

Impacto de sistemas de manejo de pastizales sobre la calidad del suelo en agroecosistemas degradados.AUTORES: Lisbet Font Vila ¹Bernardo Juan Calero Martin ²Olegario Muñiz Ugarte ³

Fecha de recibido: 10 diciembre 2011

Fecha de aceptado: 10 febrero 2012

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: suelos@eimanet.co.cu

RESUMEN

La agricultura es, tal vez, en la actualidad, la actividad antropogénica que más perjudica de forma directa e indirecta, tanto en extensión como en temporalidad, al suelo, y, sin embargo, es la actividad con menores restricciones normativas. El establecimiento de las normativas de índices que miden la calidad de éstos, puede contribuir a minimizar el impacto de las actividades humanas sobre este recurso. El presente trabajo evalúa la calidad del suelo para comparar el impacto y el efecto de dos sistemas de manejo (con pasto nativo y silvopastoril) en agroecosistemas de pastizales degradados, mediante un sistema de evaluación y monitoreo de la calidad del suelo, que integra funciones, procesos e indicadores en el cálculo del índice de calidad de este recurso. Los resultados mostraron que la calidad del suelo varió por la relación su tipo, capacidad de funcionar y el manejo agrícola como expresión del resultado de la dinámica entre la calidad edáfica y ambiental. El índice calculado fue mayor en los sistemas silvopastoriles que fue donde el factor antropogénico influyó de forma positiva con prácticas conservadoras del manejo agrícola que propiciaron un equilibrio entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de este valioso recurso natural.

PALABRAS CLAVE/ calidad del suelo, degradación, indicadores, pastos.

¹ Dra en Ciencias. Investigadora de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Suelos, Camagüey

² Investigador del Instituto de Suelos, Ciudad Habana

³ Investigador de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Suelos, Guantánamo

Impact of grazing management systems on soil quality in degraded agroecosystems.

ABSTRACT

Agriculture is perhaps currently the most damaging anthropogenic activity directly and indirectly, both in extent and timing, to the ground, however, is the activity with lower regulatory restrictions. The establishment of the rules of indices that measure the quality of these can help minimize the impact of human activities on the resource. This study evaluates the quality of soil to compare the impact and effect of two management systems (with native grass and silvopastoral) in degraded grassland agroecosystems, through a system of evaluation and monitoring of soil quality, which integrates functions processes and indicators in the calculation of the quality of this resource. The results showed that soil quality varied by its relationship, type, ability to function and agricultural management as an expression of the result of the dynamic between soil and environmental quality. The calculated index was higher in silvopastoral systems that was where the anthropogenic factor positively influenced by agricultural management practices that conservative led to a balance between the physical, chemical and biological properties of this valuable natural resource.

KEYWORDS soil quality, degradation, indicators, pastures

INTRODUCCIÓN

Entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura, lo constituye la degradación de los suelos, dentro de ellos, los dedicados a la ganadería tienen una serie de factores limitantes que afectan su productividad. En general, el daño en el ecosistema del pastizal se debe a la aplicación de tecnologías que no han estado en armonía con el medio ambiente, con la consiguiente degradación del pasto y del suelo, como resultado de la falta de cubierta protectora y las labores excesivas (Crespo y Rodríguez 2005).

A partir de la necesidad de mantener y mejorar las condiciones productivas de los suelos y disminuir la degradación de los mismos, muchos países se han preocupado por desarrollar criterios de calidad de este recurso natural que se utilicen también en una evaluación objetiva de riesgos ambientales (España 2003 y Hellin 2004). Su evaluación está vinculada con el empleo de indicadores físicos, químicos y biológicos del suelo, fáciles de medir y sensibles a los cambios generados por las prácticas de manejo, en el tiempo y espacio (Doran *et al.* 1999).

En Cuba el cultivo de pastos ocupa suelos de diversos tipos y calidades, y aunque este cultivo presenta mayor rusticidad que otros, ello no asevera que no requiera de determinadas condiciones edafoclimáticas para obtener mejores

rendimientos; por lo que conociendo e inventariando la calidad del suelo, se podrá trazar la estrategia adecuada.

En este sentido, se desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar la calidad del suelo en agroecosistemas de pastizales, para la toma de decisiones y estrategias de manejo sostenible de este recurso natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en agroecosistemas de pastizales de suelos degradados pertenecientes a los tipos: Fluvisol Diferenciado y Pardo Sialítico gleyzoso vértico (Hernández *et al.* 2006), ubicados en la provincia de Guantánamo, Cuba.

En áreas demostrativas, se seleccionaron dos sistemas de cultivo, con Pasto Nativo (I) y un sistema silvopastoril (*Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*) (II). El muestreo de suelo se realizó a una profundidad de 0 a 20 cm. Se emplearon como indicadores de suelo, la densidad real y aparente (d_r y d_a), humedad de suelo seco al aire (H_y), capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación por bases (V), relación calcio/magnesio (Ca^{2+}/Mg^{2+}), pH(KCl), conductividad eléctrica (CE), nitrificación (NR), materia orgánica (MO), respiración basal e inducida con carbono, (RB y RIC) para el cálculo del índice de calidad del suelo (ICS) según la metodología descrita por Font (2008), además, fueron evaluados los rendimientos del pasto.

Los datos se analizaron estadísticamente, mediante un ANOVA de clasificación simple y se utilizó la Prueba de Tuckey con una confiabilidad del 5%, utilizando como herramienta el programa estadístico SPSS (versión 10.0). Además, se establecieron los rangos de este índice para cada tipo de suelo, mediante los estadígrafos: media, desviación estándar, intervalos para un 95 % de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra los indicadores físicos y químicos de los tipos de suelos estudiados. En ambas variantes, la d_a tuvo los mayores valores en el sistema con pasto nativo, y la d_r , no presentó diferencias significativas. Varios autores expresaron que el aumento de los valores en estos indicadores afecta la calidad del suelo (Wander y Bollero, 1999).

Tabla 1: Indicadores físicos y químicos de dos tipos de suelos en agroecosistemas de pastizales

Tratamientos	d_a	d_r	H_y	pH	CE	CIC	$Ca^{2+}/$
	$g\ cm^{-3}$		%	(KCl)	$\mu s\ m^{-1}$	cmol	Mg^{2+}

						kg ⁻¹		
Pardo Sialítico gleyzoso y vértico	I	1.53a	2.49	8.77ab	6.75b	0.30 a	46.4a	2.53b
	II	1.32b	2.41	10.60a	6.76b	0.16b	51.6a	4.43b
Fluvisol Diferenciado	I	1.49a	2.56	5.77b	7.06a	0.26a	31.95b	14.30a
	II	1.33b	2.51	4.82b	7.11a	0.19b	28.12b	18.86a
Esx		0.003*	0.011 ^{ns}	0.262*	0.032 *	0.001 *	4.751*	5.965*

I.- Pasto Nativo, II.- Silvopastoril.

Media ± desviaciones estándar. Intervalos para un 95% de Confianza

En el caso de la Hy, los valores registrados se encuentran fuera del rango óptimo para la generalidad de las especies agrícolas, de entre 6 y 8 % (MINAG 1984); los mayores se registraron en el suelo Pardo Sialítico gleyzoso y vértico, sin diferencias significativas entre ambos sistemas de manejo. Ambos indicadores físicos (dr y Hy) son de variación muy poco notable en el tiempo, no así en el caso de la da (Rivero 2003).

Los mayores valores de pH(KCL) se encontraron en el suelo Fluvisol diferenciado, y coinciden con valores cercanos al neutro 7 considerados óptimos, debido a un mejor estado del suelo, buena disponibilidad de los nutrientes y excelente comportamiento de los cultivos (USDA 2003). En la medida en que los valores descendieron, como fue el caso del suelo Pardo Sialítico gleyzoso y vértico, se afecta la actividad de los microorganismos, fundamentalmente, el proceso de nitrificación y se dificulta la asimilación de fosfatos y boro.

En la CE, se observan los mayores valores en los sistema de pasto nativo en ambos tipos de suelo, no obstante, los valores registrados se consideran aceptables para el crecimiento de la mayoría de los cultivos (menor de 0,8 dS m⁻¹, según USDA 1999), debido a que a partir de este valor comienzan a restringirse los rendimientos de algunos cultivos y se alteran además, procesos microbianos como la nitrificación y respiración.

El suelo Pardo Sialítico gleyzoso y vértico presentó mayor CIC, sin diferencias significativas entre los sistemas de manejo. Su valor es característico de cada tipo de suelo y es calificado como un indicador estable (Halvarson *et al.* 1997). La misma presentó un comportamiento fuera de su estado óptimo entre 35 y 40 cmol⁺ kg⁻¹, donde el suelo presenta buena fertilidad (MINAG 1984).

Las relaciones intercатиónicas son importantes para la asimilación de nutrientes. En el caso de la relación Ca²⁺/Mg²⁺, los mayores valores se encuentran en el suelo Fluvisol diferenciado lo cual indica que existen deficiencias bien marcadas de magnesio. Contrario al suelo Pardo Sialítico

gleyzoso y vértico, donde pueden producirse problemas en la asimilación de nutrientes por exceso de este elemento, la ideal para la generalidad de las especies se reportó alrededor de 6:1 (Mesa *et al.* 1992).

Dentro de los indicadores biológicos, se tuvo en cuenta la MO del suelo, su porcentaje varió entre 2.2% en el sistema de pasto nativo del suelo Pardo Sialítico gleyzoso y vértico hasta 3.84% en el sistema silvopastoril del Fluvisol Diferenciado.

Tabla 2: Indicadores biológicos de dos tipos de suelos en agroecosistemas de *pastizales*.

Tratamientos		MO	RB	RIC	NR
		%	mmol CO ₂ Kg ⁻¹		mmol NO ₃ ⁻ Kg ⁻¹
Pardo Sialítico gleyzoso y vértico	I	2.2b	8.07b	272.36a	5.45b
	II	3.83a	39.42a	109.58b	18.07a
Fluvisol Diferenciado	I	3.14b	18.96b	198.89b	11.83b
	II	3.84a	48.40a	163.75b	21.68a
Esx		0.153*	0.215*	2.296*	0.081*

I.- Pasto Nativo, II.- Silvopastoril.

Media ± desviaciones estándar. Intervalos para un 95% de Confianza

En la medida que su valor fue mayor, (sistema silvopastoril) mejor es la calidad del suelo, como plantearon Doran *et al.* (1999). Aunque la MO fue considerada por Quiroga y Funaro (2004) como el indicador más significativo de la calidad del suelo, la misma por sí sola no representa la calidad del suelo, (Yakovchenko *et al.*1996), ya que se necesita su integración con otros indicadores de calidad de este recurso natural. En este sentido, se consideró incluir algunos indicadores microbiológicos, que pueden servir como indicadores de fertilidad y calidad del suelo (Socarrás1998).

La RB presentó un comportamiento similar a la MO, su mayor valor se reportó en los sistemas silvopastoriles de ambos tipos de suelos, lo que muestra mayor actividad microbiana y reservas energéticas de la materia orgánica del suelo. Es importante resaltar la variación que presentó este indicador entre los distintos tipos de suelo, lo cual mostró su dinámica y sensibilidad a los cambios que se producen en los mismos, de ahí que se considere a la actividad microbiológica,

el componente más activo y sensible al impacto externo dentro del suelo como señaló (Zagal *et al.* 2002).

El uso de este indicador microbiológico unido a otros como la RIC y NR, se empleó en otros trabajos que permitieron estimar la actividad de la biomasa y el efecto de las propiedades físicas y químicas o prácticas de manejo agrícola sobre la misma (Mendoza *et al.* 2001).

En la RIC el máximo valor registrado, se corresponde con los sistemas de pasto nativo, lo que indica mayores limitaciones de reservas energéticas en la MO del mismo (Calero *et al.* 1999).

La NR, en la medida que su valor sea mayor revela la presencia de microorganismos capaces de llevar a cabo el proceso de conversión del amonio a nitrato de una forma más favorable y un conjunto de condiciones ambientales óptimas de acuerdo con Primavesi (1990). Su mejor comportamiento en este caso, coincidió con los sistemas silvopastoriles, lo cual se puede atribuir al efecto favorable de la leucaena, al mejorar la acumulación de hojarasca y el retorno de N al sistema, propiciando una mayor actividad microbiana, que acelera el proceso de reciclaje de N por esta vía, lo cual se corresponde con el comportamiento de la RB. Contrario a los sistemas con pastos nativos, donde los resultados indican la baja capacidad de reciclaje de nutrientes y el deterioro del agroecosistema a lo largo de los años.

El análisis biológico al suelo, demuestra que la hojarasca que produjo la combinación de pasto natural - leucaena proporcionó mayor actividad microbiana y reservas energéticas en la materia orgánica del suelo comparado con el sistema compuesto por los pastos nativos.

Como la comparación de algunos indicadores claves es usualmente insuficiente para una evaluación completa, de la calidad del suelo (Font 2008), se calcularon los índices de calidad a través de una estructura modelo que integró funciones, procesos e indicadores del suelo.

Se obtuvo que los índices de calidad del suelo estimado en agroecosistemas de pastizales, oscilaron entre 0.30 ± 0.07 y 0.49 ± 0.02 (figura 1). Ambos tipos de suelos presentaron menor calidad bajo condiciones de pasto nativo, esta disminución es más evidente en el suelo Pardo Sialítico gleyzoso y vértico, lo que revela un empobrecimiento del mismo por la explotación intensiva de la biomasa vegetal sin que exista una restitución de su fertilidad (Muñiz y Cerri 2006), unido a un aumento de las sequías meteorológicas, agrícolas e hidrológicas en esta región oriental (Rivero 2005).

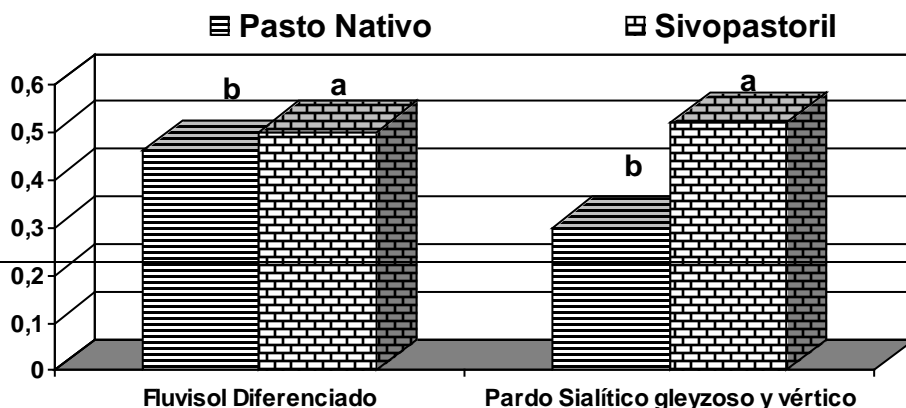


Fig. 1. Estimación del ICS en agroecosistemas de pastizales con diferentes manejos agrícolas.

Además, la existencia de grandes extensiones de pasto nativo en las áreas ganaderas sin un manejo adecuado, ha sido la causa fundamental del deterioro de la calidad del suelo, unido a los ineficientes mecanismos del reciclaje de los nutrientes, que repercuten en buena medida en la desestabilización de estos ecosistemas como plantearon Crespo y Rodríguez (2005).

El comportamiento del índice de calidad del suelo en los sistemas silvopastoriles, resultó diferente. La calidad del suelo se incrementó en ambos tipos de suelos estudiados, debido al efecto beneficioso de las especies de leguminosas arbóreas en el reciclaje de los nutrientes en los ecosistemas de pastizales (Crespo y Rodríguez 2005), esto demuestra que dichos sistemas presentan también gran potencial para la recuperación de las áreas de pastizales degradados, por lo que constituye una alternativa de explotación agrícola más sostenibles que los sistemas tradicionales en Cuba. Además, los beneficios ecológicos proporcionados por la foresta original y contribuye a reducir los impactos ecológicos negativos producidos por la deforestación para fomentar pastizales.

CONCLUSIONES

- Los valores del ICS fueron mayores en aquellos sistemas donde las propiedades físicas, químicas y biológicas estuvieron en un estado balanceado, lo cual coincidió con los sistemas silvopastoriles, debido a la introducción del componente arbóreo en los pastizales lo cual produce nuevas interacciones y una dinámica diferente.
- El factor antropogénico influyó de forma positiva con prácticas de manejo agrícola conservadoras del suelo. La estimación cuantitativa de la calidad del suelo proporciona un medio para evaluar la sostenibilidad de la agricultura, los sistemas de manejo agrícolas y los riesgos ambientales en agroecosistemas de pastizales.

BIBLIOGRAFÍA

- Calero, B.J., Guerrero, A., Alfonso, C.A., Somoza, V. & Camacho, E. (1999). Efecto residual de la fertilización mineral sobre el estado microbiológico del suelo. *Rev. La Ciencia y el Hombre*. XI: 89
- Crespo, G & Rodríguez, I. (2005). El reciclado de nutrientes en el sistema suelo-planta-animal, una contribución al conocimiento científico en Cuba. 2^{da} Ed. del Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, p.92

- Doran, J.W., Jones, A.J., Arshad, M.A. & Gilley, J.E. (1999). Determinants of soil quality and health. En: Soil Quality and Soil Erosion. 1^{ra} Ed. R. Lal. CRC Press.17:36
- España, M. (2003). Evaluación de la calidad del suelo a través de indicadores bioquímicos. Seminarios CENIAP. Informe Final de proyecto de investigación, INIA-CENIAP, Venezuela.
- Font. L. (2008). Estimación de la calidad del suelo: Criterios físicos, químicos y biológicos. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. p.105
- Hellin, J. (2004). De erosión de suelos a suelos de calidad. Rev. Leisa de Agroecología. Abril, Vol. 19. No 4: 6
- Hernández, A., Ascanio O., Morales, M. & León A. (2006). La Historia de la Clasificación de los Suelos en Cuba. 1^{ra} Ed. Félix Varela, La Habana. p.98
- Mendoza, L., Pacheco, O., Vento, M., Francisco, A. & Sánchez, M. (2001). La pérdida de suelo en los terrenos con relieve llano a ondulado. Rev. Centro Agrícola. 4:19
- Mesa A., Colón, C., Trémols, A.J., Pena, J. & Suárez, O. (1992). Características edafológicas de Cuba según escala 1:50 000. Dirección Nacional de Suelos y fertilizantes. Ed Científico-Técnica, La Habana, Cuba. p.154
- MINAG. (Ministerio de la Agricultura). (1984). Manual de Interpretación de los Índices Físico- Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. Ed. Científico Técnica, La Habana, Cuba. p.132
- Muñiz, O. & Cerri., C.C. (2006). Agricultura y calentamiento global. I Taller de Cambios globales, hombres y actividad agrícola. XV Congreso Científico. INCA, C. Habana. Cuba. p.135
- Primavesi, A. (1990). Manejo Ecológico do Solo. A agricultura em regioes tropicais. 9^{na} Ed. Nobel. Brasil. p.549
- Quiroga A, & Funaro, D. (2004). Materia orgánica. Factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles, de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas. p.476
- Rivero, L. (2003). Las propiedades físicas de los suelos como factor de su productividad. Informe Final de proyecto de investigación. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 46p
- Rivero, R. E. (2005). Las tendencias climáticas en Camagüey durante 1990-2004 y la Disminución en la Incertidumbre acerca de la representatividad de los escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero y los Modelos de Circulación General Océano/ Atmósfera. Informe Final de proyecto de investigación. Centro Meteorológico de Camagüey. Camagüey. p55
- Socarrás, A. (1998). La vida del suelo: Un indicador de su fertilidad. Rev. Agricultura orgánica. Año 4(1):12
- USDA (United States Department of Agriculture).(1999). Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Versión al Español de Soil Quality Test Kit Guide. Instituto de Suelos, CRN-CNIA-INTA. Argentina. p.82

- USDA (United States Department of Agriculture).(2003). Rangeland Soil Quality, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. p.98
- Wander, M.M., & G.A. Bollero. (1999). Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 961
- Yakovchenko, V.I., Sikora, L.J. & Kaufman, D.D. (1996). A biologically based indicator of soil quality.*Rev. Biol. Fertil. Soils.* 21: 245
- Zagal, E., Rodríguez, N., Vidal, I. & Quezada, L. (2002). Actividad microbiana en un suelo de origen volcánico bajo distinto manejo agronómico. *Rev. Agricultura Técnica.* 62(2): 297