

Comportamiento de indicadores del suelo y del pastizal en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*/*Cynodon nlemfuensis* con ganado vacuno en desarrollo

Sandra Lok y S. Fraga

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba
Correo electrónico: *slok@ica.co.cu*

Se desarrolló una investigación en áreas del Instituto de Ciencia Animal, con el objetivo de caracterizar un sistema silvopastoril para la producción de ganado en desarrollo, basado en *Cynodon nlemfuensis*, como pasto base, y *Leucaena leucocephala*. Durante los años 2002, 2003 y 2007, se realizó la evaluación del sistema, el cual se encuentra ubicado en un suelo pardo mullido carbonatado. Se escogieron dos cuartos representativos, en los que se midió composición botánica, densidad y frecuencia de aparición de las especies, disponibilidad de biomasa, tamizado en seco y en húmedo, resistencia a la penetración, estabilidad estructural, valor N y fitomasa subterránea. Para el muestreo de suelo en cada cuartón se abrió una calicata, de donde se tomaron dos muestras inalteradas, para las profundidades de 0 a 15 cm, de 16 a 30 cm y más de 30 cm, respectivamente. Mediante el análisis de componentes principales se determinaron los indicadores que mejor explicaron la variabilidad en el sistema. Entre las variables evaluadas, en el componente vegetal, las de mayor peso fueron el porcentaje de leguminosas naturales, las malezas, el pasto estrella y la disponibilidad de biomasa. En el suelo estuvieron la resistencia a la penetración, entre 20 y 30 cm de profundidad, la estabilidad estructural, los agregados, en húmedo, mayores de 5 mm, y menores de 1 mm de diámetro, y el valor N. Además, el suelo se determinó como arcilloso. Se mantuvo como pasto base predominante *C. nlemfuensis*, con valores superiores a 52 %, mientras que las leguminosas naturales mostraron descenso progresivo entre los años evaluados. Las malezas oscilaron entre 21 y 35 % en su composición botánica, lo que indicó la necesidad de mejorar el sistema de manejo. Los agregados en húmedo, mayores de 5 mm, y menores de 1 mm de diámetro, disminuyeron entre años. Esto, unido al incremento de la estabilidad estructural y mejora del valor N, así como al comportamiento positivo de la fitomasa subterránea, indicó el progreso de la fertilidad del suelo. Se concluye que el sistema tuvo estabilidad productiva y ecológica. Se recomienda continuar estos estudios en el tiempo para profundizar en el conocimiento de las interrelaciones que se establecen en los ecosistemas.

Palabras clave: *indicadores, sistema silvopastoril, pastos, sistema suelo-pasto*

En el ámbito internacional, los sistemas silvopastoriles se han tornado muy importantes, debido a la necesidad de lograr un uso, manejo y aprovechamiento sostenible de nuestros recursos naturales. Estos constituyen sistemas de producción integrada y diversificada, y representan un gran potencial (Lok y Fraga 2009). La actividad silvopastoril está dirigida a optimizar la producción agropecuaria, de este modo genera oportunidades de incrementar la producción de biomasa con mayor calidad, permite la mejora y conservación de suelos degradados, y hace los sistemas productivos más biodiversos. Esto conlleva a mejores posibilidades para ser sostenibles (Murgueitio y Muhammad 2010).

A pesar de todas estas ventajas, aún falta información y documentación que permita aumentar los conocimientos acerca de las interacciones entre los componentes árbol-pasto-suelo-animal (Mahecha *et al.* 2010). Esta información es necesaria para generar la intervención del hombre en el manejo del sistema, de modo que se garantice mayor eficiencia y sostenibilidad. A pesar de conocer todas sus bondades, el manejo a que se someten estos sistemas puede influir en sus características, comportamiento productivo y tiempo de vida útil. Por esto, es importante conocer el efecto del manejo y uso de estos sistemas para obtener la información necesaria para la toma de decisiones oportunas.

El objetivo de este trabajo fue caracterizar un sistema silvopastoril para la producción de ganado en desarrollo,

basado en *Cynodon nlemfuensis* como pasto base, y en *Leucaena leucocephala*.

Materiales y Métodos

El experimento se condujo en áreas del Instituto de Ciencia Animal, ubicado en el municipio San José de las Lajas, provincia Mayabeque, Cuba, situado en los 22° 53' de latitud norte y a los 82° 02' de longitud oeste, a 92 m sobre el nivel del mar. Durante 2002, 2003 y 2007 se estudió la dinámica de un sistema silvopastoril basado en *Cynodon nlemfuensis*, como pasto base, y *Leucaena leucocephala*, representada en una población de 200 plantas/ha, asequible al ganado para su consumo, y una población total de 8500 plantas/ha.

Al inicio de la evaluación, el sistema tenía 10 años en explotación continua, y una carga de 2 UGM ha⁻¹ (UGM- 450 kg). Estaba constituido por ocho cuartos, de 0.75 ha cada uno. De estos se seleccionaron dos representativos de su comportamiento. Se realizó la medición de la composición botánica y el área de suelo descubierto. A estos indicadores se les calculó los estadígrafos de dispersión, para escoger los valores que estuvieran más próximos a la media.

Se realizó la descripción del perfil del suelo (tabla 1), a partir de la cual se clasificó como pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.* 1999). Para el muestreo del suelo y la descripción del perfil, en cada cuartón se abrió una calicata de 1 m de profundidad, de donde se tomaron dos muestras inalteradas, para las

Tabla 1. Descripción del perfil del suelo de área del sistema

Capa 1: de 0 a 14 cm, de color 5 YR 5/4 reddish brown (pardo rojizo), arcilloso, estructura poliédrica tendiente a ser más gruesa, consistencia ligeramente plástica en húmedo y en seco ligeramente friable, aproximadamente un 2% de gravas permeables y bastante poroso. Reacciona positivamente al ácido. Aparecen algunas galerías creadas por los insectos. Presenta buen desarrollo del sistema radical. Se observa una transición notable. Esta capa se corresponde con el horizonte A.
Capa 2: de 14 a 35 cm, de color 5 YR 4/6 yellowish red (rojo amarillento), arcilloso, estructura poliédrica, consistencia con tendencia a friable, mayor contenido de gravas que la capa anterior, permeable, buen sistema poroso, se observan galerías de lombrices de tierra y abundante sistema radical. Presenta reacción positiva al ácido.
Capa 3: a más de 35 cm, de color 7.5 YR 6/8 reddish yellow (amarillo rojizo), franco arcilloso, de consistencia friable, sin presentar desarrollo del sistema radical. Está constituido por material margoso. Se corresponde con el material de origen.

profundidades de 0 a 15 cm, de 16 a 30 cm, y más de 30 cm, respectivamente.

Los muestreos del suelo se efectuaron una vez al año, al estabilizarse la estación lluviosa, mientras que el resto de los indicadores se muestrearon una vez estabilizada ambas estaciones.

La composición botánica del pastizal se determinó mediante el método de t' Mannetje y Haydock (1963). La densidad y frecuencia de aparición de las especies se calculó según Huss *et al.* (1996). La disponibilidad de biomasa se halló por Haydock y Shaw (1975). Los tamizados, en seco y húmedo, se realizaron según el método de Savinov (Martín y Cabrera 1987a). La resistencia a la penetración se midió mediante la técnica del penetrómetro y la estabilidad estructural, según Martín y Cabrera (1987b). El valor N se calculó de acuerdo con Alonso (1997). La fitomasa subterránea se determinó por la metodología de Hernández *et al.* (1998).

Se realizó el análisis de componentes principales (Visauta 1998) para determinar los indicadores que mejor explicaron la varianza en el sistema. Se escogieron aquellos que, en cada componente principal, poseían un valor propio, mayor o igual a 0.80. La evaluación estadística del comportamiento del sistema se realizó para el indicador de mayor valor de preponderancia (considerando los signos +/-) en cada componente principal. Se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS e InfoStat. A las variables seleccionadas se les aplicó el modelo lineal general de varianza.

Resultados y Discusión

Entre los componentes de la composición botánica,

las especies que más aportaron a la variabilidad en el sistema fueron las leguminosas nativas y las malezas. Estas explican 50.8 % en la CP1, mientras que el pasto estrella 28.7 % de la varianza del sistema en la CP2 (tabla 2). La presencia de signos inversos indicó que hubo correlación inversa entre leguminosas nativas y malezas. Esto corroboró los resultados experimentales.

En la tabla 3 se evidencia el comportamiento de la composición botánica por época y entre años evaluados. Esta mostró que *C. nlemfuensis* se mantuvo como pasto base predominante, con valores superiores a 52 %, mientras las leguminosas naturales mostraron descenso progresivo entre los años evaluados. Asimismo, las malezas tuvieron su mayor valor en 2003, y estuvieron representadas por *Sida acuta* (malva), *Dichanthium annulatum* (pitilla), *Mimosa pudica* (dormidera), *Sporobolus indicus* (espartillo), *Paspalum notatum* (sacasebo) y *Dichrostachys cinerea* (marabú).

A pesar del predominio en la composición botánica de pasto estrella, la presencia variable de malezas, con valores superiores a 21.2 % en ambas épocas, así como la disminución de las leguminosas, indicaron deficiencias en el manejo del sistema, ya que la leucaena como especie arbustiva de doble propósito posee entre sus beneficios (Murgueitio y Muhammad 2010) la regulación de malezas en el sistema, debido al efecto de la sombra filtrada, que proyecta y afecta a muchas de estas especies.

Lok (2005) encontró en un sistema silvopastoril leucaena/guinea, ubicado en un suelo ferralítico rojo, que el manejo correcto propicia la eliminación paulatina de estas plantas. Este resultado lo asoció,

Tabla 2. Análisis de componentes principales para las variables de la vegetación.

Especies	CP1	CP2	Total
Leguminosas	-0.96214	-0.10259	
Pasto estrella	0.32386	0.84653	
MS	-0.30452	0.75635	
Malezas	0.95297	-0.09887	
% Varianza Acumulada	50.8	28.7	79.5

Tabla 3. Comportamiento de la composición botánica por época y años evaluados

Especies (%)	Poco lluviosa				Lluviosa			
	2002	2003	2007	± ES y Sign.	2002	2003	2007	± ES y Sign.
<i>C. nlemfuensis</i>	59.2 ^b	52.7 ^c	64.4 ^a	0.01 **	53.3 ^b	45.6 ^a	56.2 ^c	1.35 ***
Leguminosas	19.5 ^c	11.2 ^b	5.1 ^a	0.03 *	23.1 ^b	14.3 ^a	16.5 ^a	0.58 **
Malezas	21.2 ^a	35.4 ^c	30.4 ^b	1.21 ***	21.6 ^a	35.1 ^c	25.8 ^a	0.09 ***

^{abc} Medias con letras diferentes entre filas en cada época difieren significativamente a $P < 0.05$ (Duncan 1955)

* $P < 0.05$ ** $P < 0.005$ *** $P < 0.001$

fundamentalmente, al efecto del uso de leucaena, que posibilita el incremento de la producción de biomasa, la mejora de la fertilidad del suelo y la sombra filtrada sobre el pasto. Según Trujillo (2007), entre las ventajas de estos sistemas silvopastoriles está precisamente que crean ambientes favorables para el desarrollo de la biota del suelo, potencian el desarrollo del pasto base asociado, y hacen los sistemas más biodiversos y sostenibles.

La disponibilidad de biomasa mostró que, a medida que se incrementó el tiempo de explotación del sistema, este indicador se incrementó (figura 1). Este comportamiento estuvo asociado al incremento de la frecuencia de aparición de pasto estrella. Esto, igualmente pudo asociarse a la mejora paulatina de la fertilidad del suelo.

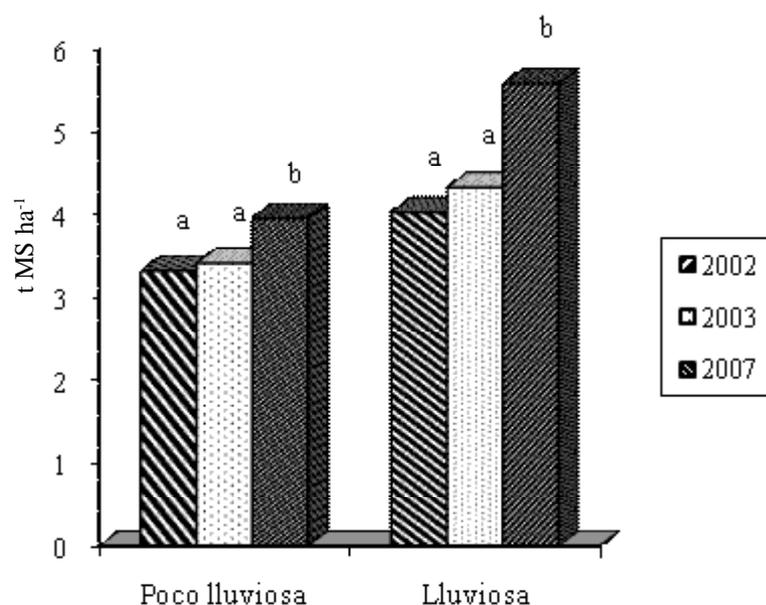
Según Preston (2007), uno de los principales indicadores del inadecuado manejo del suelo es la aparición y desarrollo de malezas. Por ello, cuando se mejora la fertilidad edáfica se favorece el progreso de los pastos cultivados, y estos tienden a incrementar su presencia en la composición botánica de la pastura (Magdoff y Van Es 2000)

La determinación de la textura del suelo indicó que era un suelo arcilloso, ya que poseía en cada una

de sus capas contenidos de arcilla de 72.25, 70.12 y 66.7 %, para las capas 1, 2 y 3, respectivamente. Esta disminución paulatina de las arcillas pudo deberse al incremento de los contenidos de carbonato de calcio con el incremento de la profundidad, lo que a su vez contribuye a la mejora de la friabilidad del suelo.

El análisis multivariado de las variables evaluadas en el suelo determinó la existencia de tres componentes principales (tabla 4), que explicaron en su conjunto 80.2 % de la varianza del sistema, y mostraron que el mayor aporte a la explicación de la varianza del sistema lo tuvieron las variables resistencia a la penetración, de 20 a 30 cm de profundidad, y la estabilidad estructural del suelo. Estas tuvieron los valores mayores de preponderancia en la CP1, que explicó 38.8 % de la varianza del sistema. Estas variables mostraron correlación inversa.

Por su mayor variabilidad, la resistencia a la penetración no alcanzó valores críticos (2 Mpa) en ninguno de los años (tabla 5) ni en las profundidades analizadas. Disminuyó con el transcurso del tiempo de explotación, lo que favorece el mejor desarrollo del sistema radical, y manifestó que el tipo de pastizal y el manejo aplicado contribuyeron a la disminución



Letras diferentes entre columnas difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Figura 1. Comportamiento de la disponibilidad de biomasa

Tabla 4. Análisis de componentes principales para las variables del suelo

Indicador	CP1	CP2	CP3
RP (de 20 a 30 cm de profundidad)	0.94	-0.22	-0.06
RP (de 30 a 40 cm de profundidad)	0.16	-0.21	0.87
Estabilidad estructural	-0.92	-0.07	0.07
TH (agregados entre 1 y 5 mm)	-0.29	0.69	-0.51
TH (agregados menores de 1 mm)	-0.05	0.86	-0.36
TH (agregados mayores de 5 mm)	0.27	0.78	0.43
TS (agregados mayores de 10 mm)	-0.19	0.23	0.16
TS (agregados entre 1 y 5 mm)	0.38	0.07	-0.64
TS (agregados menores de 1 mm)	0.21	-0.21	0.07
Valor N	-0.16	0.10	0.90
Valor propio	2.8	2.1	1.4
Varianza explicada (%)	38.8	27.5	13.9
Varianza acumulada (%)	38.8	66.3	80.2

RP: Resistencia a la penetración

TS: Tamizado en seco

TH: Tamizado en húmedo

Tabla 5. Comportamiento de la resistencia a la penetración (Mpa) en el pastizal

Profundidad	Años			EE (±) y Sign
	2002	2003	2007	
20 a 30 cm	1.66 ^c	1.58 ^b	1.39 ^a	0.09**
30 a 40 cm	1.59 ^b	1.61 ^b	1.00 ^a	0.18**

^{abc}Medias con letras diferentes entre filas difieren significativamente a $P < 0.05$ (Duncan 1955) ** $P < 0.01$

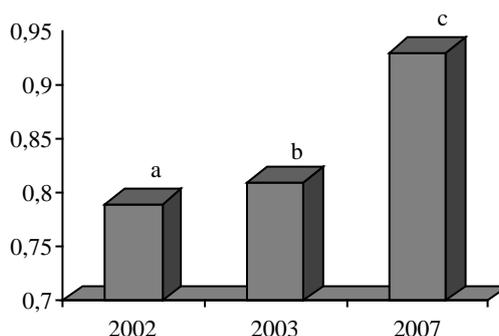
significativa de la compactación. Este comportamiento pudo estar relacionado con la presencia de leucaena como arbusto, ya que su sistema radical más abundante y profundo pudo influir en esta característica (Aruani y Behmer 2004).

Siavosh *et al.* (2010) plantearon que los sistemas ganaderos fueron los que mayor compactación ocasionaron a los suelos (ceba=3.39 kg cm⁻², extensivo=3.36 kg cm⁻² y lechería=3.03 kg cm⁻²). Los aumentos de la compactación de los sistemas pecuarios con respecto a otros cultivos, en términos porcentuales, para la ganadería intensiva de carne y leche, respectivamente, fueron 130 y 86 % en los primeros 10 cm, y de 89 y 68 % para la profundidad de 10 a 20. Los suelos menos compactados presentan más espacios porosos, mayor conductividad del agua; además de proporcionar mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos (Ramírez y Salazar 2010).

La estabilidad estructural mostró incremento ($P < 0.001$) con el tiempo de explotación del sistema (figura 2), y valores entre 0.79 y 0.93. Esto indicó que el suelo tenía adecuada estabilidad estructural. Este indicador será mejor, a medida que su valor se acerque más a la unidad, ya que señalará que existe menor proporción de agregados menores de 0.25 mm. Estos poseen menor valor

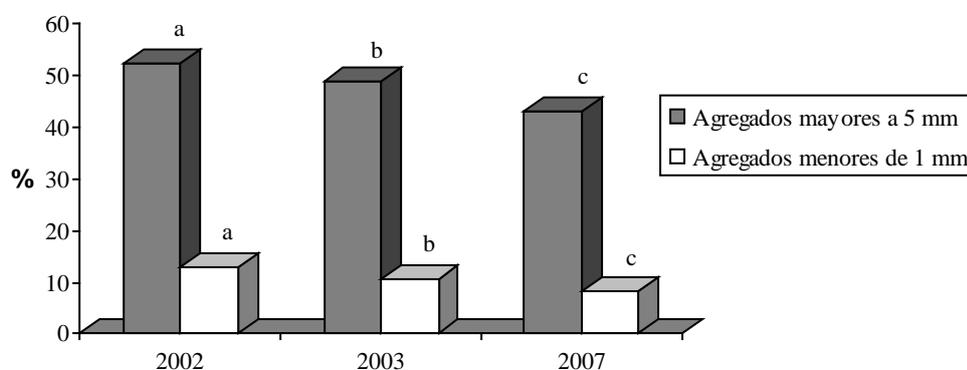
agronómico, debido a las afectaciones que pueden crear en las características estructurales (Acuña *et al.* 2010).

En la componente principal dos (CP2: 27.5 %), las variables con mayor valor de preponderancia, y que deben caracterizar mejor la variabilidad del sistema, fueron los agregados en húmedo, menores de 1 mm y mayores de 5 mm. Ambos disminuyeron con el tiempo de explotación del sistema (figura 3). Esto indicó que los agregados, entre 1 y 5 mm, que son los que restan de este análisis estructural, tuvieron incremento desde 34 % en el año inicial del estudio, hasta 48 % en el último. La distribución de agregados en húmedo debe expresar la condición estructural del suelo, al mostrar el nivel de resistencia a la disgregación, según la proporción en que se encuentren los diferentes tamaños de agregados. En este caso, señalaron modificaciones estructurales positivas, ya que los agregados en húmedo, entre 1 y 5 mm de diámetro, representan los de mayor valor agronómico. Según Alonso (1997) y Hadas *et al.* (2004), estos pueden representar parte de los terrones originales, que al tomar agua pueden separarse, debido al hinchamiento y a la separación mecánica de las partículas del terrón, así como al desplazamiento del oxígeno y agua, al embeberse



^{abc} Letras diferentes entre tamaños de agregados difieren significativamente $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Figura 2. Comportamiento de la estabilidad estructural con el incremento del tiempo de explotación del sistema



^{abc} Letras diferentes entre columnas de un mismo indicador difieren significativamente a $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Figura 3. Comportamiento de los contenidos de los agregados en húmedo con el incremento del tiempo de explotación del sistema.

en agua. Esto facilita la disgregación.

Vázquez *et al.* (2001) plantearon que el tipo de vegetación pudo influir en la dinámica de la distribución de agregados en húmedo y en las formas orgánicas del suelo, y que las leguminosas pueden tener mayor efecto positivo. Igualmente, Espinosa (2004) y Betancourt *et al.* (2005) coinciden al plantear que el uso de las leguminosas contribuye a mejorar el contenido de materia orgánica del suelo, lo que condiciona mejor distribución de agregados y estimulación de la actividad microbiana, ya que la oclusión física de los componentes orgánicos puede determinar su accesibilidad para los organismos del suelo (Aguilera *et al.* 2004 y Hernández *et al.* 2004).

El análisis de componentes principales determinó que la CP3 explicó 13.9 % de la varianza del sistema, y en ella se encontró el valor N como variable con mayores valores de preponderancia, y la resistencia a penetración entre 30 y 40 cm. Esta última se explicó oportunamente en el análisis realizado en la CP1.

El valor N, en la profundidad de 0 a 15 cm, que fue la más factible de afectarse por el pisoteo del animal, señaló que el suelo puede ser utilizado por el ganado, ya que soporta gran peso, por tener cifras inferiores a su valor crítico. En la humedad natural y el límite inferior de plasticidad (LIP), este indicador alcanzó valores inferiores a 0.5, mientras que en el límite superior de plasticidad (LSP) mostró solo cifras de hasta 0.6. Según Alonso (1997) y Alfaro (2007), el valor crítico de esta variable varía de 0.7 a 1.0, y con él no puede laborarse o usarse para el ganado, porque induciría a la compactación del suelo. El valor N, calculado para los diferentes contenidos de humedad, disminuyó con el tiempo de explotación, lo que indicó que el tipo de pastizal contribuye a la mejora paulatina de este indicador (figura 4).

Castro y Hernández (2004) y Ojeda *et al.* (2004) aseveraron que emplear sistemas con cobertura de leguminosas puede favorecer la estabilidad estructural de los agregados y, por tanto, tener un efecto positivo en la estabilidad de los suelos.

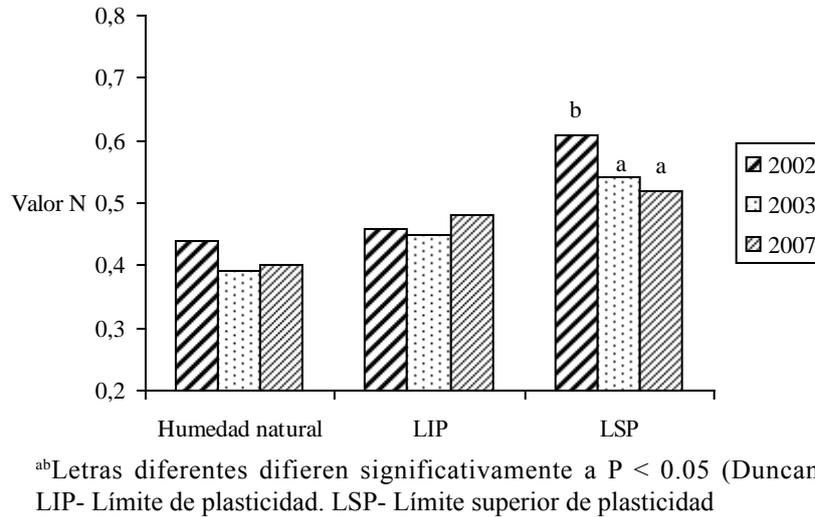


Figura 4. Comportamiento del valor N en la profundidad de 0 a 15 cm

La fitomasa subterránea (figura 5) evidenció que la mayor cantidad de raíces estuvo en la profundidad de 0 a 15 cm, a partir de la que hubo un descenso drástico, debido a las características del suelo. Este es poco profundo, aproximadamente entre 35 y 40 cm de profundidad, por la presencia de la roca madre, lo que influye en el crecimiento radical por la cantidad de piedras, gravas y la compactación, a medida que se avanzó en el perfil. Esta característica impide el desarrollo de sus raíces en profundidad, y hace que se observe mayor desarrollo horizontal que vertical. En las profundidades de 0 a 7 cm, y de 16 a 23 cm, se observó incremento con el tiempo de explotación del sistema. Esto se consideró como indicador de estabilidad (Travieso *et al.* 2005). Los mayores valores en el contenido de la fitomasa se manifestaron durante el período poco lluvioso, ya que durante esta época, con menos precipitaciones, debe existir mayor cantidad de fitomasa subterránea, por presentar el suelo menor humedad. Esto conlleva a que las raíces se prolonguen en busca de agua y aumenten la producción de raicillas (Montilla *et al.* 2002). Durante esta época, y en respuesta

a los pastoreos realizados, la pérdida de biomasa aérea induce un proceso de autopoda de raíces, así como mecanismos de fotosíntesis y absorción compensatoria, que deben restablecer en corto tiempo el equilibrio entre los componentes aéreos y subterráneos, según criterios de Acevedo (2004). Este autor afirma que la defoliación de la biomasa aérea disminuye la producción de biomasa subterránea, mientras que la fertilización la favorece. Observó además, que pasturas de *Panicum maximum* tienen alta capacidad de recuperación, ya que solo en 45 d las plantas cortadas (defoliadas por el pastoreo) presentaron valores similares en los contenidos de fitomasa subterránea, con respecto a las no pastoreadas.

El análisis de las variables que mayor efecto tuvieron en la varianza del sistema suelo-planta manifestó, en su conjunto, una mejora productiva y en su fertilidad edáfica, a pesar de la permanencia de las especies poco deseables (malezas), que osciló entre 21 y 35 % de su composición botánica. Específicamente, este indicador mostró la necesidad de mejorar el sistema de manejo, mediante la implementación de alguna labor cultural

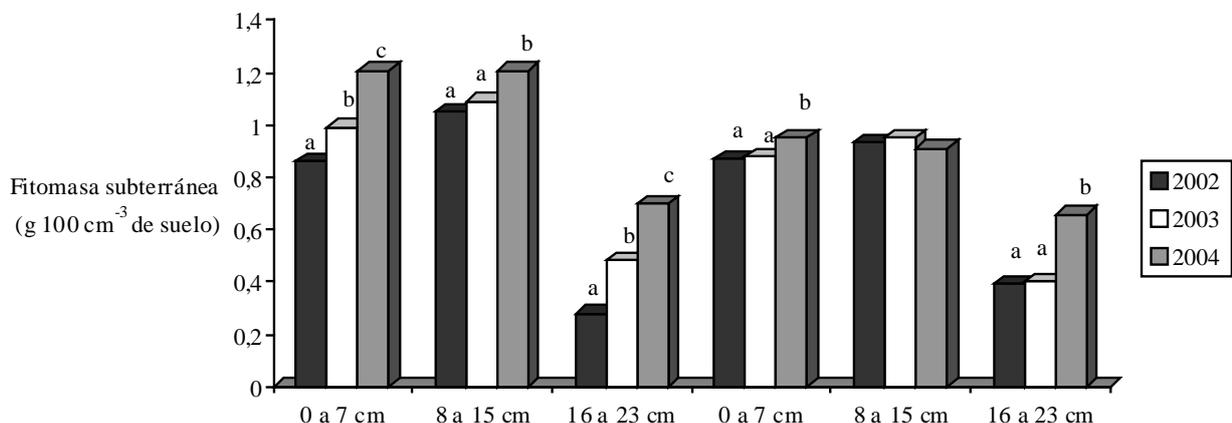


Figura 5. Comportamiento de la fitomasa subterránea en el pastizal

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

que propicie la disminución de estas especies. Sin embargo, como sistema, es evidente el progreso, debido al incremento del pasto base y a la disponibilidad de biomasa, que se asocia, a su vez, con la evolución positiva de la estabilidad estructural, la resistencia a la penetración, el valor N y los contenidos de fitomasa subterránea. Estos resultados se asociaron al manejo estable del sistema y al efecto beneficioso de la leucaena como árbol multipropósito, capaz no solo de contribuir al incremento de la producción de biomasa, sino también de beneficiar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Se concluye que el sistema tuvo estabilidad productiva y ecológica. Se recomienda continuar con estos estudios en el tiempo, para avanzar en el conocimiento de las interrelaciones que se establecen en los ecosistemas.

Referencias

- Acevedo, D. R. 2004. Producción primaria y acumulación de nitrógeno en una pastura tropical bajo tratamientos de corte y fertilización. *ECOTROPICOS* 17(1-2)
- Acuña, J.F., Barahona, E., Willians, S. & Seminario, I. 2010. Dependencia de la estabilidad estructural de un suelo calcáreo en relación con la presencia de lagunas especies. Disponible: <<http://www.ciencia.ahora/Revista16/15.DependenciaEstabilidad.pdf>> [Consultado: 21/9/2010]
- Aguilera, M.P., Veléz, B.E., Flórez, C. & Varela, A. 2004. Efecto de la cobertura vegetal sobre la diversidad de grupos funcionales bacterianos en el Departamento del Quindío (Colombia). XVI Congreso Latinoamericano, XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Cartagena de Indias, Colombia. p.150
- Alfaro, A.J. 2007. Correlación entre el valor N del ensayo de penetración estándar y velocidad de ondas de corte para arcilla en Bogotá, Colombia. *Épsilon. Rev. Facultad de Ingeniería. Colombia.*
- Alonso, C. 1997. Influencia de tres sistemas de cultivos en algunas propiedades físicas de los suelos Ferralíticos Rojos. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. Cuba. p.112
- Aruani, M.C. & Behmer, S. 2004. Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *RIA* 33:43. INTA, Argentina
- Betancourt, P., González, J., Figueroa, B. & González, F. 2005. Organic Matter and soil characterization during restoration processes with cover crop on temperate areas of México. Disponible: <<http://www.chapingo.mx/terra/contenido/art139148.pdf>> [Consultado: 1/4/05]
- Castro, I.A. & Hernández, R.M. 2004. Efecto de diferentes coberturas sobre la actividad de la biomasa microbiana en dos suelos de sabana (Vertisol-Endisol). XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Simposio 21. Trabajo 06. Cartagena de Indias. Colombia. p.150
- Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple. F. tests. *Biometrics* 11.1
- Espinosa, Y. 2004. Calidad de la materia orgánica bajo diferentes prácticas de manejo en un suelo ácido tropical. *Rev. Fac. Agron. (Luz)* 21:126
- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M., & Kara, E.E. 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biol Biochem* 36:265
- Haydock, K.P. & Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimations dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb.* 15:663
- Hernández, A., Pérez, J. M. & Boch, O. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. *AGRINFAR-MINAG, Cuba.* p. 64
- Hernández, C.L., Ramos, I., Rodríguez, M.P. & López, D. 2004. Efecto de enmiendas orgánicas sobre algunos parámetros bioquímicos y la estructura gremial de comunidades bacterianas en un suelo bajo manejo agrícola. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Simposio 21. Trabajo 13. Cartagena de Indias. Colombia. p.152
- Hernández, L., Sánchez J. A. & Lazo, J. 1998. Caracterización espacial de la biomasa subterránea en pastizales del Instituto de Ciencia Animal. *Acta botánica. Rev. Botánica de Cuba.* IES. No.116.
- Huss, D.H., Bernandon, A., Anderson, D. & Brun, J.M. 1996. Principios de manejo de praderas naturales. *FAO. INTA. Chile.* 156 p.
- Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo-planta de pastizales en explotación. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. p. 100
- Lok, S. & Fraga, S. 2009. Estudio de la biodiversidad de la vegetación y la fauna edáfica en pastizales, con la presencia de los árboles y sin ella. VI Taller “Los Árboles y arbustos en la Ganadería”.
- Magdoff, F. & van Es, H. 2000. Building soils for better crops. 2nd Ed. Univ. Nebraska Press, Lincoln, NE. 240 pp. Sustainable Ag Publications Hills Building, Room 10. University of Vermont Burlington. VT 05405-0082 802-656-0484
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, C. H. & Molina, E. J. 2010. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala-Cynodon plectostachyus* en el Valle del Cauca, Colombia. Conferencia electrónica de la FAO “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. Disponible: <<http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Mahech20.htm>> [Consultado: 20/9/2010]
- Martín, N. J. & Cabrera, R. 1987a. Determinación de la estabilidad estructural. Método del tamizado en seco y en húmedo. En: Manual de actividades prácticas de suelos. Ed. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de La Habana. La Habana, Cuba. p. 236
- Martín, N.J. & Cabrera, R. 1987b. Determinación de la composición mecánica (textura) del suelo mediante la utilización del hidrómetro (método de Booyucus). En: Manual de actividades prácticas de suelos. Ed. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de La Habana. La Habana, Cuba. p. 224
- Montilla, M., Monasterio, M. & Sarmiento, L. 2002. Dinámica sucesional de la fitomasa y los nutrientes en parcelas en sucesión-regeneración en un agroecosistema de páramo. *ECOTROPICOS.* 15:75
- Murgueitio, E. & Muhammad, I. 2010. Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. *Livestock Res. Rural Development. CIPAV.* Vol 13. No 3
- Ojeda, A., Hernández, R.M. & González, I. 2004. Cultivos de cobertura y microorganismos en agregados de un suelo

- tropical. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Simposio 21. Trabajo 10. Cartagena de Indias. Colombia. p.151
- Preston, S. 2007. El manejo sostenible de suelos. Ed. Martín Guereña. Producción Karen, van Epen. ATTRA. Disponible: <www.attra.ncat.org. PDF: www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf> [Consultado: 10/12/2009]
- Ramírez, R. & Salazar, C. I. 2010. Cambios en la resistencia a la penetración en un suelo con diferentes sistemas de manejo y su relación con algunas propiedades físicas en un Andisol. Disponible: <<http://www.unalmed.edu.co>> [Consultado: 23/9/2010]
- Siavosh, S., Rivera, J. M. & Gómez, M. E. 2010. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Conferencia electrónica de la FAO "Agroforestería en sistemas de producción animal en el trópico". Disponible: <www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Siavosh6.
Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011. htm> [Consultado: 23/9/2010]
- ‘t Mannetje, L. & Haydock, K.P. 1963. The dry weight with rank method for the botanical analysis of pasture. J. Brit. Grassld. Soc. 18:268
- Travieso, A.C., Moreno, P. & Campos, A. 2005. Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. INCI 30:12
- Trujillo, N. 2007. Guía de reforestación. 280 pp.
- Vázquez, M.E., Pellegrini, A.S.E. & Diosma, G. 2001. Efecto de la vegetación y el tamaño de los agregados en las formas orgánicas del suelo. Agric. Tec. 61:56
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para WINDOWS. Estadística multivariada. Vol II. Mc Graw-Hill/Interamericana de España, S.A.V. 358 pp.

Recibido: 2 de octubre de 2010