

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS SILVOPASTORILES MEDIANTE INDICADORES DE CALIDAD DE SUELO. EI VIGÍA, ESTADO MÉRIDA.

EVALUATION OF TWO SILVOPASTORAL SYSTEMS USING SOIL QUALITY INDICATORS. EL VIGIA, MERIDA STATE.

Dávila, Mario⁽¹⁾; Mora, Argenis⁽²⁾; Marquez, Omaira⁽³⁾; Lugo, Leonardo⁽²⁾ y Peña, Clifford⁽¹⁾.

(1)IIAP (ULA), mariodavila@ula.ve, (2) INDEFOR (ULA), (3) Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (ULA)

La investigación se inició en Marzo 2006 y finalizó en Octubre 2007

El trabajo fue recibido por el comité editorial en enero de 2010 y aceptado en mayo de 2010

Resumen

Con la finalidad de evaluar la calidad del suelo mediante indicadores edáficos en dos sistemas silvopastoriles en la finca Judibana de la Universidad de los Andes, Mérida. Se utilizó un diseño de muestreo (estratificado – aleatorio) definido por: 3 unidades fisiográficas, asociación de especies forrajeras con pasto, edad del sistema y un testigo. El muestreo de suelo se realizó en dos etapas, recién pastoreado y 22 días después junto con la vegetación. El índice de calidad del suelo se valoró utilizando el software (AEPAT) y los análisis estadísticos con el R-Commander. Los índices obtenidos indican que los atributos edáficos evaluados a dos profundidades, no mostraron diferencias entre los dos periodos. La unidad ND4, presentó el mejor índice de calidad con en el testigo y con la asociación Leucaena-pasto, la unidad NDEP con mejor calidad de suelo en la asociación Gliricidia-pasto y la unidad DC presentó el peor índice. Los índices de comportamiento del agroecosistema, mostraron que los tratamientos LPND4-9, LPNDEP-12 y GPNDEP-9 ocupan los tres primeros lugares, desplazando al testigo PND4-12.

Palabras clave: calidad de suelo, silvopastoril, indicadores edáficos.

Abstract

The work was based on assessing soil quality indicators soil by two silvopastoral systems in Judibana farm of the University of the Andes, Mérida. We conducted a sampling design (stratified - random) defined by: 3 physiographic units, the association of forage grass species, age and a control system. The soil sampling was conducted in two stages, recently grazed and 22 days later along with the vegetation. The soil quality index was evaluated using the software (AEPAT) and statistical analysis with the R-Commander. The Indexes obtained indicate that soil attributes evaluated at two depths, showed no differences between the two periods. The unit ND4, had the best quality index in the control and Leucaena-grass association, NDEP unit with better quality of soil in Gliricidia-grass association and unity DC presented the lowest ratings. Indexes of agroecosystem behavior, showed treatments LPND4-9, LPNDEP-12 and GPNDEP-9 occupy the first three places, moving to the PND4-12 token.

Key Words: quality of soil, silvopastoril, soil indicators.

INTRODUCCIÓN

El suelo, a diferencia del agua y el aire, es un recurso natural sin estándares de calidad definidos, debido principalmente, a su variabilidad. Por tanto, es casi imposible establecer una simple medida física, química o biológica que pudiera reflejar adecuadamente la calidad sin tomar en consideración otros factores que afectan la formación y funcionamiento del mismo (Bandick y Dick, 1999). Es decir, que la evaluación de la calidad del suelo, o su interpretación, deberían ser consideradas como un proceso a través del cual los recursos edáficos son evaluados sobre la base de sus funciones (aquello que el suelo realiza) y de los cambios en las funciones que surjan en respuesta a un estrés natural o introducido, o de una práctica de manejo (Sheppard et al., 1992; Doran y Parkin 1994; Karlen et al., 1997; Singer y Ewing, 2000).

Existen atributos edáficos que pueden ser utilizadas como indicadores del estado o la calidad de un suelo. Estos parámetros deben ser identificados y cuantificados en cada ambiente en particular para poder documentar los cambios que se suceden en el corto y largo plazo, como consecuencia de las prácticas de manejo que se aplican. En ambientes tropicales o subtropicales, frágiles por naturaleza, la determinación y el seguimiento de estos indicadores es fundamental para comprender el funcionamiento del sistema suelo y así poder definir las estrategias más adecuadas para mantener la productividad del sitio en las sucesivas rotaciones.

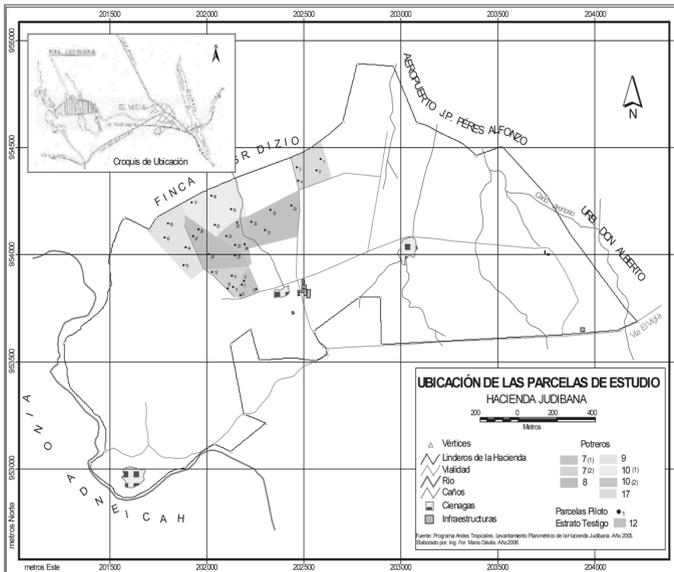
En sistemas silvopastoriles, la presencia de las leñosas perennes puede contribuir a mejorar la productividad del suelo, y por ende favorecer el desarrollo del estrato herbáceo. Algunos de los mecanismos más importantes son: la fijación de nitrógeno, el reciclaje de nutrientes, la mejora en la eficiencia del uso de nutrientes, el mantenimiento de la materia orgánica y el control de la erosión (Nair, 1993) Sin embargo, en muchos sistemas de plantación donde se usan especies herbáceas como cobertura más aún si estas son leguminosas, esos mecanismos pueden funcionar en el sentido inverso (Stur y Shelton, 1991; Reynolds, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Operadora Agrícola Universitaria Judibana perteneciente a la Universidad de los Andes, localizada en el Vigía capital del municipio Alberto Adriani, sector la Pedregosa del Estado Mérida Venezuela. La altura varía entre 64 y 73 msnm, con precipitación y temperatura media de 1852 mm y 27,1°C, respectivamente. Según el sistema Holdridge (Ewel y Madriz, 1968) el área se corresponde con la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical.

Sobre el mapa de las unidades fisiográficas y uso de la tierra de la finca (Márquez, 1989). Se realizó un diseño de muestreo de suelo estratificado aleatorio. La población objeto a estudio se dividió en 8 estratos (figura 1), definidos por: las unidades fisiográficas, los sistemas silvopastoriles con asociaciones de pasto y especies forrajeras (*Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*). Igualmente se consideró la edad de

FIGURA 1. UBICACIÓN RELATIVA DE LOS POTREROS SELECCIONADOS PARA EL ENSAYO (FUENTE: MARIO DÁVILA, ADAPTADO DE INFOGEO/PROGRAMA ANDES TROPICALES, 2005).



establecimiento de las asociaciones, y un potrero testigo (cuadro 1). Cada estrato fue dividido en 4 cuadrantes, dentro de ellos se seleccionó aleatoriamente 1 parcela de 20 m², dando como resultado 4 replicas por estrato es decir 32 parcelas en total. La orientación es la misma de los hilos de siembra y fueron colocadas en el área efectiva (hilos de siembra en el medio de las parcela). En cada una de ellas, se tomaron aleatoriamente 6 sub-muestras a dos profundidades (0 – 20 cm y 20 – 40 cm), que luego fueron mezcladas para obtener muestras compuestas por profundidad. El muestreo se realizó en un solo periodo de rotación (44 días) pero en dos etapas (recién pastoreado y los 22 días después del pastoreo, es decir, de la mitad del periodo de descanso en adelante). Se realizaron los análisis físicos y químicos siguiendo los métodos analíticos estándares para Venezuela (Gilbert de Brito et al., 1990).

El muestreo de la vegetación se realizó siguiendo la metodología sugerida por (Urbano et al., 2006).

Leucaena y *Gliricidia*: Se seleccionaron 3 plantas al azar en cada parcela y simulando el ramoneo del ganado, se cosecharon las

CUADRO 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS EN LAS UNIDADES EDÁFICAS.

Estratos	Asociación	Edad (años)	Unidades Edáficas
1 (7)	<i>Leucaena</i> Pasto	9	NDEP
2 (7)	<i>Leucaena</i> Pasto	9	ND4
3 (8)	<i>Leucaena</i> Pasto	10	ND4
4 (9)	<i>Leucaena</i> Pasto	8	DC
5 (10)	<i>Gliricidia</i> Pasto	9	NDEP
6 (10)	<i>Gliricidia</i> Pasto	10	ND4
7 (17)	<i>Leucaena</i> Pasto	12	NDEP
8 (testigo)	Pasto	12	ND4

hojas y tallos tiernos (forraje) de cada planta, se pesó el material por separado para obtener el peso fresco, se secó en estufa a 70 °C durante 48 horas para determinar la materia seca (MS), se mezclaron para obtener muestras compuestas por parcela y luego fueron sometidas a sus respectivos análisis foliares (PC, P, Ca, K y Mg), siguiendo la metodología sugerida por Malavolta (1989), excepto el P que se utilizó la metodología propuesta por Horwitt (1952).

Pasto: simultáneamente con el muestreo de las especies forrajeras, en cada parcela se colocó aleatoriamente una sub parcela de 1 m² de donde se recogió el material verde, se pesó para obtener el peso fresco, se secaron en estufa a 70° C durante 48 horas para determinar el % de

CUADRO 2. PESOS ESTABLECIDOS PARA LAS VARIABLES DE SUELO Y BIOMASA.

Función	Indicador	Ponderación (%)	Sub-Total (%)
Fertilidad Biológica 20%	MO	30	100
	N	30	
	P	40	
Fertilidad Física 10%	A	20	100
	L	10	
	A	20	
	HA	30	
	Da	20	
Fertilidad Química 20%	pH	10	100
	K	20	
	Na	10	
	Mg	10	
	Ca	20	
	Ai	20	
	CICE	10	
Producción de Leguminosa 25%	MS	20	100
	PC	20	
	Ca	15	
	K	15	
	Mg	15	
	P	15	
Producción de Gramíneas 25%	MS	20	100
	PC	20	
	Ca	15	
	K	15	
	Mg	15	
	P	15	
100%			

materia seca (MS). Posteriormente fueron sometidas a sus respectivos análisis foliares (PC, P, Ca, K y Mg), de igual manera que la señalada para *Leucaena* y *Gliricidia*.

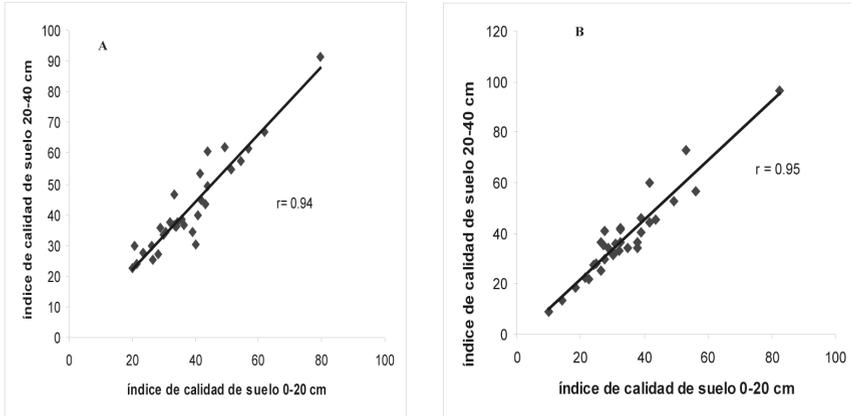
Los datos fueron valorados usando el software “Agroecosystem Performance Assessment Tool” (AEPAT), versión 1.1. (Liebig et al., 2004). El programa requiere establecer para el agroecosistema las funciones específicas del suelo. Para ello, se seleccionaron tres funciones relacionadas con la fertilidad: física, química y biológica (Etchevers et al., 2000), a cada función se le asignaron indicadores (cuadro 2), y a partir de la consulta con expertos y los resultados propios de esta investigación, se establecieron los valores óptimos (límites máximos y mínimos) para cada indicador. Se utilizó la ecuación matemática escogida por el software, para cada indicador que determina un índice de valoración entre 0 y 1; siendo 1 el mejor y 0 el peor. Posteriormente, cada una de las funciones y sus respectivos indicadores fueron ponderados en base al cien por ciento, en función de su importancia relativa. Finalmente, los resultados reportados por el AEPAT, como valores score, fueron analizados estadísticamente usando el software R commander (Fox, 2005)

Entre paréntesis: N° de los potreros; NDEP: Typic Haplustepts, suelos que ocupan la posición geomorfológica de napa de desborde sobre explayamiento de ruptura; DC: Typic Ustorthents, suelos que ocupan la posición geomorfológica de dique colmatado de difluente; ND-4: Aquic Eutrudepts, suelos que ocupan la posición geomorfológica de napa de desborde en posición baja con relación a las unidades vecinas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 2 muestra dos gráficos de dispersión, en A, para periodo recién pastoreado y en B, para el periodo de descanso. Se observa una relación lineal en ambos casos, indicando que los atributos edáficos evaluados a las dos profundidades, no muestran diferencias entre los dos periodos ($r=0,94$ y $r = 0,95$ respectivamente).

FIGURA 2. GRÁFICO DE DISPERSIÓN Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN COMPARANDO LOS MUESTREOS ENTRE 20CM Y 40CM EN LOS DOS PERIODOS. (A RECIÉN PASTOREADO Y B PERIODO DE DESCANSO).



Esto significa que en los sistemas evaluados el suelo cumple sus funciones indistintamente a una profundidad entre 0 y 20 cm. Al respecto Bertsch (1998), señala que no existe una profundidad ideal, lo importante es conocerla y por lo menos tener certeza que supera las exigencias de desarrollo radical de las plantas.

Para la comparación del comportamiento de los agroecosistemas estudiados, los resultados fueron analizados mediante los siguientes escenarios:

I- Utilizando indicadores de calidad de suelo.

Escenario uno: Periodo recién pastoreado (RP).

Escenario dos: Periodo de descanso (PD).

II- Utilizando indicadores de calidad de suelos más la producción forrajera

Escenario tres: Foliares más Periodo de descanso (FPD)

Escenario uno: Periodo Recién Pastoreado (RP).

La figura 3 muestra que de los 8 agroecosistemas evaluados, el testigo (PND4-12; representado por pasto solamente), es el que presenta

mejor índice de calidad de suelo (Aquic Eutrudepts), con mediana de 55%, a pesar de tener la mayor variabilidad, respecto a los demás. Si se observan las asociaciones Leucaena – Pasto, el tratamiento LPND4-10, sobre suelos Aquic Eutrudepts es el que tiene mejor mediana (42%), lo cual constituye el de mejor calidad de suelo para este sistema. Respecto al grupo de Gliricidia – Pasto, el tratamiento GPND4-10, sobre suelos Typic Haplustepts, fue el mejor valorado (mediana 50%) en comparación con el GPND4-10 (suelos Aquic Eutrudepts) que presentó una mediana de 38%.

A pesar de existir medianas diferentes con relación a la calidad del suelo, el análisis de la varianza detectó, que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P = 0,085$) a un nivel de significancia de 5%. El tratamiento que obtiene la media más alta es el PND4-12 (testigo) con un valor de 61,59% y error estandar de $\pm 10,22\%$ corroborando la mejor valoración del sistema desde el punto de vista de calidad de suelo. El valor más bajo lo presentó el tratamiento LPND4-12 con una media de 30.59% y un error estandar de $\pm 2.46\%$.

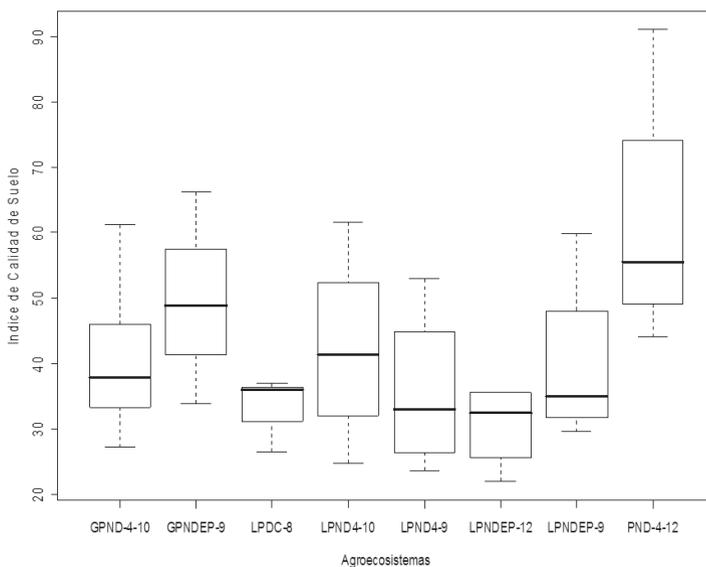


Figura 3. Gráfica de cajas de todos los tratamientos en el periodo recién pastoreado. GPND4-10 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde

(4) diez años), GPNDEP-9 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), LPDC-8 (Leucaena Pasto Dique Colmatado 8 años), LPND4-10 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 10 años), LPND4-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 9 años), LPNDEP-12 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 12 años), LPNDEP-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), PND4-12 (Pasto Napa de Desborde (4) 12 años, testigo).

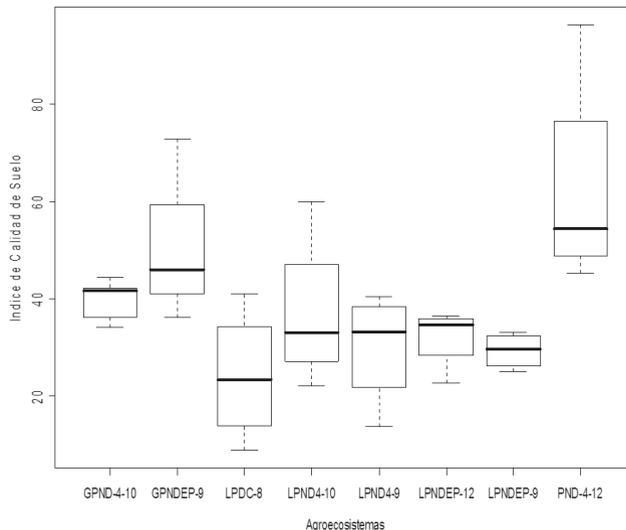
Escenario dos: Periodo de descanso (PD)

En la figura 4, el testigo PND4-12 sigue comportándose como el mejor tratamiento debido a que presentó mejor índice de calidad de suelo con una mediana de 52%, a pesar de mostrar la mayor variabilidad. Analizando solo el agroecosistema Leucaena – Pasto, los tratamientos LPND4-9, LPND4-10 y LPDC-8, presentan variabilidades similares, sin embargo el LPDC-8 en suelos Typic Ustorthents, muestra la menor mediana, catalogándose como el peor índice de calidad de suelo. Los demás tratamientos tienen medianas similares. Sin embargo, destaca que la variabilidad en los atributos evaluados es menor, con relación al período recién pastoreado. El GPNDEP-9 sobre suelos Typic Haplustepts, del grupo de las Gliricidia, posee el mejor índice de calidad de suelo y es el segundo de mayor mediana entre todos los tratamientos. Cabe destacar que los índices de calidad de suelo mostraron un ligero descenso en comparación con el período anterior a excepción de GPNDEP-9, LPNDEP-12 y PND-4-12, esto refleja el dinamismo temporal de los atributos edáficos entre los dos períodos evaluados.

Estadísticamente hubo diferencias al 5% de significancia ($P = 0,009$), entre los tratamientos, en comparación con el periodo anterior. El testigo (PND4-12), sigue presentando el mayor valor de la media (62,6%) con un error estándar de $\pm 11,48\%$, confirmando el mejor índice de calidad de suelo para este agroecosistema.

Escenario tres: Foliarés más Periodo de descanso (FPD)

La figura 5 refleja que la gráfica de caja cambia rotundamente al compararla con el periodo de descanso sin incluir la biomasa. En este caso la valoración se realizó en base al tratamiento que presentó el mejor índice de comportamiento del agroecosistema logrando esta posición los tratamientos LPND4-9, LPNDEP-12 y GPNDEP-9 con medianas de 50%, 47% y 45% respectivamente, desplazando al testigo PND4-12 que presenta una mediana de 42% y con mayor variabilidad que en los periodos anteriores. Estos resultados demuestran la ventaja que proporciona la inclusión del componente arbóreo (leguminosas) a los sistemas tradicionales de pastoreo con solo gramíneas. Los sistemas silvopastoriles (leguminosa - pasto) difieren de los basados en el monocultivo de gramíneas en que la productividad (en términos de cantidad y calidad de biomasa) incrementan con el tiempo. Además son una fuente de proteína requerida por el animal que los pastos (gramíneas) no le proveen en las cantidades que necesita (Molina et al., 2001). En investigaciones realizadas por (Urbano et al., 2006) señalan, que en los rendimientos de las leguminosas arbóreas, hay mayor oferta en leucaena (445 kg MS/ha/ciclo) que en Gliricidia (375,2 kg MS/ha/ciclo), con una utilización de estas especies superior al 80%.



Esta gráfica demuestra, que la asociación Leucaena- pasto se comporta mejor en la unidad fisiográfica ND4 en suelos (Aquic Eutrudepts) mientras que la Gliricidia – pasto en la unidad fisiográfica NDEP sobre suelos (Typic Haplustepts).

Figura 4. Gráfica de cajas de todos los tratamientos en el periodo de descanso. GPND4-10 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde (4) diez años), GPND4-9 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), LPDC-8 (Leucaena Pasto Dique Colmatado 8 años), LPND4-10 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 10 años), LPND4-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 9 años), LPNDEP-12 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 12 años), LPNDEP-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), PND4-12 (Pasto Napa de Desborde (4) 12 años, testigo).

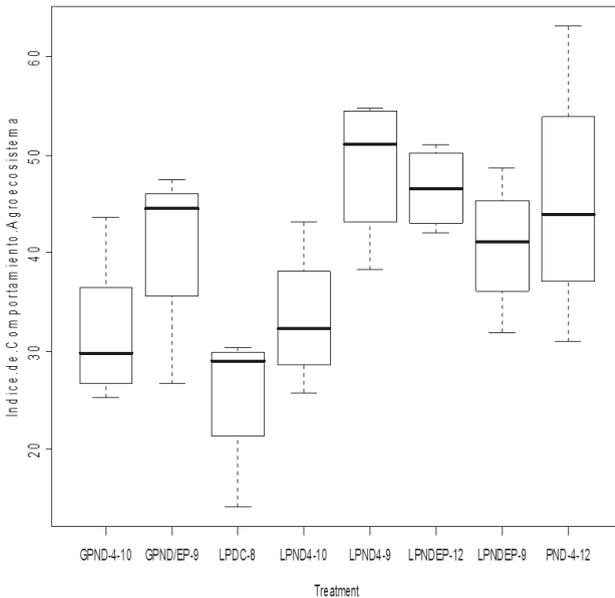


Figura 5. Gráfica de cajas de todos los tratamientos en el periodo de descanso incluyendo la biomasa (leguminosa y pasto). GPND4-10 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde (4) diez años), GPND4-9 (Gliricidia Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), LPDC-

8 (Leucaena Pasto Dique Colmatado 8 años), LPND4-10 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 10 años), LPND4-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde (4) 9 años), LPNDEP-12 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 12 años), LPNDEP-9 (Leucaena Pasto Napa de Desborde sobre Explayamiento 9 años), PND4-12 (Pasto Napa de Desborde (4) 12 años).

CONCLUSIONES

Los atributos edáficos evaluados, no mostraron diferencias entre las dos profundidades en cada uno de los periodos, esto significa que en los sistemas evaluados el suelo cumple sus funciones indistintamente a una profundidad entre 0 y 20 cm.

La unidad cartográfica ND4 sobre suelos Aquic Eutrudepts presentó el mejor índice de calidad de suelo tanto para el testigo (pasto solo) como para la asociación (Leucaena – pasto) en ambos periodos.

Para el grupo de las Gliricidia, el mejor índice de calidad de suelo se observó en la unidad cartográfica NDEP (Typic Haplustepts) para los dos periodos.

El índice de calidad más bajo lo reportó la unidad DC (Typic Ustorthents) tanto para el periodo recién pastoreado como para el de descanso.

El análisis estadístico demostró que existen diferencias a un nivel de significancia al 5% para el período de descanso al evaluar solamente el suelo.

Se demuestra que entre el período recién pastoreado y el descanso, a pesar de ser relativamente corto (entre 22 y 44 días), el índice de calidad de suelo varía ligeramente, en sus atributos edáficos.

Al incluir la biomasa, el mejor índice de comportamiento del agroecosistema lo presentan los tratamientos LPND4-9, LPNDEP-12 y GPNDEP-9, desplazando al testigo PND4-12 que reportó mejor índice de calidad de suelo en los dos primeros escenarios. Queda demostrando que la asociación Leucaena- pasto se comporta mejor en la unidad fisiográfica

ND4 en suelos (Aquic Eutrudepts) mientras que la Gliricidia – pasto en la unidad fisiográfica NDEP sobre suelos (Typic Haplustepts).

Los análisis estadísticos reportaron que al incluir la biomasa, existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos tal cual como sucedió en el segundo escenario (periodo de descanso).

BIBLIOGRAFÍA

BANDINCK, A.K. y R.P. DICK. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. *Soil Biology and Biochemistry* 31(11): 1471-1479.

BERTSCH, F.1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. 157 p.

DORAN, J. W. y T. B. PARKIN. 1994. Defining and assessing soil quality. In: J. W. Doran , D. C. Coleman, D. F. Bezdicek y B. A. Stewart. (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Spec. Pub. No. 35. ASA, CSSA y SSSA, Madison, WI.

ETCHEVERS B., J. D.; R. A. FISCHER; I. VIDAL; K. D. SAIRE; M. A. SANDOVAL; K. OLESCHKO y S. ROMÁN C. 2000. Labranza de conservación, índices de calidad de suelo y captura de carbono. In: *Memorias Simposio Internacional de Labranza de Conservación*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias- Produce Mazatlán, Sinaloa.

EWEL, J. y MADRIZ, H. 1968. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Dirección de Investigación del Ministerio de Agricultura y Cría. Caracas, Venezuela. 74 p.

FOX, J. 2005. The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. *Journal of Statistical Software*. 2005. 14: 9.

GILABERT DE BRITO, J.; LOPEZ DE ROJAS, I.; PEREZ DE ROBERTI, R., Comp. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia [análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad]. Versión preliminar. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. 164 p.

HORWITT, B. N. 1952. Determination of inorganic serum phosphate by means of stannous chloride. *J. Biol. Chem.* 199: 537-541

INFOGEO. 2005. Programa Andes Tropicales.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R. F. y SCHUMAN, G. E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of American J.* 61: 4-10.

LIEBIG, MARK A.; MARTIN E. MILLER; GARY E. VARVEL; JOHN W. DORAN y JOHN D. LLANSON. 2004. AEPAT: Software for Assessing Agronomic and Environmental Performance of Management Practices in Long-Term Agroecosystem Experiments. *Agron. J.* 96:109-115.

MALAVOLTA, E. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: Principios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

MÁRQUEZ, R. N. 1989. Estudio sobre la información básica de la finca "Judibana" Universidad de los Andes Municipio Alberto Adriani estado Mérida. 80 p.

NAIR, P. 1993. An introduction to agroforestry Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic.

REYNOLDS, S. G. 1995. Pasture – cattle – coconut systems. Bangkok, Thailand. FAO, Regional office for Asia and the Pacific.

SHEPPARD, S. C.; C. GAUDET; M. I. SHEPPARD; P. M. CURETON, y M. P. WONG. 1992. The development of assessment and remediation guidelines for contaminated soils, a review of the science. *Can. J. Soil Sci.* 72:359-394.

SINGER, M. J. y EWING, S. 2000. Soil Quality. En: Sumner, M. E. (ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida.

STUR, W. W. y SHELTON, H. M. 1991. Compatibility of forages and livestock with plantation crop. En: Shelton, H. M. y W. W. Stur (eds). *Forages for plantation crops*. ACIAR Proceedings N° 32. Pp. 112-116.

URBANO, D.; DÁVILA, C. y MORENO, P. 2006. Efecto de las leguminosas arbóreas y la suplementación con concentrado sobre la producción de leche y cambio de peso en vacas doble propósito. *Zootecnia Trop.*, 24(1):69 – 83.