

CALIDAD DE SUELO BAJO DIFERENTES USOS EN LA SUBCUENCA CALLECITAS DEL RÍO “EL CASTRERO”

Bestalia Flores¹, Adriana Florentino², Juan C. Rey¹, Jairo Ferrer³

1. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 2. Universidad Central de Venezuela, 3. Universidad Rómulo Gallegos
bestalia.flores@gmail.com; florentino.adriana@gmail.com; jcrey@inia.gob.ve; ferrerjairo9@gmail.com

Resumen

Se evaluaron propiedades físicas y químicas que regulan los procesos hidrológicos del suelo en la subcuenca Callecitas. El análisis univariado y multivariado, mostraron que los usos están afectando fundamentalmente la primera capa de suelo (hasta 20 cm). Las variables que reflejan la alteración de la calidad del suelo, están relacionadas con el flujo y almacenamiento de agua y en segundo lugar con la fertilidad; siendo la ganadería y los cultivos hortícolas, los sistemas que generan mayor impacto sobre las propiedades del suelo. Resultando la densidad aparente, porosidad, conductividad hidráulica saturada, materia orgánica, índice de separabilidad, potasio y sodio las variables indicadoras que separan los usos y que permitirán monitorear en el tiempo los cambios que los usos producen en el suelo para establecer propuestas de manejo en armonía con el ambiente.

Palabras clave: Usos, indicadores de calidad, multivariado

Introducción

El río “El Castrero”, aporta aproximadamente 40% del agua para San Juan de Los Morros, el ciento por ciento (100 %) del agua de riego que utiliza la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos y el 20% del agua que utilizan los habitantes de la zona (Cerezo, 1995). Siendo su uso fundamentalmente agrícola y los principales problemas existentes: la deforestación y degradación de bosques naturales (tala, quema, sobrepastoreo, monocultivos). Esto ha traído como consecuencia la degradación de la tierra, alteración del régimen hidrológico y biodiversidad, degradación de suelos por el pisoteo del ganado, reducción del contenido de materia orgánica y de la tasa de Infiltración (MARNR, 1996; Mayorca, 1999; Vera, 2000).

La calidad del suelo debe interpretarse o evaluarse a través de indicadores pertinentes y explicativos y sobre unidades de muestreo que posean una forma, tamaño y orientación, que resulten en una relación eficiente entre el costo del muestreo y la ganancia en términos de información útil (DeMaria, et al., 1998). En ese sentido, Larson y Pierce (1994) sugieren medir varios atributos o indicadores que controlan varias funciones en el suelo, mientras que Doran y Parkin (1994) proponen la cuantificación de la calidad del suelo usando ecuaciones de regresión que describen la relación entre los indicadores de calidad del suelo con las funciones. La escala de trabajo y la variabilidad espacial son aspectos muy importantes a considerar al momento de determinar las interrelaciones entre la calidad del suelo y sus posteriores interpretaciones, las cuales son afectadas por la variabilidad temporal y espacial. El objetivo de la investigación fue generar los indicadores de calidad de suelo que permiten monitorear los cambios en el suelos generados por los usos agropecuarios en la subcuenca Callecitas del río “El Castrero”, estado Guárico.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el sector “Callecitas” del río el Castrero, estado Guárico, Venezuela, enmarcada en las coordenadas UTM: 664500 – 670000 Este y 1090500 – 1093500 Norte, con una precipitación promedio anual de 1465 mm/año, temperatura y evapotranspiración promedio anual de 22.1 °C y 1302,4 mm respectivamente (MARNR, 1998).

Los suelos de la zona se formaron a partir de la formación “Santa Isabel”, compuesta fundamentalmente por granulitas (cuarzo – albiticas, que constituyen el 70 % de las rocas de la formación) y un 20% de esquistos cloríticos (PDVSA/INTEVEP, 2000); se clasifican como moderadamente profundos; con sitios donde la profundidad no alcanza los 30 cm., en la medida que se incrementa la pendiente. La pedregosidad superficial es una característica importante así como las afloraciones rocosas en los sitios de mayor pendiente (Flores, 2006). Los usos evaluados fueron: bosque, ganadería, hortalizas, maíz y conuco, empleándose un diseño de parcelas grandes de aproximadamente 2000 m² recolectándose 10 muestras de suelo al azar. Las variables evaluadas fueron: Distribución de tamaño de partículas (Bouyucos, modificado por Pla, 1983), densidad aparente (da), espacio poroso total (EPT), macroporos y microporos por el método del cilindro (Haines, 1930), conductividad hidráulica saturada (Ks) por el método del permeámetro de carga constante (Pla, 1983), retención de humedad (RH) (Cámara de presión de Richard), agregados estables al agua (AEA) por tamizado en húmedo (Pla, 1983). El pH se determinó mediante el uso del potenciómetro (relación suelo-agua de 1: 1), la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se determinó usando el método de acetato de amonio como solución extractante a pH 7, el calcio (Ca⁺²), potasio (K⁺), sodio (Na⁺) y magnesio (Mg⁺²) por espectrofotometría (Hesse, 1971), el nitrógeno total (NT), nitrógeno amoniacal (NA), Nitrato (N) y nitrógeno orgánico (NO) se determinó usando el método de Kjeldaj, para el carbono orgánico total se utilizando el método de Walkley y Black (1934). La selección de los indicadores se realizó con todas las variables usando el análisis discriminante, basado en la correlación del total de las variables físicas y químicas evaluadas. Las variables que resultaron correlacionadas en más de 0,40 con el componente que explicó la mayor variación fueron consideradas como indicadores. Previo al análisis de discriminante, se efectuó un análisis de varianza a fin de establecer las variables que cambiaron con el uso y manejo, usando el paquete estadístico INFOSTAT 1.1.

Resultados y Discusión

En todos los usos evaluados, se mostró un predominio de partículas de tamaño limo (>30% de limo). La textura del suelo es franca. Se encontraron diferencias significativas para las variables físicas (cuadro 1). Aun, cuando no se consiguieron valores críticos de densidad aparente, se evidencia un ligero incremento de la densidad aparente del suelo bajo uso ganadería, por lo que se considera necesario hacerle un monitoreo en el tiempo, ya que en el futuro pudiera generar posibles problemas de compactación superficial en dichos suelos, favoreciendo la escorrentía y pérdida de suelo.

El espacio poroso total (EPT) para los usos evaluados no presenta niveles críticos de poros que pudieran indicar problemas de infiltración del agua en el suelo y desarrollo de las raíces de las plantas, observándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la primera capa, presentándose los valores más altos en el uso bajo bosque seguido de maíz, mientras que en los usos conuco, ganadería y hortalizas los valores obtenidos son muy similares. Estos valores sugieren que la vegetación y los

residuos en superficie ofrecen protección al suelo frente al impacto de las gotas de lluvias, así como una acción cementante producto de la incorporación de los residuos al suelo, que unido al calcio favorecen su agregación, mejorando la tasa de infiltración y almacenamiento de agua en el mismo.

Cuadro 1. Propiedades físicas del suelo para diferentes usos

Variables	Ganadería	Hortalizas	Maíz	Conuco	Bosque
	Profundidad (cm)				
	0 - 15	0 - 15	0 - 18	0 - 20	0 - 20
Arena	48,72	49,37	41,41	46,48	37,63
Limo	37,77	35,09	35,32	38,29	51,86
Arcilla	13,51	15,54	23,27	15,24	10,51
Clase textural	F	F	F	F	F
da (Mg/ m3)	1.36 c	1.20 b	1.17 ab	1.08 a	1.08 a
EPT	61.75a	61.76 a	69.91b	64.26 ab	80.93 c
Macroporos (%)	11.85 ab	21.30 c	16.04 b	21.82 c	9.16 a
Microporos (%)	49.90 bc	40.46 a	53.87 c	42.44 ab	71.76 d
Ks (cm/h)	0.54 a	13.20 b	7.26 ab	30.55 c	1.71 a
%H -10KPa	34.03 a	38.25 a	36.43 a	35.03 a	46.07 b
%H -33KPa	30.67 a	35.02 b	32.54 ab	30.57 a	43.78 c
%H -100KPa	26.62 a	25.98 a	26.92 a	25.52 a	35.62 b
%H -1500KPa	19.00 ab	18.08 ab	20.43 b	16.87 a	23.86 c

Da: Densidad aparente Ks: Conductividad hidráulica saturada %H: Porcentaje de humedad a -10, -33,-100 y -1500 KPa

Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$)

Fuente: Flores, 2006

En los usos maíz, conuco y hortalizas, el alto porcentaje de porosidad total y macroporosidad, pueden deberse a la preparación del suelo con buey o escardilla, mientras que en el suelo con ganadería pudiese existir influencia del pasto, el cual a través de las raicillas está generando una mejor estructuración del suelo mediante la incorporación de MO. El bosque y el suelo bajo ganadería presentan valores bajos de macroporosidad, los cuales pueden estar determinados por el contenido de limo y el pisoteo del ganado, respectivamente.

Los valores de Ks son superiores a 2 cm/h, a excepción de ganadería y bosque, lo que de acuerdo con Florentino (1998) son valores muy altos a extremadamente altos, que pudiesen comprometer la capacidad de retención de agua en el suelo y con ello el aporte de agua a los acuíferos a través del tiempo, sobre todo porque se trata de una zona de altas pendientes. El bosque y la ganadería muestran los valores más bajos, debido posiblemente al contenido de limo y a posible hidrofobicidad de la MO presente en el bosque, y al pisoteo del ganado. Condición que pudiera estar impidiendo el paso del agua a través de los poros. Estos resultados difieren de los encontrados por otros autores (Corona, 1998; DeMaria *et al.*, 1998; Kladisvko 1994).

La retención de humedad es más alta en el uso bajo bosque para todos los potenciales, posiblemente debido al contenido de materia orgánica, lo que concuerda con Hussain *et al.* (1998), quienes observaron una mayor retención de humedad en los tratamientos en los primeros 8 cm del suelo.

Las variables químicas, muestran diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los usos (cuadro 2). El pH de los suelos es ligeramente ácido para todos los suelos bajo los diferentes usos; éstos oscilan entre 5.5 y 6.4, siendo el uso bajo B presenta pH más alto; este pudiese estar influido por la MO del suelo, que posiblemente, está

ejerciendo algún efecto buffer o por la presencia del calcio intercambiable el cual es superior a los demás usos.

Cuadro 2. Propiedades químicas del suelo para diferentes usos

Variables	Ganadería	Hortalizas	Maíz	Conuco	Bosque
	Profundidad (cm)				
	0 – 15	0 – 15	0 – 18	0 – 20	0 – 20
pH	5.79 a	5.80 a	5.64 a	5.54 a	6.37 b
MO (%)	2.43 b	2.18 ab	2.37 b	1.79 a	3.14 c
K+	0.43 ab	1.14 c	0.21 a	0.53 b	0.21 a
Ca+2	15.43 a	17.73 a	15.79 a	15.00 a	18.35 a
Mg+2	11.98 b	13.27 b	7.30 a	13.32 b	9.45 ab
Na+	0.15 b	0.06 a	0.08 a	0.24 c	0.05 a
NT	1591.0 a	3302.0 bc	1858.0 a	2795.0 b	3834.0 c
NH₄⁺	9.90 a	30.78 bc	15.75 ab	6.18 a	38.45 c
NO₃⁻	0.19 a	29.24 bc	13.57 abc	2.37 ab	32.95 c
NO⁻	1580.9 a	3242.0 bc	1828.7 a	2786.5 b	3762.6 c
CIC	25.29 ab	28.35 b	24.99 ab	29.64 b	21.31 a

MO= Materia orgánica

Mg⁺²= Magnesio intercambiable

NT= Nitrógeno total

NO= Nitrógeno orgánico

K⁺= Potasio intercambiable

Na⁺= Sodio intercambiable

NH₄⁺= Amonio

Ca⁺²= Calcio intercambiable

CIC= capacidad de intercambio catiónico

NO₃⁻ = Nitrato

Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas (p≤0,05)

Fuente: Flores, 2006

En cuanto a la MO, se presentan diferencias estadísticamente diferentes (p≤0,05) siendo el bosque con el mayor contenido, seguido de ganadería y maíz, en menor proporción el conuco. Se evidencia una mayor acumulación de materia orgánica en el bosque, lo que coincide con lo señalado por Florentino (2003) y Moameni *et al.*, (1998) quienes afirman que en suelos bajo bosque el mayor contenido de MO se encuentra en el horizonte superficial; también se confirma que el cambio de uso reduce los contenidos de materia orgánica, tal como lo señalado por Vera (1999). En general, los suelos presentan una alta CIC, con diferencias estadísticamente significativas (p> 0,05). En lo referente al nitrógeno total, nitrógeno mineral y nitrógeno orgánico, el bosque presenta los valores más altos, lo que se debe posiblemente a la descomposición de la MO.

En resumen, Se encontraron medias significativamente diferentes para los grupos, excepto para el calcio disponible

Indicadores de calidad del suelo

Mediante el análisis discriminante se determinó que los suelos bajo los diferentes usos son diferentes, encontrando cuatro (funciones de discriminación). Se observa que las dos primeras funciones explican el 76.3 % de la varianza (49,4 función 1) y (26,9 función 2). Con base a la técnica paso a paso, se especificaron las variables más importantes en la discriminación: da, macroporos, índice de separabilidad (ISP) y MO, las cuales están relacionadas con la penetración y retención de agua en el suelo; además del potasio (K) y sodio (Na) intercambiables (variables de fertilidad) relacionadas con el desarrollo de la vegetación. Estas variables, a excepción del ISP, son todas propiedades de suelo afectadas por el manejo.

Cuadro 3. Variables indicadoras y coeficientes de la función discriminante para el primer horizonte de suelo

Variables	Función			
	1	2	3	4
DA	3.237	-4.258	-1.990	-.937
MACRO	.315	.198	-.015	.115
KS	-.016	-.018	.007	-.013
%H -33KPa	-.120	.128	-.039	-.084
AEA	-.059	.091	.085	.041
ISP	2.103	.313	-1.259	11.704
MO	-2.163	-.963	-.819	.396
NT	.000	.002	.000	.000
K	1.624	-.219	-2.619	-1.320
NA	-.114	.710	11.724	-10.734
(Constante)	-.971	-5.202	4.904	-.025

Se aprecia como existe un claro agrupamiento de los suelos de acuerdo a su uso (Figura 1), con base a las dos primeras funciones discriminantes. Los suelos bajo bosque se presentan alejados del resto de los usos, evidenciando que son los que presentan las mejores condiciones físicas y químicas de suelo, mientras que los suelos bajo los diferentes usos evaluados están relacionados con los problemas más severos de degradación.

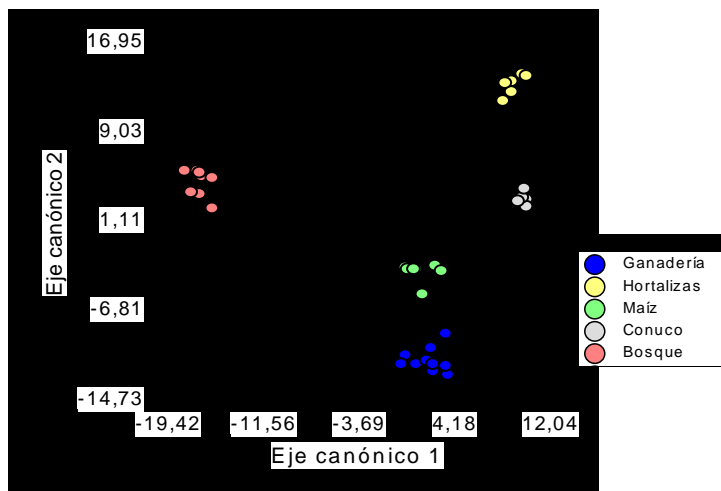


Figura 1. Ubicación de los individuos suelo con base a las funciones discriminantes 1 y 2.

Los resultados de la clasificación mostraron que los individuos usos, fueron clasificados por las funciones discriminantes con un 98 % de acierto en forma global; 100 % para los usos Ganadería, Conuco y Bosque y 80 % para Hortalizas y Maíz. Es decir, que las variables evaluadas separaron acertadamente los usos.

Conclusiones

Los diferentes usos y manejo de la tierra en el sector “Callecitas” del río el Castrero están afectando fundamentalmente la primera capa de suelo, siendo los usos ganadería y hortalizas los que ha causado un mayor deterioro tanto de las propiedades físicas como químicas del suelo. Las características del suelo más sensibles fueron la densidad aparente, la materia orgánica, macroporosidad, Potasio y sodio intercambiables total,

por lo que pueden ser empleadas como variables indicadoras para monitorear los cambios que ocurren en el suelo producto del uso de la tierra.

Referencias Bibliográficas

- CEREZO, C. (1995). Caracterización de la cuenca del Río Cerro Pelón (El Castrero), Estado Guárico. Trabajo de ascenso. UNERG. San Juan de los Morros. Estado Guárico. 57 p.
- CORONA, A. (1998). Soil quality indicators for evaluating soil degradation in the river watershed, Venezuela. Tesis de Grado para Obtener el Título de Master of Science. Universidad de Cornell. USA. 150 p.
- DEMARIA, I; VIERA, S Y DECHEN, S. (1998). Assessment of soil quality using parameter indicators. En 16º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia. 3 p
- DORAN, J, Y PARKIN, T. (1994). Defining and assessing soil quality. P. 3 – 21. En Doran et al, Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Publ. 35 SSSA. Madison, WI.
- FLORENTINO, A. (2003). Guía para la evaluación del nivel de degradación y de calidad física de los suelos: Cálculo del índice de degradación (ID) y del índice de calidad física del suelo (ICFS) para un uso sostenible de la tierra (UST). Instituto de Edafología. Facultad Agronomía. Maracay. 3 p.
- FLORENTINO, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: Selección de indicadores físicos. Valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad Agronomía. Maracay. 9 p.
- FLORES, B. Y. (2006). Impacto de los sistemas de producción agrícola sobre la calidad de suelo para la producción sostenible de agua y su relación con riesgos de desertificación en la subcuenca “callecitas del río el Castrero”, estado Guárico. Tesis de grado para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencia del Suelo. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 160 p.
- HAINES, W. B. (1930). Studies in the physical properties of soil. V. The hysteresis effect in capillary properties, and the modes of moisture distribution associated therewith. Journal of Agricultural Science, v.10, p.96-105.
- HESSE, P. R. (1971). A textbook of soil chemical analysis, Chemical Publishing Co., New York, USA.
- LARSON, W Y PIERCE, F.(1994). The dynamics of soil quality as a measure of sustainable Management. p. Environment. SSSA Spec. Publ. 35. SSSA and ASA, Madison, WI. P37-51.
- MARNR. (1998). Diagnóstico de la Cuenca “Río Cerro Pelón”. Edo. Guárico. 30 p.
- MAYORCA, A. (1999). Propuesta de ordenación de la Microcuenca El Castrero, Cuenca alta del río Guárico, edo. Guárico. Tesis de pregrado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 74 p.
- MOAMENI, A Y ZINCK, A. (1998). Application of geostatistics and remote sensing to soil quality assessment in a semi- arid environment of Iran. En 16º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia.
- PLA, I. (1983). Metodologías para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance Nº 32. Universidad Central de Venezuela. 91p.
- VERA, E. (2000). Análisis de sensibilidad ambiental como instrumento de ordenamiento territorial de la microcuenca el castrero, Estado Guárico. Trabajo de grado para optar al título de Magíster Scientiarum en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. 99 p.
- WALKLEY, A. E I. BLACK. (1934). An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 34: 29-38.