

# CAMBIO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO DE LAS SABANAS DE *Trachypogon* sp DEL ESTADO GUÁRICO POR LA INTRODUCCIÓN DE PASTURAS MEJORADAS.

**Zuleyka Palma<sup>1)</sup>, Zenaida Lozano<sup>2)</sup>, Francisco Hernandez<sup>1)</sup>, Wilfredo León<sup>1)</sup>, Mavelys Delgado<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Postgrado en Ciencia del Suelo, <sup>2)</sup> Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Edo Aragua. E-mail: [zulepg@yahoo.es](mailto:zulepg@yahoo.es), [zenaidalozano@gmail.com](mailto:zenaidalozano@gmail.com), [fdhb10@gmail.com](mailto:fdhb10@gmail.com), [leonloretow@hotmail.com](mailto:leonloretow@hotmail.com), [mavelysd@hotmail.com](mailto:mavelysd@hotmail.com).

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el cambio en las propiedades químicas de un suelo bajo vegetación de sabana (*Trachypogon* sp) por la introducción de pasturas mejoradas de gramínea (Poacea) y leguminosa, se tomaron muestras de un suelo Ustoxic Quartzipsament ubicado en la Estación Experimental La Iguana de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Edo Guárico, sembrado desde hace 12 años con una gramínea, *Brachiaria dictyoneura* (BD) y una leguminosa, *Centrosema macrocarpum* (CM), y se comparó con la sabana natural (SN). Las propiedades evaluadas fueron: pH (H<sub>2</sub>O, KCl, CaCl<sub>2</sub>), acidez total (AT), aluminio (Al) e hidrogeno (H) intercambiables, Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo disponible (P), bases cambiables (Ca, Mg, K y Na), nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y nitrógeno nítrico (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), capacidad intercambio catiónico efectiva (CICE); también se realizó el fraccionamiento de la Materia Orgánica del suelo, y el fraccionamiento secuencial de fósforo. Los resultados indicaron que la introducción de las pasturas mejoradas de BD y CM mejoran las características del suelo, en cuanto a las propiedades químicas, presentando un efecto positivo en la calidad del suelo al compararlo con la SN, pero no se puede decir cual es mejor pastura, ya que para BD se mejoraron las propiedades (pH, Mg y CAH) y para CM las propiedades (MO, P y CAH). Además la introducción de pasturas disminuyen los problemas de Al intercambiable. Independiente del tipo de pasturas, en el suelo se presentan deficiencia de K.

**Palabras claves:** *Brachiaria dictyoneura*, *Centrosema macrocarpum*, Guárico, propiedades químicas del suelo, sabanas de *Trachypogon* sp.

## INTRODUCCIÓN

Las sabanas frecuentemente presentan suelos ácidos, muy evolucionados y con bajos niveles de nutrientes disponibles para las plantas, es decir pH menores a 5,8, capacidad de intercambio catiónico por debajo de 12 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup>, y una baja disponibilidad de nutrimentos esenciales como Ca, K, Mg, P y N (Rodríguez, 2009; Rivero y Torres, 2010). La quema de vegetación es una práctica frecuente en las sabanas de *Trachypogon* para eliminar los pastos secos y favorecer la producción de follaje con mayor valor nutritivo para el ganado. La quema de vegetación también ha sido considerada un factor fundamental para explicar el origen y mantenimiento de los ecosistemas de sabanas, en virtud de los cambios que produce en la composición florística y en el ciclaje de nutrimentos (Hernández *et al.*, 2007). En tal sentido, se planteó estudiar el cambio en las propiedades químicas de un suelo bajo vegetación de sabana (*Trachypogon* sp) al introducir pastos mejorados.

## MATERIALES Y METODOS

Esta investigación se realizó en La Estación Experimental La Iguana, perteneciente a la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. La misma está ubicada en la sabana del sur-oriental del estado Guárico, a una altura entre 80-120 msnm. La zona presenta una característica climática estacional, con precipitación anual promedio de 1369 mm (3 a 6 meses húmedos), con una temperatura media mensual 27,5°C (Lozano, 2007). En el año 1999 en un suelo clasificado como Ustoxic Quartzsaments de textura arenosa (A = 5,97%; L = 6,49%, a = 87,54%), se sembraron las pasturas introducidas de una gramínea, *Brachiaria dictyoneura* (BD) y una leguminosa, *Centrosema macrocarpum* (CM) y se dejó una parcela con la vegetación típica de las sabanas bien drenadas del Guárico (*Trachypogon* sp), denominada sabana natural (SN) y que nos sirvió como testigo. Las coberturas introducidas fueron seleccionadas por su abundante producción de biomasa y adaptabilidad a la zona (Lozano *et al.*, 2010). Para cada tipo de pastura se establecieron parcelas de 900 m<sup>2</sup> cada una (30 m x 30 m en las pasturas introducidas y 15 m x 60 m en SN). Se realizó un muestreo dirigido aleatorio simple, el cual consistió de tres (3) transectas bajo cada tipo de pastura. En cada transecta se tomaron muestras disgregadas a una profundidad de 0 a 15 cm. Las muestras disgregadas fueron compuestas de 6 submuestras cada una, tomadas con uso toma muestra manual tipo barreno helicoidal de 5 cm de diámetro.

Los métodos utilizados para determinar las propiedades químicas del suelo fueron: pH (H<sub>2</sub>O, KCl 1M, CaCl<sub>2</sub> 0,1M) en una relación suelo:agua 1:1, acidez total, aluminio e hidrogeno intercambiable mediante el uso de cloruro de potasio (KCl) 1N como extractante, conductividad eléctrica (CE) en una relación suelo:agua 1:5, carbono orgánico por el método de oxidación húmeda sin calentamiento de Walkley y Black (Heanes, 1984), nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub>) y nítrico (N-NO<sub>3</sub>), utilizando cloruro de potasio 2 M como extractante y destilación en microkjjeldahl (Anderson e Ingram, 1993), fósforo disponible (P), extraído con la solución de Olsen y determinado por el método colorimétrico del molibdato-acido ascórbico (Watanabe y Olsen, 1965), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) intercambiables, por extracción de acetato de amonio 1M y pH 7, se calculó la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) por la suma de bases y la acidez titulable, fraccionamiento químico de la materia orgánica por el procedimiento de extracción secuencial con una mezcla de NaOH/Na<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,1 M descrito por Ciavatta y Govi (1993) y fraccionamiento secuencial de fósforo por el método de Hedley *et al.* (1982) modificado por Tiessen y Moir (1993). A los resultados obtenidos en esta investigación se les realizó un análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey) con el programa estadístico SPSS versión 11.0. Los criterios para la interpretación de los análisis de suelo y condiciones limitantes fueron señalados por Gilabert *et al.* (1990).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las propiedades químicas del suelo bajo las diferentes pasturas se presenta en el Cuadro 1, se evidencia en el cuadro que efectivamente los suelos de sabana bien drenadas, con clase textura arenosa presentan limitaciones por ser de fuertemente ácido para SN y CM a moderadamente ácidos en BD. Al medir el pH en agua, por ser éste mas variable, no se evidencian diferencias estadísticas entre los tipos de pasturas; sin embargo, al medirlo en soluciones salinas como KCl y CaCl<sub>2</sub>, si se aprecian diferencias estadísticas significativas (p<0,05) entre tipo de pastura, con

los mayores valores de pH en BD, estadísticamente diferentes a los de CM y SN. Los mayores valores de pH en la gramínea (BD) pudieran estar asociados a una mayor absorción de aniones como el  $\text{N-NO}_3^-$ , el cual por reducción en las raíces en las células puede generar una gran cantidad de  $\text{OH}^-$  citoplasmático, induciendo la síntesis de ácidos orgánicos y provocar la extrusión de  $\text{OH}^-$  hacia la rizósfera (Pérez *et al.*, 2007).

Cuadro 1.- Características del suelo bajo los diferentes tipos de pasturas.

Propiedades	Tipo de pastura		
	Sabana Natural	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>
pH (H <sub>2</sub> O)	4,6	5,3	4,93
pH (KCl)	3,17b <sup>1)</sup>	<b>4,13a</b>	3,43b
pH (CaCl <sub>2</sub> )	3,20b	<b>4,03a</b>	3,33b
Conductividad Eléctrica (μs/cm)	11,5	11,5	11,5
Acidez Total (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,53	0,67	0,53
Al Intercambiable (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	<b>0,33a</b>	0,00b	0,00b
H Intercambiable (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,20b	<b>0,67a</b>	<b>0,53a</b>
Capacidad de Intercambio catiónico efectiva (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	1,24b	<b>2,38a</b>	1,64b
Materia Orgánica (%)	1,34b	<b>1,56a</b>	<b>1,61a</b>
N-NH <sub>4</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	29,63	30,01	25,90
N-NO <sub>3</sub> (mgkg <sup>-1</sup> )	23,57	21,89	23,19
Ni (mg kg <sup>-1</sup> )	53,2	51,8	49,1
P disponible-Olsen (mg kg <sup>-1</sup> )	2,6b	1,8b	<b>7,3a</b>
K Intercambiable (mg kg <sup>-1</sup> )	5,5	11,1	10,1
Ca Intercambiable (mg kg <sup>-1</sup> )	124	211	124
Mg Intercambiable (mg kg <sup>-1</sup> )	41b	<b>72a</b>	43b
Na Intercambiable (mg kg <sup>-1</sup> )	15,1	10,1	25,0
Relación Ca/Mg	1,84	1,79	1,75
Relación Ca/K	43,98	50,80	23,87
Relación Mg/K	23,86	28,32	13,64
Relación (Ca+Mg)/K	67,84	79,12	37,51

<sup>1)</sup> Letras diferentes indican diferencias significativas entre coberturas.

La tendencia en la AT entre tipo de pastura es de presentar valores similares en SN y CM y ligeramente mayores en BD, aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre tipo de pastura (Cuadro 1). En los contenidos de Al e H si se presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) entre tipo de pastura, mientras en SN la acidez es debida tanto a Al (62%) como al H intercambiables, en CM y BD no se consiguió Al intercambiable y la acidez es debida sólo al H intercambiable. Sin embargo, en todos los tratamientos los valores de Al fueron bajos, lo cual indica que no existe problemas de toxicidad de este elemento.

En el cuadro 1 se presentan los resultados de la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE), para los tipos de pasturas evaluadas. Se aprecia en el cuadro que los valores de CICE son bajos en los 3 tipos de pasturas (Gilbert *et al.*, 1990), con diferencias estadísticas significativas

( $p < 0,05$ ) entre BD y las otras dos pasturas, por lo que puede atribuirse a que la pastura BD presentan los mayores valores de pH y MO.

En cuanto al nitrógeno inorgánico (Ni) y los contenidos de nitrógeno nítrico ( $\text{N-NO}_3^-$ ) y amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) en los tratamientos evaluados, se encontró diferencias estadísticas significativas entre pasturas (Cuadro 1). Sin embargo, en las pasturas SN y BD los contenidos de  $\text{N-NH}_4^+$  (29,63 y 30,01  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente) son mayores que lo de  $\text{N-NO}_3^-$  (23,87 y 21,59  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente), mientras que los de la pastura CM presentan valores similares. En tal sentido en el tratamiento de CM, es donde presenta menores contenidos absolutos de Ni (49,1  $\text{mg kg}^{-1}$ ), por lo que se puede inferir que se debe a la baja mineralización de los residuos de CM, ya que obtienen mayor contenido de lignina y polifenoles, resultados similares encontraron Padrino (2004) y Lozano *et al.* (2010) en un suelo de características similares.

Los contenidos de fósforo (P) disponibles obtenidos mediante la solución extractora de Olsen se presentan en el Cuadro 1, se aprecia en el cuadro valores entre 1,8 y 7,3  $\text{mg kg}^{-1}$  en las coberturas introducidas, que representan una disminución del 30% en BD y un incremento del 180% en CM con relación a la SN. Resultados similares fueron obtenidos por Lozano *et al.* (2010) y lo atribuyen a una combinación del efecto de la reducción del pH en CM y al aumento en la solubilidad de la roca fosfórica aplicada en el establecimiento de las pasturas (año 1999). Pérez *et al.* (2007) señala que las leguminosas actúan como sumidero de Ca, disminuyendo la concentración de Ca en la solución del suelo y promoviendo la disolución de la roca fosfórica. Esto coincide con los menores contenidos de Ca conseguidos en este tratamiento.

Con el fraccionamiento de P (Cuadro 2), se confirman los bajos contenidos de ese elemento en todos los tipos de pasturas, ya que la fracción lábil representa entre el 15 y 28% del P total. Se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), con los mayores valores en las coberturas introducidas (BD y CM) y los menores en SN. Exceptuando el P-residual en SN la mayor fracción es el Po-NaOH (quimioadsorbido) y en BD y CM el Po- $\text{NaHCO}_3$  (adsorbido en los coloides). El Po representa la mayor proporción del P total (43 a 60%),  $\text{CM} > \text{BD} > \text{SN}$ . En suelos con baja disponibilidad de P, las plantas y los microorganismos compiten por el P presente en la solución del suelo, lo que favorece un rápido ciclaje a través de los procesos de mineralización e inmovilización, y en donde el Po constituye una fuente importante para suplir estas demandas (Hernández-Valencia *et al.*, 2005). Es de esperar que por la condición de acidez del suelo en estos tratamientos el fósforo tanto Pi como Po esté químicamente adsorbido a los compuestos de Fe y Al.

Los contenidos de bases intercambiables (Ca, Mg, K y Na) son bajos (Gilabert *et al.*, 1990) en todos los tratamientos, con diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tipos de pasturas sólo para el Mg, con mayor contenido en BD (Cuadro 1). Estos bajos contenidos se deben a la textura arenosa del suelo que hace posible las pérdidas de estos elementos por lixiviación. La siembra de las pasturas introducidas (BD y CM) produjo aumento en los contenidos de bases con relación a SN, en BD: Ca (69%), Mg (74%) y K (100%) y en CM: K (83%) y Na (65%). Este aumento se puede atribuir a la mineralización de los residuos de las pasturas introducidas y a las pérdidas de bases producto de la quema en SN. Según Hernández y López-Hernández (2002), la quema genera una reducción en el contenido de nutrimentos en los ecosistemas. Algunos autores sugieren que más importante que los contenidos de las bases cambiables es su grado de saturación (Goladi y Agbenin (1997). En este sentido, los porcentajes de saturación varían entre 29 y 52% para Ca, entre 20 y 30 % para Mg y entre 0,6 a 2,3 % para K. Según los criterios de

interpretación señalados por Gilabert *et al.* (1990), el grado de saturación con Ca es bajo para CM y medio para SN y BD, el de Mg es alto (>20%) y el de K es bajo (<2%) para todas las pasturas. Cuando se analizan las relaciones entre estas bases, se aprecia que a pesar de que la relación Ca/Mg está por debajo de la ideal (2 a 4), el Ca no llega a ser deficiente en ninguna de las pasturas. El resto de las relaciones Ca/K > 30, Mg/K >18 y (Ca+Mg)/K >40, indican deficiencia de K para las pasturas SN y BD y muy cerca de la deficiencia en CM.

Cuadro 2.- Diferentes fracciones de fósforo (mg kg<sup>-1</sup>), obtenidas por el fraccionamiento secuencial.

Pastura	Pi-resina	P-NaHCO <sub>3</sub>		P-NaOH		P-HCl-diluido		P-HCl conc	Po	Ptotal
		Pi	Po	Pi	Po	Pi	Po	Po	residual	
SN	1,24 b	1,00 b	1,36 c	2,56 b	4,13 b	1,13 c	2,62 b	2,05 b	6,5 a	36,46 c
BD	<b>2,15 a</b>	<b>2,37 a</b>	<b>11,63 a</b>	2,92 ab	5,26 b	<b>4,7 a</b>	<b>8,15 a</b>	<b>5,7 a</b>	16,88 a	<b>93,78 a</b>
CM	1,45 b	<b>1,84 a</b>	7,66 b	<b>3,64 a</b>	<b>7,06 a</b>	2,66 b	<b>6,47 a</b>	<b>3,69 a</b>	8,69 b	72,47 b
	<b>Fracción Lábil</b>	<b>Fracción Moderadamente Lábil</b>				<b>Fracción Recalcitrante</b>				

SN: Sabana Natural, BD: *Brachiaria dictyoneura*, CM: *Centrosema macrocarpum*.

**Pbio/Po** = (Pi-resina + Pi-NaHCO<sub>3</sub> + Pi-NaOH) / Σ de todos los Po).

Los contenidos de materia orgánica (MO) en las diferentes pasturas se presentan en el cuadro 1, se presentaron diferencias estadísticas significativas (p<0,05) entre la SN y las coberturas introducidas (BD y CM), con un aumento entre 16 y 19 % de la MO. La materia orgánica tiene una relación lineal con los contenidos de carbono del suelo según Padrino (2004), quien observó que el carbono en los residuos de las raíces de BD se libera con mayor facilidad que el de los residuos de las raíces de CM, mientras que en SN este elemento se libera en menor cantidad y velocidad. Al realizar el fraccionamiento de la materia orgánica humificada (Cuadro 3). En las coberturas introducidas se produjo un incremento en las sustancias húmicas extraíbles en álcali entre el 9 y 27% con relación a la SN. Pero sólo se presentaron diferencias estadísticas significativas (p<0,05) atribuibles a las pasturas en el carbono orgánico total (COT), carbono en ácidos húmicos (CAH) y carbono en ácidos fúlvicos (CAF) y en las relaciones CAH/CAF y la relación de humificación (RH). El CET representó entre el 70 y 80 % del COT, con mayor proporción en las gramíneas (SN y BD). La fracción CAH fue significativamente mayor en las pasturas introducidas, mientras que la fracción CAF fue mayor en SN. El índice CAH/CAF permitió detectar una mayor humificación y presencia de compuestos de mayor grado de polimerización en el suelo bajo pasturas introducidas (BD y CM), mientras que la relación CAF/COT permitió evidenciar la presencia de compuestos con menor grado de polimerización (compuestos polifenólicos) en SN, con este tipo de pastura presenta estructuras menos complejas y por tanto más susceptibles a degradarse por el manejo (Lozano, 2007). Los índices de humificación (IH, GH y RH), no resultaron útiles para evidenciar la diferencia en la calidad de las sustancias húmicas bajo los manejos evaluados, a diferencia de señalado por Lozano *et al.* (2011).

Cuadro 3.- Fraccionamiento químico de la materia orgánica en los diferentes tipos de pasturas.

	Tipo de pastura		
	Sabana Natural	<i>Brachiaria dictyoneura</i>	<i>Centrosema macrocarpum</i>
Carbono Orgánico Total (COT, g kg <sup>-1</sup> )	7,78 b	<b>9,04 a</b>	<b>9,32 a</b>
Carbono Extraíble Total (CET, g kg <sup>-1</sup> )	6,04	7,18	6,49
CET/COT	0,78	0,80	0,70
Carbono en Ácidos Húmicos (CAH, g kg <sup>-1</sup> )	2,34b	<b>3,62a</b>	3,04ab
Carbono en Ácidos Fulvicos (CAF, g kg <sup>-1</sup> )	<b>1,80a</b>	1,62b	1,40c
Carbono en Sustancias no Húmicas (CSNH, g kg <sup>-1</sup> )	0,42	0,57	0,56
CAH/CAF	1,30 b	<b>2,23 a</b>	<b>2,17 a</b>
CAF/COT	<b>0,23 a</b>	0,18 b	0,15 b
Índice de humificación (IH)	0,10	0,11	0,13
Grado de Humificación (GH, %)	68,58	72,94	68,45
Relación de Humificación (RH, %)	53,27 ab	<b>57,91 a</b>	47,65 b

IH= CNH:(CAH+CAF); GH (%) = (CAH+CAF): CET\*100; RH (%) = (CAH+CAF):COT\*100.

## CONCLUSIÓN

La introducción de pastos mejorados de *Brachiaria dictyoneura* (BD) y *Centrosema macrocarpum* (CM) mejoran las características del suelo, con relación a la sabana natural (SN) *Trachypogon* sp. No se puede concluir que una pastura mejore mas que otra la calidad del suelo, ya que cuando la pastura introducida fue de gramínea (BD) mejoraron propiedades: pH, Mg y CAH; mientras que cuando la pastura fue de leguminosa (CM) mejoraron las propiedades: MO, P y CAF. Las pasturas introducidas, aunque pueden aumentar la acidez total del suelo, disminuyen los problemas de Al intercambiable. Independientemente del tipo de pastura, en el suelo se presentaron deficiencias de K.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, J.; J. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility (TSBF). Handbook of methods. C.A.B. International. 171 p.
- Ciavatta, C y M. Govi. 1993. Use of insoluble polyvinylpyrrolidone and isoelectric focusing in the study of humic substances in soils and organic wastes. J. Chrom. 643:261-217.
- Gilabert de B., J.; I. López de R.; R. Pérez de R. 1990. Análisis de Suelos para diagnóstico de fertilidad. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Maracay, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 164 p.
- Goladi, J.T. y J.O. Agbenin. 1997. The cation Exchange properties and microbial carbon, nitrogen and phosphorus in savanna Alfisol Under continuous cultivation. J. Sci. Food Agri. 75: 412-418.

- Heanes, D. 1984. Determination of total organic-C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometer procedure. *Comm. Soil Sci. Plant Ana.* 15: 1191-1213.
- Hernández, I y D, López-Hernández. 2002. Pérdida de nutrientes por la quema de la vegetación en sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 50: 1013-1019.
- Hernández-Valencia, I y M, Bautis. 2005. Cambios en el contenido de Fósforo en el suelo superficial por la conversión de sabana en pinares. *Bioagro* 17 (2):69-78.
- Hernández, R.M.; Z. Lozano; C. Rivero, M. Toro; J. Salazar; A. Torres; A. Ojeda; J. Morales y C. Bravo. 2007. Segundo informe de avance del proyecto “Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal – ganado”. 169 p.
- Lozano, Z, A. Mogollón, R.M. Hernández, C. Bravo, A. Ojeda, A. Torres, C. Rivero y M. Toro. 2010. Cambios en las propiedades químicas de un suelo de sabana luego de la introducción de pasto mejorado. *Bioagro* 28:35-56
- Lozano, Z. 2007. Indicadores de calidad de la materia orgánica de un suelo bajo agricultura conservacionista. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. 208p.
- Lozano, Z; C. Rivero, C. Bravo y R.M. Hernández. 2011. Fracciones de la materia orgánica del suelo bajo sistemas de siembra directa y cultivos de cobertura. *Rev. Fac. Agr. (LUZ)*
- Padrino, M. 2004. Dinámica de la descomposición de coberturas en un sistema conservacionista maíz-ganado del estado Guárico. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 53p.
- Pérez, M.J., T.J. Smyth y D.W. Israel. 2007. Comparative effects of two forage species on rhizosphere acidification and solubilisation of phosphate rocks of different reactivity. *J. Plant Nutrition* 30: 1421-1439.
- Rivero, C y A. Torres. 2010. Efecto del uso de cobertura sobre el nitrógeno mineral y total en macro y microagregados de un suelo ácido de los llanos centrales de Venezuela. *Rev. Fac. Agro. UCV.* 36(1): 7-11.
- Rodríguez, S. 2009. Efecto del cultivo de cobertura y la fertilidad fosfórica sobre las propiedades químicas y biológicas de un suelo de sabana. Tesis de Pregrado. Universidad Central de Venezuela. 39p.
- Tiessen, H. y J. Moir. 1993. Characterization of available P by sequential extraction. In: M.R. Carter (Ed). *Soil sampling and methods of analysis*. Special Publication of Canadian Society of Soil Science. Lewis, Boca Ratón, pp. 75-86.
- Watanabe, F y S. Olsen. 1965. Test of acid ascorbic method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29:677 - 678.