar a disminuir los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y además mejorar la estructura del suelo, su fertilidad, incrementos en la capacidad de producción de biomasa y su capacidad para retener agua (Wright y Hons, 2005, Reiter *et al.*, 2008).

No obstante, se requiere la evaluación de variables que indiquen la dirección de los cambios inducidos por la práctica aplicada, conocidos hoy como indicadores de la calidad de los agroecosistemas (Cambardella y Elliot, 1994). En este sentido, la evaluación de la dinámica de nutrientes y materia orgánica del suelo se consideran parámetros apropiados para tal fin. En el caso de la materia orgánica se ha observado que la no labranza induce una importante acumulación de carbono orgánico en la zona radical y de residuos vegetales; Martens (2000) señala que se debe considerar que el efecto de cada especie será diferente en función de la calidad de sus tejidos, es decir su relación C:N, contenido de lignina, contenido de polifenoles, etc.

En el caso del nitrógeno se plantea además la necesidad de determinar la eficiencia de la práctica de fertilización para garantizar un nivel dado de nitrógeno disponible para las plantas. Carpenter-Boggs *et al.* (2000) plantean que deben evaluarse todas las fuentes y formas de nitrógeno dado que su influencia puede ser considerada aditiva. Cabe destacar que la aplicación de siembra directa permite una acumulación importante de fracciones más lábiles de la materia orgánica, que serían mineralizadas de manera continua a través del ciclo del cultivo. Melaj *et al.* (2003) plantean esto como un mecanismo muy importante a considerar en el manejo de la fertilización, especialmente la nitrogenada.

Por otra parte, se ha indicado que el uso de labranza convencional causa la ruptura de las estructuras moleculares de la materia orgánica del suelo, en tanto que la labranza mínima o la no labranza incrementan, no solo los contenidos de carbono orgánico sino que modifican la estructura molecular (Antil *et al.*, 2005). En este sentido, Ding *et al.* (2002) en su trabajo propusieron la obtención de la relación entre estructuras reactivas (O), es decir aquellas que contienen más oxígeno y estructuras recalcitrantes (R), relación O/R, e indican que dicha relación es significativamente mayor en los primeros cinco centímetros del perfil de suelos sometidos a labranza conservacionista, cuando se compara con suelos manejados bajo labranza convencional.

Adicionalmente, Franzluebbers y Stuedemann (2008) indican que estos sistemas de manejo conservacionista permiten no solo el incremento de la materia orgánica, sino una mejor distribución de la misma en el perfil del suelo. Tatzber *et al.* (2008), señalan que además de un incremento significativo de la concentración de carbono (y en consecuencia del secuestro) en la capa más superficial de suelos sometidos a mínima labranza, este fue acompañado de la formación de un gradiente de incremento de la humificación y un cambio en las propiedades moleculares de la materia orgánica, donde destacan los grupos carbonilos y las amidas, este efecto fue inexistente en los suelos sometidos a labranza convencional.

En Venezuela, se han conducido experiencias cuyo objetivo ha sido evaluar el efecto de distintos tipos de labranza sobre diferentes propiedades del suelo: físicas (Moreno *et al.*, 2004; Silva-Acuña *et al.*, 2005) químicas (Rivas *et al.*, 1998; Silva-Acuña *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2006) y biológicas (Contreras *et al.*, 2001; Hernández *et al.*, 2003; Rivero *et al.*, 2008), donde se evidencia la respuesta del sistema a la labranza convencional y la no labranza medida como el efecto sobre las propiedades evaluadas en cada caso. En este trabajo se planteó como objetivo principal evaluar el efecto del uso de un sistema de no labranza, siembra directa, combinado con distintas modalidades de fertilización y cultivos de cobertura (leguminosa y pasto) en una unidad de producción cereal-ganado de corte agroecológico sobre la dinámica del N y de la materia orgánica estable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un suelo Ustoxic Quartzipsament, ácido, arenoso, ubicado en el estado Guárico, específicamente en la estación Experimental "La Iguana", de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, (8° 25' N y 65° 24' W). Este suelo posee una baja fertilidad química natural, su relieve es suavemente ondulado y su textura es arenosa. El Cuadro 1 muestra sus principales características químicas iniciales.

En el año 2002 se inició un ensayo semicomercial donde se combinó el cultivo de maíz, en siembra directa, con ganado en pastoreo. Se usaron parcelas de aproximadamente 4 ha cada una, sobre las cuales se establecieron las coberturas *Brachiara dictyoneura* y *Centrosema macrocarpum*. Se utilizó un diseño experimental de parcelas grandes sin repetición con base en un estudio de variabilidad espacial realizado (Lozano et al., 2004). De acuerdo al mencionado estudio se tomaron un total de once muestras por parcela, que constituyen, de acuerdo al diseño experimental, once seudorepeticiones.

En todos los tratamientos se aplicó, a partir del año 2005, una fertilización básica de 100 kg de N, 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 kg de K<sub>2</sub>O por hectárea. Posteriormente al inicio del ciclo de cultivo se procedió a una diferenciación de la fertilización recibida por las parcelas. Esta diferenciación se realizó con base en la fuente de fósforo y a la inoculación o no con hongos micorrizicos. La combinación del tipo de cobertura y la fertilización química y biológica generó los siguientes tratamientos: **BDFB**= cobertura de *B.dictioneura* +<sup>1</sup>/<sub>4</sub> del P como Roca Fosfórica e inoculación con micorizas, **BDRF**= cobertura de *B.dictioneura* + todo P como Roca Fosfórica; **BDIR**= cobertura de *B.dictioneura* +<sup>1</sup>/<sub>2</sub> del P como Roca Fosfórica y <sup>1</sup>/<sub>2</sub> del P como Fosfato Diamónico; **BDIo**= cobertura de *B.dictioneura*; **CMFB**= cobertura de *C.macrocarpum* + <sup>1</sup>/<sub>4</sub> del P como Roca Fosfórica e inoculación con micorizas; **CMRF**= cobertura de *C.macrocarpum* + todo el P como Roca Fosfórica; **CMIR**= cobertura de *C.macrocarpum* +<sup>1</sup>/<sub>2</sub> del P como Roca Fosfórica y <sup>1</sup>/<sub>2</sub> del P como Fosfato Diamónico; **CMIo**= cobertura de *C.macrocarpum* y **MVN**= Testigo absoluto (0 N-0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0 K<sub>2</sub>O), donde se monitorearon los parámetros en la sabana sin laboreo con la presencia de las coberturas nativas.

Los hongos micorrizicos inoculados fueron los siguientes *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora* sp., *Acaulospora* sp., *Glomus* sp. y *Glomus* sp. (Mora y Toro, 2007).

**Cuadro 1.** Principales características químicas del suelo La Iguana.

Profundidad	pH* (1:1)	CE* (mS/cm)	CO <sup>1</sup> (g.kg <sup>-1</sup> )	P* (mg.kg <sup>-1</sup> )	K* (mg.kg <sup>-1</sup> )	N <sub>T</sub> <sup>1</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )	N-NH <sub>4</sub> <sup>1</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )	N-NO <sub>3</sub> <sup>1</sup> (mg.kg <sup>-1</sup> )
0-5 cm	5,2	22,4	8,3	4,0	41,0	321,0	5,7	2,6
5-15 cm	5,0	13,2	4,1	3,2	40,0	205,2	3,1	2,2

Fuentes: \* Bravo et al., (2001), <sup>1</sup>Datos propios

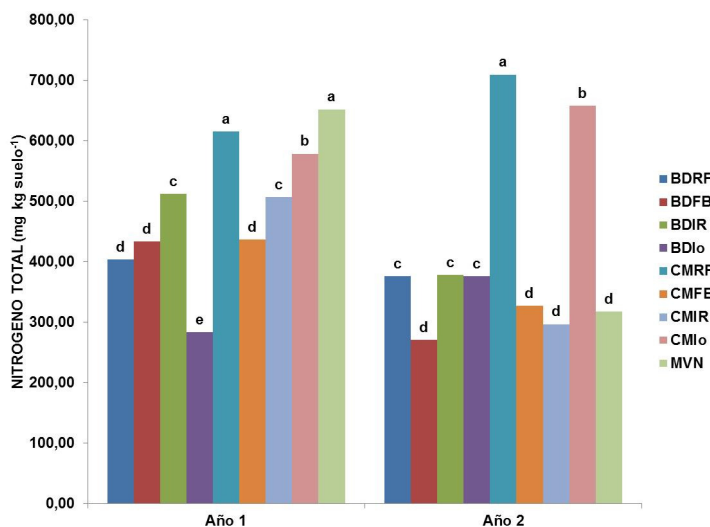
Los resultados discutidos en este trabajo corresponden a muestreos realizados al final del ciclo del cultivo de maíz durante los años 2005 y 2006. Las muestras se tomaron a una profundidad de 0-20 cm. El Nitrógeno total se determinó a través del método de Kjeldahl modificado de acuerdo a lo descrito por Bremner (1996). La determinación del Nitrógeno Nítrico y Amoniacal se realizó mediante una extracción con KCl 2M, luego el N-NH<sub>4</sub> y el N-NO<sub>3</sub> se analizaron por micro Kjeldahl, sin uso y con uso de aleación Devarda (Bremner, 1965).

La materia orgánica (MO) fue extraída con una solución NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,1 M, se usó una relación suelo:extractante de 1:20, en atmósfera libre de oxígeno. El extracto alcalino obtenido fue sometido a un proceso de fraccionamiento, mediante acidificación, para la separación de los ácidos húmicos (CAH), ácidos fúlvicos (CAF) y las sustancias no húmicas (CSNH), esto se realizó según los procedimientos descritos por Sequi et al. (1986) y Ciavatta et al. (1990). El carbono asociado a cada fracción y el carbono orgánico total (COT) se determinaron por digestión húmeda según Heanes (1984). Adicionalmente a las variables obtenidas por medición directa se calcularon los llamados parámetros de humificación propuestos por Sequi et al. (1986): **IH** = CSNH / (CAH+CAF) y **RH** (%) = (CAH+CAF) / COT\*100. El procesamiento estadístico, análisis de varianza y comparación de medias, se realizó con Statistix 8 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación del Nitrógeno

En ambos años se detectaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en las concentraciones de nitrógeno total y mineral del suelo entre los tratamientos (figuras 1 y 2 respectivamente). Este tipo de respuesta ha sido señalada aun para periodos de tiempo muy cortos (Grunwald y van Bruggen, 1997). Sin embargo Sainju *et al.* (2006) indican que el tiempo en el cual es posible observar estos efectos es, en buena medida, una función de la cantidad de biomasa que puedan producir los cultivos.

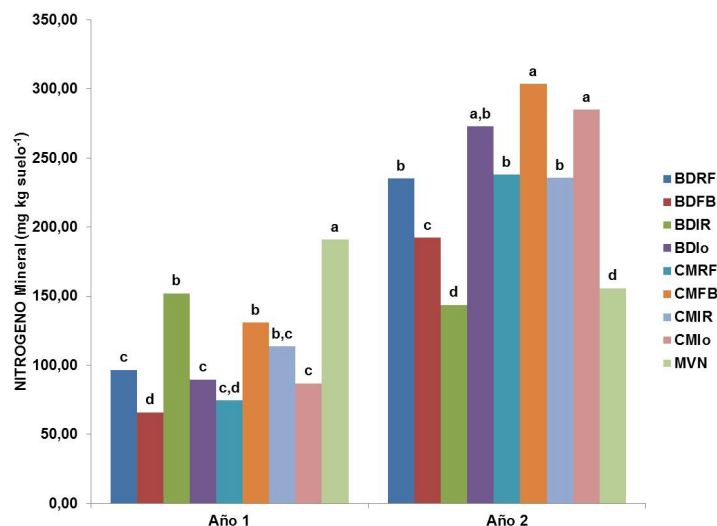


**Figura 1.** Efecto de los tratamientos sobre el nitrógeno total (Letras diferentes indican diferencias significativas,  $P < 0,05$ )

En este experimento el manejo de la sabana nativa produjo un incremento sobre el nitrógeno total y mineral, en este caso el efecto fue vinculado a una modificación de la composición florística (datos no mostrados), lo cual es usual al inicio de la intervención de este tipo de ecosistemas (Rivero y Torres, 2010). No obstante, la respuesta fue temporal y se observó que desapareció en la medida en que se incrementó el tiempo de intervención. La combinación de la fuente soluble de fósforo con la roca fosfórica indujo valores mayores tanto de NT como de N-mineral, aun cuando sin diferenciarse significativamente de la sabana natural.

Para el segundo año se observó que el uso de *C. macrocarpum* produjo un mejoramiento significativo de los niveles de NT y N-mineral (figuras 1 y 2) en estos suelos, efecto que fue mayor cuando se combinó con la fuente poco soluble o cuando estuvo sola. El efecto positivo de leguminosas sobre el nitrógeno mineral del suelo, en comparación a no leguminosas ha sido documentado por Bergstrom y Kirchmann (2004). Este efecto estaría vinculado a la fijación simbiótica de  $N_2$  de esta especie y la posterior incorporación del elemento al "pool" del suelo (Villamil *et al.*, 2006), esto sería atribuido a que, por su baja relación C:N, los residuos de estas especies se mineralizan rápidamente. No obstante, también se evidenció el efecto positivo del manejo sobre la sabana natural. Nelson *et al.* (2006) llaman la atención sobre el hecho que mayores niveles de N-mineral pueden potenciar la pérdida de este elemento, especialmente en suelos arenosos bien drenados, tal como el suelo bajo estudio, lo cual se constituiría en riesgos económicos y ambientales para los productores.

Se debe añadir que el efecto de la no labranza, siembra directa, es decisivo en los incrementos del nitrógeno total en el suelo al no favorecer la exposición de los materiales que contienen formas orgánicas de nitrógeno a los procesos de oxidación. (Power *et al.*, 1993; Sainju *et al.*, 2006). Franzluebbers y Stuedemann (2008) señalaron que la no labranza incrementó significativamente todas las fracciones de nitrógeno por ellos evaluadas en la profundidad comprendida entre 0 y 6 cm. No obstante, Wright y Hons (2005) indican que esto podría resultar contraproducente desde el punto de vista del secuestro de carbono, dado que se produciría mayor mineralización y en consecuencia menores incrementos de la materia orgánica del suelo.



**Figura 2.** Efecto de los tratamientos sobre el nitrógeno mineral (Letras diferentes indican diferencias significativas,  $P < 0,05$ )

### Evaluación de la materia orgánica

Para las distintas fracciones de la MO evaluadas (Cuadros 2 y 3) no se encontraron incrementos estadísticamente significativos entre el primero y segundo año de evaluación, es decir que el tiempo de acción del manejo aplicado no ha permitido observar las diferencias señaladas en otras investigaciones (Potter *et al.*, 1997; Wright *et al.*, 2007). Los tratamientos, en cambio, produjeron incrementos significativos ( $P < 0,001$ ) sobre el COT, el CAH y descensos en el CSNH en comparación con la sabana natural. No se observó efecto en el caso del CAF.

Para ambos años, en el caso del COT la diferencia del efecto entre ambas coberturas evidenció que las concentraciones más altas COT se produjeron en los tratamientos donde se usó *C. macrocarpum* (Cuadros 1 y 2), cabe destacar que la combinación con micorrizas provocó concentraciones COT significativamente más bajas. Esto es importante porque usualmente se indica que el incremento de biomasa aportada al suelo tiende a incrementar los niveles de nitrógeno pero no los de carbono (Halvorson *et al.*, 2002; Poirier *et al.*, 2009). Trabajos realizados por Minoshima *et al.*, (2007) y Franzluebbbers y Stuedemann (2008) documentan el efecto positivo de leguminosas y de la no labranza sobre el carbono orgánico, aun en períodos relativamente cortos de tiempo, los cuales atribuyen a la poca manipulación del suelo, cambios a nivel de microambientes y modificación de la biota del suelo. Por el contrario Wright y Hons (2005) señalan un menor efecto de las leguminosas sobre esta variable, debida a su mayor velocidad de mineralización.

Por otra parte, el efecto de la leguminosa sobre los niveles de COT tendría su origen en los altos contenidos de lignina presentes en los tejidos de *Centrosema*, 9,5 % según lo reseñado por Rodríguez *et al.* (2009), los cuales limitarían su mineralización favoreciendo su acumulación en el suelo, al entrar en procesos de humificación.

En el caso del CAH (Cuadros 2 y 3), el comportamiento fue similar al de COT, es decir que el efecto positivo de los tratamiento pareció concentrarse en la fracción húmica. Se observaron incrementos de los niveles de carbono unido a ácidos húmicos, cuando se comparan con los valores obtenidos para la sabana natural. Sin embargo, el efecto después de dos años de tratamiento, fue altamente dependiente del tipo de cobertura, en el caso de *C. macrocarpum*, los incrementos alcanzaron un 65% mas cuando se combinó con roca fosfórica y 60% cuando estuvo sin combinación. La aplicación conjunta con micorrizas no fue favorable y produjo un descenso alrededor de un 30%, esto evidenciaría un posible incremento en la mineralización por efecto de la presencia de las mismas. No obstante estos porcentajes tienden a estabilizarse en valores menores por año en la medida en que aumente el uso de las prácticas conservacionista (Paustian *et al.*, 1997).

**Cuadro 2.** Componentes de la materia orgánica estable, medidos a un año de iniciado el ensayo

Tratamiento	COT	CAH	CAF	CSNH
	(mg.kg <sup>-1</sup> )			
<b>BDFB</b>	8,89c	5,30c	0,01a	1,27b
<b>BDRF</b>	8,29c	4,86d	0,01a	1,27b
<b>BDIo</b>	10,08b	6,18b	0,01a	1,27b
<b>BDIR</b>	7,42c	4,64d	0,01a	0,85c
<b>CMFB</b>	5,93d	3,53d	0,01a	0,85c
<b>CMRF</b>	11,92a	8,39a	0,01a	0,42c
<b>CMIo</b>	12,19a	8,17a	0,01a	0,85b
<b>CMIR</b>	7,99c	4,20d	0,03a	1,70b
<b>MVN</b>	11,47a	5,08c	0,03a	3,39a

COT = Carbono orgánico total; CAH = Carbono en ácidos húmicos;  
CAF = Carbono en ácidos fúlvicos; CSNH = Carbono en sustancias no húmicas.

Ding et al. (2002) plantean que la no labranza no solo modifica la proporción de CAH, sino que además modifican su estructura química, predominando en estos casos estructuras más alifática y menos aromáticas lo que podría influir sobre la proporción en que puede ser extraída esta fracción, dado que se estaría en presencia de estructuras de mayor solubilidad.

Para el CAF (cuadros 2 y 3) en el primer año no se observó efecto alguno, ello indicaría que aparentemente en estas condiciones esta fracción no sería un indicador temprano de la presencia de las distintas coberturas y su combinación con las modalidades de fertilización. Para el segundo año se observó una diferenciación de los tratamientos con *C. macrocarpum* en combinación con las modalidades de fertilización de los tratamientos con *B. dyctiuoneura*, aun cuando no se diferenció de la sabana natural.

**Cuadro 3.** Componentes de la materia orgánica estable, medidos a dos años de iniciado el ensayo

Tratamiento	COT	CAH	CAF	CSNH
	(mg.kg <sup>-1</sup> )			
<b>BDFB</b>	9,87d	5,65c	0,18b	1,85b
<b>BDRF</b>	9,21d	5,17c	0,23b	1,75b
<b>BDIo</b>	11,19c	6,59b	0,18b	1,76b
<b>BDIR</b>	8,24d	4,94d	0,21b	1,07c
<b>CMFB</b>	6,59e	3,76d	0,30a	0,99c
<b>CMRF</b>	13,23a	8,94a	0,31a	1,02c
<b>CMIo</b>	13,54a	8,70a	0,21b	0,96c
<b>CMIR</b>	8,87d	4,47d	0,31a	1,75b
<b>MVN</b>	12,73b	5,41c	0,31a	3,07a

COT = Carbono orgánico total; CAH = Carbono en ácidos húmicos;  
CAF = Carbono en ácidos fúlvicos; CSNH = Carbono en sustancias no húmicas.

En el caso del CSHN, ambas coberturas indujeron un descenso, el cual resultó mayor en el caso de la *C. macrocarpum*. Cabe destacar que la adición de micorrizas atenuó el efecto negativo de la leguminosa sobre esta variable.

Ahora bien, es importante destacar que para las variables evaluadas, nitrógeno y materia orgánica, no se observó un efecto neto de la fertilización, vía fuente soluble o roca fosfórica, dado que en la mayoría de los casos el resultado era gobernado por la presencia de una u otra cobertura. Al respecto, Poirier et al. (2009) plantean que este comportamiento sería consecuencia del enmascaramiento que produce la mayor acumulación de residuos en la capa más superficial del perfil de suelo.

En cuanto a los valores obtenidos para el IH y la RH (Cuadro 4), los resultados en ambos casos indican que la materia orgánica de estos suelos presenta un buen grado de humificación, que no es modificado significativamente por los tratamientos aplicados durante el tiempo en el cual fue realizada la evaluación.

**Cuadro 4.** Parámetros de humificación

Tratamiento	IH		RH	
	año 1	año 2	año 1	año 2
<b>BDFB</b>	0,24	0,32	59,77	59,03
<b>BDRF</b>	0,26	0,32	58,74	58,71
<b>BDlo</b>	0,21	0,26	61,46	60,45
<b>BDIR</b>	0,18	0,21	62,65	62,49
<b>CMFB</b>	0,24	0,24	59,78	61,70
<b>CMRF</b>	0,05	0,11	70,52	69,90
<b>CMlo</b>	0,10	0,11	67,12	65,85
<b>CMIR</b>	0,40	0,37	52,85	53,89
<b>MVN</b>	0,66	0,64	44,51	44,92

## CONCLUSIONES

Se detectaron efectos positivos significativos, diferenciables entre los tratamientos, sobre el NT y N-mineral, las mayores concentraciones de NT se obtuvieron con el uso de la leguminosa especialmente cuando se combinó con la inoculación con micorrizas. La manipulación de la sabana nativa produjo un efecto inesperadamente favorable. La combinación de la fuente soluble de fósforo con la roca fosfórica indujo los mayores valores tanto de N total como N mineral. Los tratamientos aplicados modificaron significativamente los contenidos de COT y las fracciones de la materia orgánica, especialmente después del segundo año de evaluación. Los índices de humificación, en cambio, no mostraron diferencias significativas durante el lapso evaluado.

**Agradecimiento:** Los autores desean expresar su agradecimiento al FONACIT por el soporte financiero para esta investigación

## LITERATURA CITADA

- Antil R.S., M.H. Gerzabek, G. Haberhauer, G. Eder.** 2005. Long-term effects of cropped vs fallow and fertilizer amendments on soil organic matter. 1. Organic carbon. *J Plant Nutr Soil Sci.*168:108–16.
- Bergstrom, L., y H. Kirchmann.** 2004. Leaching and crop uptake of nitrogen from nitrogen-15 labeled green manures and ammonium nitrate. *J. Environ. Qual.* 33:1786-1792.

- Bravo C., R.M. Hernández, Z. Lozano, B. Moreno y L. Piñango.** 2001. Alternativas para el mejoramiento de la productividad del sistema Maíz-Ganado en los suelos del estado Guárico, Venezuela. 2do. Informe de Avance. 206 p.
- Bremner, J.** 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Eds. C.A. Black, D.D. Evans, L.E. Ensminger & F.E. Clark. Am. Soc. of Agron. Madison, WI, pp. 1324-45.
- Bremner, J.** 1996. Nitrogen-total. In: Methods of soil analyses, Part 3 Chemical Methods. ASA, INC. SSS America, INC. Publisher. Wisconsin, USA. pp 1085-1121.
- Cambardella, C., E. Elliott.** 1994. Carbon and nitrogen dynamics in soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 123-130.
- Carpenter-Boggs, L., A.C. Kennedy, J.P. Reganold.** 2000. Organic and biodynamic management: effects on soil biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1651-1659.
- Ciavatta, C., M. Govi, L. Vittori Antisari, P. Sequi.** 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chrom.* 509:141-146.
- Contreras F., C. Rivero, J. Paolini.** 2001. Efecto de dos tipos de labranza con y sin incorporación de residuos de cultivo sobre la actividad enzimática en un Alfisol de Venezuela. *Venesuelos* 9(1 y 2):32-38.
- Ding G., J.M. Novak, D. Amarasiriwardena, P.G. Hunt, B. Xing.** 2002. Soil organic matter characteristics as affected by tillage management. *Soil Sci Soc Am J.* 66:421-429.
- Franzuebbers 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.
- Grunwald N.J., A.H.C. van Bruggen.** 1997. Short-term effects of cover crop incorporation on soil carbon pools and nitrogen availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:901-911.
- Halvorson A.D., B.J. Wienhold, y A.L. Black.** 2002. Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:906-912.
- Heanes, D.** 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 15:1191-1213.
- Hernández W., J. Rojas Ordaz, C. Rivero, A. Centeno, J. Paolini.** 2003. Efecto de tres sistemas de labranza sobre la actividad de la deshidrogenasa de un suelo cultivado con maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 29:171-181.
- 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. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.* 32:361-369.
- Melaj, M. A., H.E. Echeverria, S.C. Lopez, G.A Studdert, F. Andrade, N.O. Barbaro.** 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. *Agron. J.* 95: 1525-1531.
- Minoshima H., L.E. Jackson, T.R. Cavagnaro y H. Ferris.** 2007. Short-term fates of Carbon-13-depleted cowpea shoots in no-till and standard tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1859-1866.
- Mora E. y M. Toro.** 2007. Arbuscular mycorrhizae, Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria: biofertilizers richness in a venezuelan natural savanna. Sometida a consideración en la revista *Mycorrhiza*.
- Moreno B., Z. Lozano, C. Bravo, R.M. Hernández, L. Piñango.** 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.
- Nelson M. A., S. M. Griffith, y J. J. Steiner.** 2006. Tillage effects on nitrogen dynamics and grass seed crop production in western Oregon, USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:825-83.
- Paustian, K., O. Andrén, H.H. Janzen, R. Lal, P. Smith, G. Tian, H. Tiessen, M. Van Noordwijk, y P.L. Woomer.** 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. *Soil Use Manage.* 13:230-244.
- Pervanchon, F., C. Bockstaller, B. Amiaud, J. Peigné, P.Y. Bernard, F. Vertès, J.L. Fiorelli, S. Plantureux.** 2005. A novel indicator of environmental risk due to nitrogen management on grasslands. *Agri. Eco. Environ.* 105: 1-16.
- Poirier V., D.A. Angers, P. Rochette, M.H. Chantigny, N. Ziadia, G. Tremblay y J. Fortin.** 2009. Interactive Effects of tillage and mineral fertilization on soil carbon profiles. *Soil Sci Soc Am J* 73:255-261.



- Potter, K. N.; O. R. Jones, H. A. Torbert, P. W. Unger. 1997. Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. *Soil Sci.* 162:140-147.
- Power J.F., J.W. Doran, W.W. Wilhelm. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Sci. Soc. Am. J.* 57:1555-156.
- Reiter, M. S., D. W. Reeves, C. H. Burmester y H. A. Torbert. 2008. Cotton Nitrogen Management in a High-Residue Conservation System: Cover Crop Fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72(5):1321-1329.
- Rivas E., M. Rodríguez y U. Manrique. 1998. Efecto de la labranza sobre las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento de maíz en los llanos altos del estado Monagas. *Agron. Trop.* 48(2):157-174.
- Rivero C., A. Torres, M. León. 2008. Efecto de la labranza sobre la materia orgánica y la actividad enzimática de un inceptisol venezolano. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 34:201-218.
- Rivero C., A. Torres. 2010. Efecto del uso de coberturas sobre el nitrógeno mineral y total en macro y micro agregados de un suelo del estado Guárico, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 36(1): 7-11.
- Rodríguez B. M.A., Z. Lozano, J.M. Barea, C. Rivero y R. Figueroa. (2009). Efecto de la calidad del residuo sobre la absorción de N por parte del maíz bajo un manejo conservacionista. XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. Resumen Extendido. Versión en CD-Room. 4p.
- Sainju U.M., A. Lenssen, T. Caesar-Tonthat, J. Waddell. 2006. Tillage and crop rotation effects on dryland soil and residue carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:668-678.
- Sequi, P., M. De Nobili, L. Leita, G.A. Cercignani. 1986. A new index of humification. *Agrochimica* XXX, N° 1-2.
- Silva-Acuña R., D. Sanabria, M. Marcano, E. Rivas, R. Barrios y M. Navas. 2005. Cambios en las propiedades físicas y químicas de un suelo de sabana bien drenada, con tres sistemas de labranza, en una pastura degradada de *Brachiaria humidicola*. *Zootecnia Tropical* 23(4):373-392.
- Tatzber M., M. Stemmer, H. Spiegel, C. Katzberger, G. Haberhauer, M. H. Gerzabek. 2008. Impact of different tillage practices on molecular characteristics of humic acids in a long-term field experiment—An application of three different spectroscopic methods. *Science of the Total Environment*. 406:256-258.
- Torres R. D., N. Rodríguez, H. Yendis, A. Florentino, F. Zamora. 2006. Cambios en algunas propiedades químicas del suelo según el uso de la tierra en el sector el cebollal, estado Falcón, Venezuela. *Bioagro*, 18: 123-128.
- Villamil, M.B., G.A. Bollero, R.G. Darmody, F.W. Simmons, D.G. Bullock. 2006. No-till corn/soybean systems including winter cover crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:1936-1944.
- West T.O. y W. M. Post. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation a global data analysis *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1930-1946.
- Wright A.L., F. Dou, F. M. Hons. 2007. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121:376-382.
- Wright, A.L., y 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.
- Wright, A.L.; F. Dou y F.M. Hons. 2007. Crop species and tillage effects on carbon sequestration in subsurface soil. *Soil Sci.* 172:124-131.