

Evaluación de tres sistemas de labranza en la recuperación de una pastura degradada de *Brachiaria humidicola*

Damelys Sanabria^{1*}, Ramón Silva-Acuña¹, Miguelina Marcano¹,
Renny Barrios¹, Editor Rivas¹ e Iraidá Rodríguez²

RESUMEN

Durante tres años, en un suelo arenofrancoso de sabana en el estado Monagas, Venezuela, se evaluó el uso de la labranza en la recuperación de una pastura degradada de *Brachiaria humidicola* y la influencia sobre su comportamiento agronómico. Los tratamientos fueron: Pasto sin roturar (SR), rastra o labranza convencional (LC) y un pase de rastra mas un pase de subsolado o labranza profunda (LP), distribuidos en bloques al azar, con tres repeticiones de 1.100 m² c/u. Se fertilizó al voleo, aplicando al inicio 400 kg de fosforita acidulada y tres meses después con 100 kg de urea y 100 kg de K₂SO₄/ha. Al segundo año se reabonó con urea, K₂SO₄ y MgSO₄ a razón de 100, 100 y 50 kg/ha, respectivamente. Durante los períodos húmedos y semihúmedo se cuantificó la cobertura, altura, frecuencia de aparición, producción de biomasa aérea en base seca (MS) y contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio en la planta. En todos los tratamientos hubo recuperación del pasto en las variables estudiadas. Entre los sistemas con roturación del suelo, el sistema LP propició recuperación rápida de la pastura en cuanto a cobertura y MS y difiere estadísticamente de los tratamientos SR y RC, mientras que en altura de la planta y frecuencia, el sistema SR muestra valores idénticos a LP; sin embargo, tales tratamientos al final del período experimental fueron similares. En los tres tratamientos evaluados los contenidos de fósforo y potasio satisfacen los niveles críticos de la planta y los requerimientos mínimos para bovinos a pastoreo, mientras esto no ocurre para calcio y magnesio.

Palabras clave: labranza, degradación, sabana, *Brachiaria*.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones del estado Monagas. Maturín, estado Monagas, Venezuela. *Correo electrónico: dsanabria@inia.gob.ve

² INIA. Centro de Investigaciones del estado Anzoátegui, El Tigre, estado Anzoátegui. Venezuela.

Evaluation of three tillage systems in the recovery of a degraded pasture of *Brachiaria humidicola*

SUMMARY

During three years, on a sandy loam soil, in Monagas state savannas, Venezuela, it was evaluated the effect of tillage in the recovery of a degraded pasture of *Brachiaria humidicola* and its influence in the physical and chemistry properties of the soil. The treatments were: Pasture without tillage (WT), conventional harrow (CH), and one pass of harrow plus one pass of sub-soiling at 40 cm of deep (H+S), using a randomized block design, with three repetitions of 1100 m² each. At the beginning of the experiment it was applied 400 kg of acidulated phosphate rock and three months later, 100 kg/ha of urea and 100 kg/ha of K₂SO₄. The second year it was applied urea, K₂SO₄ and MgSO₄, using 100, 100 and 50 kg/ha, respectively. During the rainy and transition periods, it was measured the cover, height, frequency, production of aerial biomass in dry base, and contents of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium in the plant. In all treatments, there was a recovery of the pasture in the studied variables. The H+S system caused a rapid recuperation of the pasture for cover and aerial biomass with statistical differences with treatments WT and CH, whereas for height and plant frequency, the systems WT and H+S showed identical values; however, these treatments were identical at the end of the experiment. In the evaluated treatments, the contents of phosphorus and potassium satisfied the critical values of the plant and the minimum requirements for bovines at grazing, but not for calcium and magnesium.

Keywords: tillage, degraded pasture, savannas, *Brachiaria*.

INTRODUCCIÓN

El problema de degradación y recuperación de pasturas en el trópico americano ha sido ampliamente discutido con énfasis en pasturas de *Brachiaria decumbens* y otras especies del mismo género (Arruda *et al.*, 1987; Carvalho *et al.*, 1990). Para disminuir los problemas de degradación de las pasturas, se han realizado algunas observaciones sobre el efecto de asociaciones gramíneas-leguminosas, así como el efecto de la labranza con rastra para obtener aumento de productividad de las mismas. No obstante, tanto los pastizales puros como los asociados han sufrido degradación a

través del tiempo, y se caracterizan por baja producción de biomasa y alta incidencia de malezas (Sanabria *et al.*, 1995; Soares *et al.*, 1992).

Otros estudios (CIAT, 1995; Macedo *et al.*, 2005) sugieren que además de algunos factores bióticos y de fertilidad del suelo, la principal causa de la degradación de los pastizales son los cambios en las propiedades físicas del suelo, debido al exceso de preparación, principalmente con discos. Entre estos cambios, la compactación causa resistencia mecánica a la germinación de las semillas y a la extensión de las raíces, cambios en el estatus de aireación y gas intercambiable entre el suelo y la atmósfera y el contenido de humedad, siendo imprescindible la evaluación de prácticas de labranza, de sistemas de pastoreo, uso de enmiendas y sistemas de cultivos que establezcan la productividad de las pasturas a un nivel que sea sostenible.

En relación a lo antes expuesto, la presente investigación tiene el propósito de evaluar en pasturas degradadas de *Brachiaria humidicola*, establecidas en las sabanas bien drenadas del estado Monagas, los cambios que ocurren como resultado del uso de rastra y labranza profunda en la cobertura vegetal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características del área experimental

El experimento se condujo desde julio de 1997 hasta julio del 2000. Se instaló en el fundo Margo, localidad de Santa Bárbara, al oeste del estado Monagas, Venezuela, sobre una pastura degradada de *Brachiaria humidicola*. La unidad de paisaje característico es de Mesa Llana, con promedios anuales de temperatura y precipitación de 26,8°C y 1.092,3 mm, respectivamente, con picos de máxima para los meses de junio, julio y agosto (Figura 1). Según Ewel y Madriz (1968), el área experimental forma parte de la zona de vida catalogada como bosque seco tropical. Los suelos presentan 86% de arena en sus primeros 20 cm de profundidad y niveles de 8, 30, 240 y 8 ppm de P, K, Ca y Mg, respectivamente con pH de 5,1. Para la profundidad de 20-40 cm presenta niveles de 4, 15, 170 y 3 ppm de P, K, Ca y Mg, respectivamente, con pH de 5,5.

La condición inicial de la pastura antes del establecimiento del experimento era la siguiente: 20% de cobertura de pasto, altura 9,2 cm, 69% frecuencia de aparición y 0,0 g/m² de producción de biomasa área seca, determinada a los 10 cm del suelo y área del suelo desnuda de 52,2%. Las

especies invasoras presentaron 25,7% de cobertura, 16,7 cm de altura, 100% de frecuencia de aparición, 4,22 para el índice de frecuencia/abundancia y 20,9 g/m² de producción de biomasa aérea en base seca. El índice de frecuencia y abundancia indica la importancia relativa de una especie en un tratamiento o finca determinada. Para el caso de este estudio, se consideraron importantes aquellas especies o grupo de ellas cuyo índice fue igual o mayor a dos. Según Spain y Gualdron (1991), la condición antes señalada describe el alto nivel de degradación de la pastura.

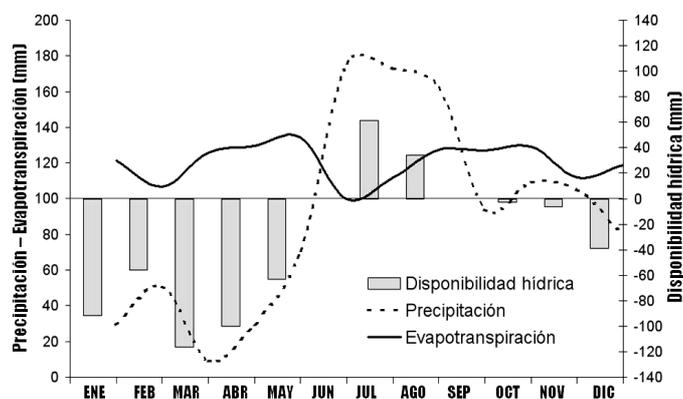


Figura 1. Disponibilidad hídrica durante los años de conducción del experimento (1997-2000). Estación meteorológica del Campo Experimental Santa Bárbara, INIA-Monagas.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron: 1) suelo sin roturar, 2) suelo con un pase de rastra y 3) un pase de rastra para cortar el pasto y luego, un pase de subsolado hasta 40 cm de profundidad. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones y nueve unidades experimentales, con un área de 1.100 m² c/u. Los valores de las variables cuantificadas fueron analizados estadísticamente a través de análisis de varianza y las diferencias entre los tratamientos determinadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Fertilización de la pastura

De acuerdo al análisis del suelo, las recomendaciones de fertilización para pastos en la zona (Gilbert *et al.*, 1990), experiencias en sitios similares (Sanabria *et al.*, 2000) y necesidades del cultivo (Rao *et al.*, 1998) se decidió el esquema de fertilización a realizar. Al año de inicio (Jul/1997) se aplicó 400 kg de fosforita acidulada, incorporada con el pase de rastra en los tratamientos con roturación del suelo, y al voleo en el tratamiento sin labranza. Tres meses después de aplicados los tratamientos, se fertilizó con 100 kg de urea y 100 kg de cloruro de potasio/ha. Al año de establecido (Jul/1998) no se reabonó y al segundo año (Jul/1999) se reabonó con urea, sulfato de potasio y sulfato de magnesio heptahidratado a razón de 100, 100 y 50 kg/ha, respectivamente.

Evaluaciones

De acuerdo de las recomendaciones de Toledo (1991) las evaluaciones para medir sostenibilidad de una pastura se deben realizar en cada período contrastante del año en cuanto a factores climáticos. Durante los períodos de baja pluviosidad (abril), máxima pluviosidad (julio) y salida del periodo lluvioso (diciembre) se realizaron las evaluaciones en la planta (considerando todas las especies presentes) utilizando marcos metálicos de 0,25 m², lanzados al azar hasta totalizar 10 submuestras por repetición utilizando transectas

Las variables evaluadas en cada muestra fueron: composición botánica (gramínea introducida y otras hojas plantas), cobertura del suelo (%), altura de las plantas (cm), frecuencia (%), producción de biomasa aérea en base seca (g/m²) y contenidos (%) de P, K, Ca y Mg en el pasto. La altura de corte fue de 10 cm por encima del suelo. Las muestras de planta se secaron en estufa a 60°C durante 48 horas para determinar peso seco y se promediaron los valores para cada repetición.

Se cuantificó la frecuencia de las especies basándose en la relación: número de marcos donde aparece la especie multiplicado por 100/total de marcos observados (Matteucci y Colma, 1982). Las determinaciones de contenido mineral en la planta se hicieron solamente durante los meses de julio durante la conducción del experimento, con muestras tomadas al azar. Al año del establecimiento (Jul/98), después de cada evaluación de la pastura durante los periodos señalados, se introdujeron 10 unidades animales durante cuatro días, a fin de disminuir la disponibilidad de biomasa y estimar su efecto sobre la composición botánica de la misma. Al final del periodo seco

se uniformizaba la pastura con un pase de rotativa. El experimento tuvo una duración de tres años.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Figuras 2 y 3 se muestran la altura y cobertura, y la producción de biomasa aérea seca y frecuencia de aparición, respectivamente, de *Brachiaria humidicola* por efecto de los tres sistemas de labranza.

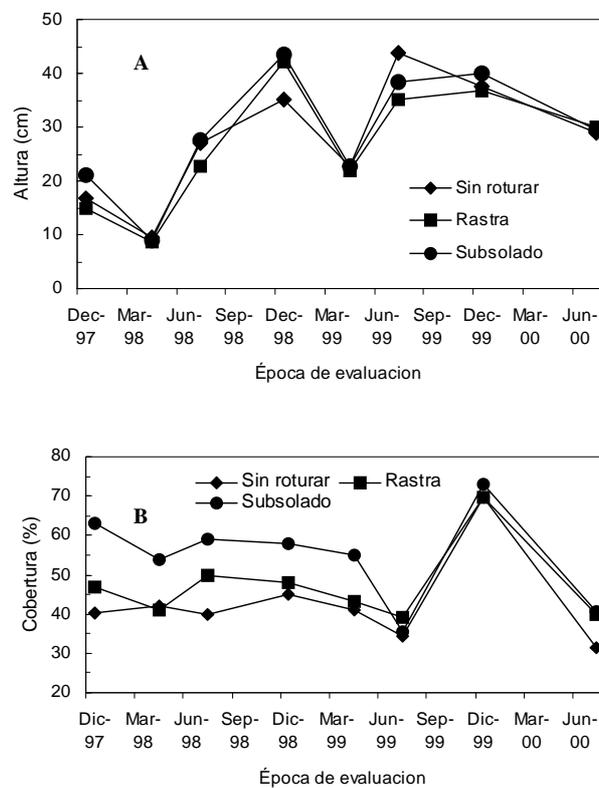


Figura 2. Variación de la altura (A) y cobertura (B) de *Brachiaria humidicola* sometida a tres sistemas de labranza para su recuperación.

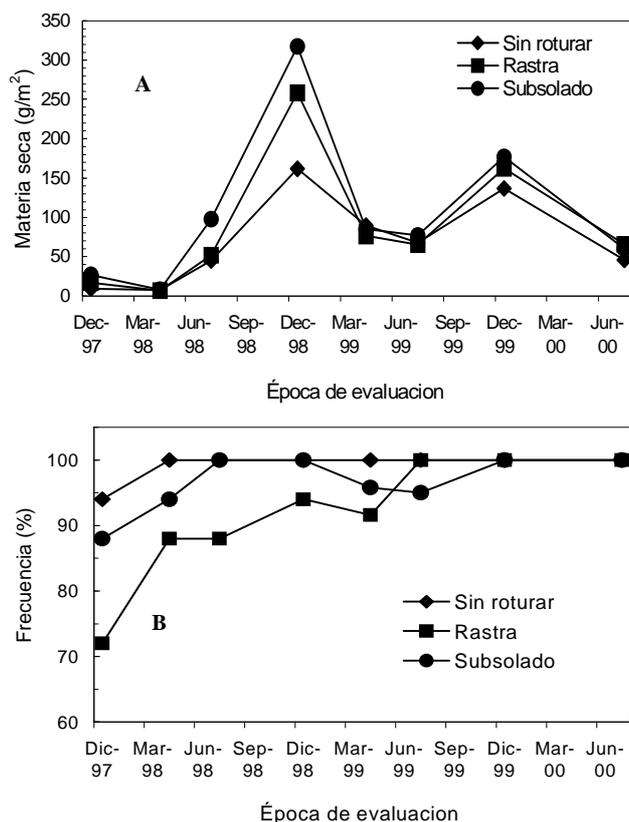


Figura 3. Variación de la producción de biomasa aérea seca (A) y frecuencia de aparición (B) de *Brachiaria humidicola* sometida a tres sistemas de labranza para su recuperación.

Cobertura

El análisis estadístico para los muestreos de Dic/97 y Jul/98 reveló diferencias significativas ($P \leq 0,01$) entre los sistemas de labranza, mientras que para otros muestreos no hubo diferencias entre los sistemas de recuperación de la pastura. En los muestreos donde se detectó diferencias, la labranza profunda (LP) alcanzó la mayor cobertura (63 y 59%, para Dic/97 y Jul/98, respectivamente) y para el tratamiento sin labranza (SR) se observó la menor cobertura (40,2 y 40,0%), en las mismas épocas. El tratamiento con labranza convencional (LC) presentó valores intermedios a los otros dos

sistemas (47 y 50 %). Esta tendencia se observa hasta Dic/98 y se explica por el efecto favorable del pase de rastra en la propagación de los tallos estoloníferos al inicio del experimento. Apenas para el muestreo de Dic/99 los tratamientos SR y LC presentaron valores idénticos de cobertura (69%). En esta época (30 meses después de aplicado los tratamientos) se presentó el mayor promedio de cobertura de los tratamientos. Tal comportamiento pudiera atribuirse a la mayor precipitación durante el período de salidas de lluvias de ese año que permitió el uso más eficiente del reabono efectuado ese año, por una pastura en proceso de recuperación.

La tendencia a mayores porcentajes de cobertura en los tratamientos LC y LP en relación a SR pudiera indicar efecto favorable del uso de las maquinarias en la disminución de la resistencia del suelo, aumento del contenido de humedad en el perfil y mayor incorporación de nutrimentos en el suelo al inicio del experimento como es señalado por Silva-Acuña *et al.* (2005), lo cual incidió en mayor crecimiento horizontal de la pastura y en la disminución significativa de las malezas y del área descubierta.

Altura

El sistema de labranza profunda favoreció de manera significativa ($P \leq 0,01$) la altura de *B. humidicola* solamente en los dos muestreos del año 1998 y Jul/99. El sistema con rastra (LC) resultó inferior en los meses de mayor precipitación (julio) con valores de 22,6 y 35,2 cm, mientras que para el muestreo de Dic/98 apenas se detecta diferencias significativas para el sistema sin labranza (35,2 cm) y labranza profunda (43,5 cm). Estas diferencias entre los tratamientos donde hubo laboreo del suelo en los dos primeros años se explica por la compactación superficial producida por la rastra que afecta las condiciones físicas del suelo y limita el desarrollo de las raíces. Ara (1991) señala que el encostramiento de la superficie del suelo impide la emergencia de las plántulas, e indica que en pasturas tropicales que se establecen en condiciones limitativas, la posibilidad de incrementar el vigor de las plántulas en esa pastura, es alta cuando se hace un mejoramiento de las propiedades físicas del suelo. En este experimento se ratifican esos resultados, al constatar los mayores valores de altura para el tratamiento con subsolado en el cual hubo menor resistencia a la penetración al inicio del experimento en relación al sistema con rastra, de acuerdo a lo reportado por Silva-Acuña *et al.* (2005).

Los valores de altura registrados en el experimento en Jul/99, época donde la pastura ya se había recuperado, no superaron los 43,7 cm. Estos valores son inferiores a los obtenidos por Gómez *et al.* (2000) para la misma

especie en el piedemonte Amazónico de Colombia y lo relacionan con el hábito de crecimiento muy prostrado de esta especie. De manera similar, observaron que posterior a la fase de establecimiento, *B. humidicola* presentó menor altura, pero mayor cubrimiento del suelo en comparación con otras especies del mismo género. Similares resultados se constataron en este experimento al verificarse que la mayor respuesta de la pastura ocurrió en cobertura del suelo que en altura de la planta.

Producción de biomasa aérea.

El efecto más notorio de la labranza sobre la recuperación de la gramínea introducida fue en la producción de biomasa aérea en base seca (Figura 3A). De manera general se constató que los tratamientos donde hubo roturación del suelo presentaron mayor producción de biomasa aérea. Particularmente para los muestreos Dic/97, Jul. y Dic/98 y Jul/00 se detectaron diferencias entre los tratamientos ($P \leq 0,01$). Excepto para el muestreo de Jul/00 donde los valores de producción del tratamiento con subsolado fueron menores ($60,5 \text{ g/m}^2$) a los del tratamiento con rastra ($65,6 \text{ g/m}^2$), pero estadísticamente similares. Para todos los otros muestreos, el tratamiento con subsolado (LP) fue superior en producción de biomasa y estadísticamente similar al tratamiento con rastra, pero diferente estadísticamente al tratamiento sin roturación (SR). Tal comportamiento demuestra la bondad de los tratamientos con roturación del suelo, principalmente con LP, lo cuales favorecen el desarrollo aéreo de las plantas, lo cual está relacionado con el desarrollo de las raíces. Al respecto, Silva-Acuña *et al.* (2005) encontraron diferencias significativas en densidad de raíces del pasto *B. humidicola* para los tratamientos con labranza profunda y se compagina con lo observado con Ohep *et al.* (2002) sobre el efecto de sistemas de labranza sobre la densidad de la masa radical del maíz.

Después de un año de iniciado el experimento se observó que la mayor producción de biomasa aérea de *B. humidicola* se concentró en el mes de diciembre y la menor producción durante el período de máxima precipitación (julio), coincidiendo este mes con la elongación de los tallos para producción de semillas. El mes de diciembre corresponde con la salida de lluvias o período subhúmedo (Figura 1). La mayor producción de biomasa a las salidas de lluvias es similar a lo señalado por Díaz *et al.* (2004) quienes observaron que en un pastizal con predominio de *Brachiaria decumbens*, la mayor producción de biomasa ocurrió en el período de transición lluvia-sequía. De manera similar, Gómez *et al.* (2000) en estudios sobre la adaptación de 21 accesiones e híbridos de *Brachiaria*, encontraron que la producción de materia seca se relacionó inversamente con la precipitación

ocurrida en el mes siguiente al corte de uniformidad anterior al muestreo, y lo relacionan entre otras causas a la reducción en la tasa de fotosíntesis de las plantas debido a la alta nubosidad en la época de lluvias.

Aunque la producción de materia seca del tratamiento testigo tiende a ser inferior a los sistemas con labranza, su incremento a través del período experimental en este sistema indica que la fertilización, independientemente del sistema de labranza, también favoreció la recuperación de la pastura en términos de producción de biomasa aérea, pero a un menor ritmo de crecimiento. Al respecto, estudios realizados por Soares *et al.* (1992) sobre recuperación de pasturas de *Brachiaria decumbens*, comparando fertilización y roturación, demostraron que la fertilización sin roturación del suelo tuvo un efecto benéfico sobre la recuperación y producción de materia seca del pasto. Rao *et al.* (1998) también señalan que *Brachiaria humidicola* cv. humidicola aumenta la producción de follaje con aumentos de la fertilidad del suelo, relacionándola con un aumento en la relación hoja:tallo.

La tecnología de cero labranzas con fertilización puede ser una alternativa para explotaciones bovinas con grandes extensiones de tierra y baja disponibilidad de maquinarias. Al respecto, Amézquita *et al.* (2005) señalan que sistemas agropastoriles basados en especies forrajeras con sistemas radiculares profundos y adaptados a suelos ácidos, son marcadamente superiores a sistemas con rotación de cultivos para formación de una capa arable en Oxisoles con sabanas infértiles. Por lo tanto, *Brachiaria humidicola* es una alternativa para las condiciones de suelos ácidos de sabanas bien drenadas de los llanos de Monagas dada sus características agronómicas, siempre y cuando se considere el manejo integrado del suelo.

Frecuencia de aparición.

En la Figura 3B se presentan los valores de frecuencia de aparición de *B. humidicola*. Independientemente del sistema de labranza, estos valores incrementaron en todos los tratamientos con respecto al estado inicial de la pastura, indicando un efecto favorable de las prácticas de fertilización del pastizal sobre el crecimiento de los tallos estoloníferos y formación de semillas sexuales de mayor viabilidad (Spain y Gualdrón, 1991). Hasta diciembre de 1998, el tratamiento con rastra (LC) mostró los valores promedios más bajos, posiblemente debido a las mismas causas que incidieron en la altura de las plantas. Por lo tanto, el éxito en el establecimiento se alcanza cuando se provee a la semilla un ambiente el cual estimule la rápida germinación y emergencia (Gan *et al.*, 1992).

Contenido de minerales.

En las Figuras 4 y 5 se presentan los contenidos de magnesio y potasio, y calcio y fósforo, respectivamente, del follaje de *Brachiaria humidicola* en cinco muestreos a lo largo del período experimental.

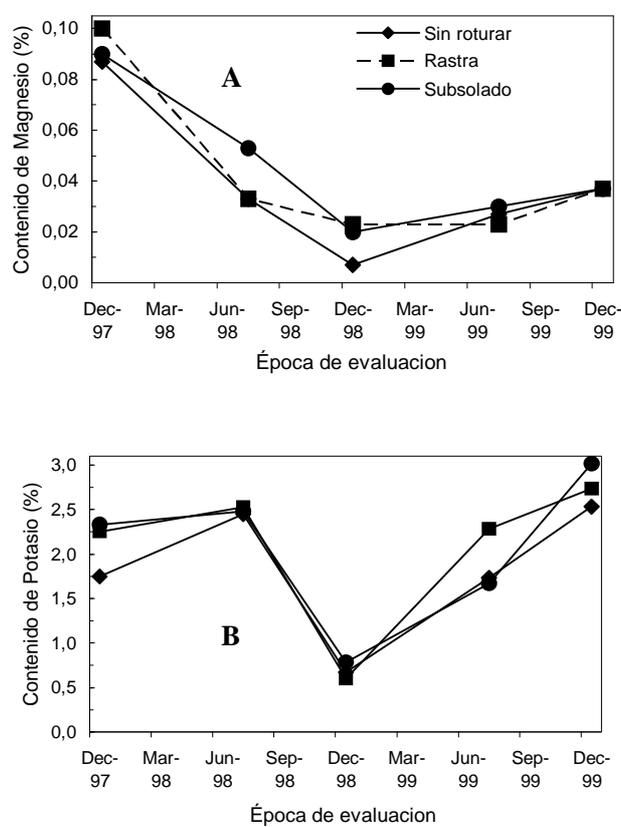


Figura 4. Efecto de tres sistemas de labranza en el contenidos de magnesio (A) y potasio (B) de la biomasa aérea de *Brachiaria humidicola*, en varias épocas de muestreo.

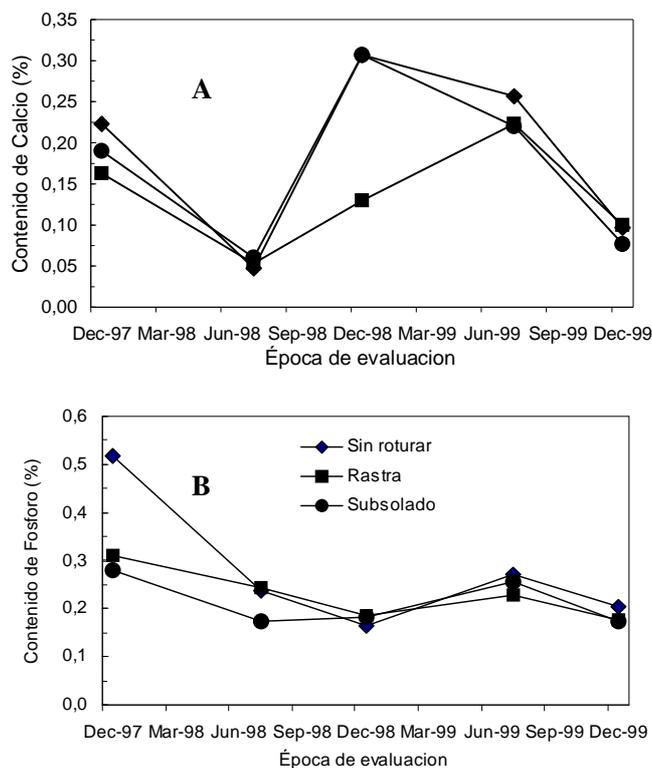


Figura 5. Efecto de tres sistemas de labranza en el contenidos de calcio (A) y fósforo (B) de la biomasa aérea de *Brachiaria humidicola*, en varias épocas de muestreo.

No hubo una tendencia definida, en la variación de los contenidos de Mg, K, Ca y P, en la planta por efecto de los diferentes tratamientos de labranza. Las diferencias observadas parecen estar asociadas a la época de aplicación del abono y reabono, contenido de humedad en el perfil del suelo, diferencias en la densidad de raíces y producción de follaje de la pastura de acuerdo a lo reportado por Silva-Acuña *et al.* (2005) y al efecto de la interacción de los elementos en el suelo sobre los procesos de absorción de la planta (Malavolta, 1980; Faquin *et al.*, 1995). Sin embargo, Amézquita *et al.* (2005) determinaron influencia de la intensidad de la labranza (número de pases) y uso de la tierra (rotación de cultivos, sistemas agropastoriles) sobre el crecimiento de la planta y absorción de nutrientes.

Los valores críticos internos encontrados para *B. humidicola* son: 0,08 0,74 y 0,21% que corresponden a P, K y Ca, respectivamente (CIAT, 1981). Se observa que los tenores de fósforo (0,16 a 0,5%) y potasio (0,78 a 3,02%) en el follaje siempre estuvieron por encima de los valores críticos excepto para potasio en Dic/98 con promedio de 0,68%, tal comportamiento indica la alta capacidad de exploración de esta especie a través de un sistema radicular extenso, con alta cantidad de raíces finas que se encuentran en su mayoría en los primeros 20 cm del suelo (Costa *et al.*, 2002). La raíces finas representan casi la totalidad de la longitud y el área del sistema radicular y más de la mitad de su masa seca total, que le permite explorar mayor volumen del suelo y así absorber principalmente el fósforo, cuya tasa de difusión es muy baja (Vera y Alves, 2005; Wissuwa, 2005). Para el calcio se observó que sus tenores estuvieron por encima de lo establecido solamente en el sistema sin labranza y subsolado (0,31%) para el muestreo de Dic/98, y sus valores mas bajos se detectaron en Jul/98 (0,035%). Según Rao *et al.* (1998) la eficiencia en el uso de Ca es mayor en *B. humidicola cv. humidicola* que en *B. brizantha* y *B. decumbens*, utilizándolo principalmente para la formación de raíces y elongación del tallo. Tejos *et al.* (1996) consideran que los niveles críticos de Mg en el tejido de forrajes tropicales debe estar entre 0.05 a 0.20%; pero tales valores solo se observaron en la pastura en Dic/97, en todos los tratamientos evaluados, sin detectarse diferencias significativas entre ellos.

De acuerdo a McDowell (1992) en las plantas las concentraciones críticas para deficiencia o requerimientos mínimo para bovinos a pastoreo son de: 0,25 de P; 0,60% de K; 0,30% de Ca y 0,18% de Mg, lo cual sugiere que en la planta de *Brachiaria humidicola* los niveles de P existentes fueron adecuados para la producción animal durante los tres años de conducción del experimento, excepto para Dic/98 y Dic/99 y para el tratamiento con subsolado en Jul/98. Los contenidos de K satisfizo el requerimiento animal durante todo el período estudiado. Para los tenores de Ca se puede observar que con excepción del muestreo de Dic/98, específicamente para los sistemas sin labranza y subsolado, en donde se alcanzó el nivel crítico establecido, en los demás muestreos los tenores estuvieron siempre por debajo de las concentraciones críticas. De igual manera, los tenores de magnesio siempre estuvieron muy por debajo de lo indicado para satisfacer el requerimiento animal.

En las condiciones de sabanas de Monagas donde el experimento se realizó es fundamental considerar la aplicación de fuentes de calcio y magnesio en la fertilización de la pastura o como suplemento en la alimentación animal a fin de prevenir deficiencia de los mismos.

CONCLUSIONES

En los tratamientos con y sin roturación del suelo hubo recuperación de la pastura en cuanto a cobertura del suelo, altura del pasto, frecuencia de aparición, producción de biomasa aérea y contenidos de fósforo y potasio en la planta.

Entre los sistemas con roturación del suelo, el sistema de labranza profunda propició recuperación rápida de la pastura en cuanto a cobertura, altura, frecuencia de aparición y producción de biomasa aérea, en relación al tratamiento con rastra y, al final ambos sistemas fueron similares para estas variables.

En los muestreos realizados durante el período semi-húmedo (diciembre) se observó la mayor cobertura y producción de biomasa aérea.

Tanto para los niveles críticos internos encontrados para *B. humidicola* y para los requerimientos mínimos de bovinos a pastoreo los valores fueron superiores para fósforo y potasio, pero inferiores para calcio y magnesio.

LITERATURA CITADA

- Amézquita E., I. Rao, J. Bernal, E. Barrios, M. Rondón y M. Ayarza. 2005. Management of acid soil in the llanos of Colombia. Workshop "Advances in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils" Brasilia, Brasil. Resúmenes. pp. 10
- Ara M. 1991. Factores edáficos cuyas propiedades físicas afectan el desarrollo de las plántulas de las especies forrajeras. En Lascano C. y J. Spain (Eds.). Establecimiento y Renovación de Pasturas. CIAT, Cali, Colombia. pp. 32-58.
- Arruda N.G. de, R.B. Cantarruti y E.M. Moreira. 1987. Tratamientos físico – mecánicos de fertilização na recuperação de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. Pasturas Trop., 19(3):36-39

- Cárvalo S.I.C. de, L. Vilela, J.M. Spain y C.T. Karia. 1990. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk na região dos cerrados. *Pasturas Trop.*, 12(2):24-28
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Tropical Pastures Program Annual Report. 1980. CIAT, Cali, Colombia.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1995. Tropical Lowlands Program. Annual Report 1994. CIAT, Cali, Colombia.
- Costa F. da, R.O. Pereira, S. Paciomick y J.B. Rodríguez de A. 2002. Distribuição vertical de características morfológicas do sistema radicular de *Brachiaria humidicola*. *Pasturas Trop.*, 24(3):15-20.
- Díaz Y., F. Espinoza y J.L. Gil. 2004. Efecto de la fertilización con fósforo en la relación suelo-planta animal en suelos ácidos del estado Cojedes, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 22(4):317-331.
- Ewel J. J. y R. Madriz. 1968. Zonas de Vida de Venezuela. MAC. Caracas..
- Faquin V., N. Curi, J.J.G. Márquez, W.G. Teixeira, A.R. Evangelista, D. Santos y M.M. Carvalho. 1995. Limitações nutricionais para gramíneas forrageiras em Cambissolo álico da microregião Campos da Mantiqueira-MG, Brasil. 2. Nutricao em macro e micronutrientes. *Pasturas Trop.*, 17(3):17-21.
- Gan Y., E.H. Estobe y J. Moes. 1992. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. *Crop Sci.*, 32: 1275-1281
- Gómez M.M., J.E. Velásquez, J.W. Wiles y F.T. Rayo. 2000. Adaptación de *Brachiaria* en el piedemonte Amazónico colombiano. *Pasturas Trop.*, 22(1):19-25
- Malavolta E. 1980. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. Ceres, Sao Paulo, Brasil.
- McDowell L.R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press. San Diego.
- Macedo M.C., A.H. Zimmer, C. Miranda y F.P. Costa. 2005. Agropastoril production in no tillage systems in the cerrado. Workshop "Advances

in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils” Brasilia, Brasil. Resúmenes. pp 9.

- Matteucci S. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria general de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington D.C., E.U.A. 149 p.
- Ohep C., F. Marcano, S. Pudzzar y C. Colmenares. 2002. Efecto de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del maíz. *Bioagro*, 14(1): 37-45.
- Rao I.M., P.C. Kerridge y M.C.M. Macedo. 1998. Requerimientos nutricionales y adaptación a los suelos ácidos de especies de *Brachiaria*. En Miles J.B., B.L. Maass y C.B. do Valle (Eds) *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. CIAT, Cali, Colombia y EMBRAPA/CNPQC, Campo Grande, Brasil. pp.65-89.
- Sanabria V.D., U. Manrique, M. Rodríguez, A. de Gil y P. Argel. 1995. Siembra de leguminosas en un pastizal establecido de *Brachiaria decumbens*. *Zootecnia Trop.*, (13)2: 245-260.
- Silva-Acuña R., D. Sanabria, M. Marcano, E. Rivas y R. Barrios. 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 Trop.*, 23(4): 373-392.
- Soares Filho C.V., F.A. Monteiro y M. Corsi. 1992. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. *Pasturas Trop.*, 14(2): 2-6.
- Spain M. y R. Gualdrón. 1991. Degradación y rehabilitación de pasturas. En Lascano C. y J. Spain (Eds.). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 75-84.
- Tejos R., C. Rodríguez, N. Pérez, L. Rivero, M. Terán y L. Colmenares. 1996. Gramíneas forrajeras promisorias para el llano bajo: En Tejos R., A. Zambrano, G. Camargo y L. Mancilla (Eds) *II Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción animal*. Universidad Nacional Ezequiel Zamora, Barinas. pp. 9 - 14.

Vera M y C. Alves. 2005. Mechanisms of plants adaptation to low phosphorus conditions. Workshop "Advances in improving acid soil adaptation of tropical crops and forages, and management of acid soils" Brasilia, Brasil. Resúmenes. pp 1

Wissuwa M. 2005. Combining a modelling with a genetic approach in establishing associations between genetic and physiological effects in relation to phosphorus uptake. *Plant and Soil*, 269(1): 57-68.