

CAMBIOS EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO BAJO DIFERENTES USOS EN LA SUBCUENCA CALLECITAS DEL RÍO “EL CASTRERO”

Bestalia Flores¹, Jairo Ferrer², Adriana Florentino³

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

Resumen

Para evaluar el efecto de diferentes usos de tierra sobre las propiedades físicas del suelo se seleccionó la subcuenca “Callecitas” en el Estado Guárico, la cual presenta un progresivo deterioro de los recursos naturales, así como un incremento acelerado de usos intensivos, los cuales ponen en riesgo la producción sostenible de agua en calidad y cantidad. Las variables evaluadas mostraron que producto del sobrepastoreo y el incremento de la actividad agrícola, se ha generado una reducción significativa de la vegetación natural de la zona, con poca protección al suelo, cambios en las propiedades físicas como, densidad aparente, conductividad hidráulica, porosidad del suelo y macroporosidad; afectando la infiltración y retención de agua en el suelo, favoreciendo la pérdida de agua por escorrentía y el arrastre de partículas de suelo. Dicha problemática afecta la calidad y producción de agua en el tiempo.

Palabras claves: Sobrepastoreo, sostenibilidad, calidad de suelo, producción de agua

Introducción

Los estudios sobre los efectos del cambio de uso de la tierra sobre las propiedades físicas de los suelos han presentado poco énfasis en zonas montañosas de Venezuela, a pesar de su importancia en la conservación y manejo de los suelos.

La cuenca del río “El Castrero” presenta un uso fundamentalmente agrícola, lo cual ha generado problemas de degradación de bosques naturales producto de la tala, quema, sobrepastoreo y monocultivos, con la consecuente “sabanización”, alteración del régimen hidrológico y biodiversidad, degradación de suelos por pisoteo del ganado y uso intensivo, ocasionando la reducción del contenido de materia orgánica y de la tasa de infiltración (MARNR, 1996; Mayorca, 1999; Vera, 2000).

Es reconocido que la variabilidad espacial de las propiedades físicas e hidrológicas, de manera natural y/o por efecto de la actividad antropica, así como la variación topográficas del suelo y la modificación de la vegetación afectan los procesos hidrológicos (Ateca et al., 2007). La fracción de porosidad total que contribuye al flujo de agua influye en la profundidad a la que el agua penetra en el suelo después que infiltra (Lin et al., 1996). Las propiedades físicas del suelo, están altamente ligadas con la entrada, flujo y almacenamiento de agua en el perfil. El presente trabajo pretende evaluar el efecto de los usos sobre las propiedades físicas del suelo en la subcuenca “Callecitas”, estado Guárico.

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el sector “Callecitas” del río el Castrero, estado Guárico, Venezuela. Abarca una superficie de 701 has aproximadamente, enmarcada en las coordenadas UTM: 664500-670000 Este y 1090500-1093500 Norte. La precipitación promedio anual de 1465 mm, 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, siendo la pedregosidad superficial es una característica importante así como las afloraciones rocosas en los sitios de mayor pendiente, (Flores, 2006). Desde el punto de vista de fertilidad los suelos son moderadamente a ligeramente ácidos, muy bajos en fósforo (0 - 5 mg/Kg), calcio medio a alto (5 – 20 cmol/Kg), magnesio alto (> 8cmol/Kg) y contenidos de materia orgánica medianos (2 – 4 %). 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), 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 franco a franco limoso predominó en todo el perfil, el contenido de arcilla en muchos de los casos, no supera el 10 %. Se encontraron diferencias significativas para las variables físicas (cuadro 1), con mayor significancia en el primer horizonte.

La densidad aparente, no arrojó valores extremos bajo los diferentes usos de acuerdo con el grupo textural. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos evaluados para el primer horizonte (cuadro 1). El uso ganadería presenta los valores más altos (1.40 Mg/m³), esto puede causar la reducción de la tasa de infiltración y flujo de agua en el suelo, disminuyendo el almacenamiento de agua en los estratos inferiores, así como el desarrollo de la vegetación (DeMaria *et al.*, 1998), encargada de reducir la energía cinética de la lluvia; esto traería como consecuencia un incremento de la escorrentía, que, aunado a las altas pendientes de la zona, acrecentaría los riesgos de erosión en la cuenca y sedimentación de una de las principales quebradas que alimentan al río “El Castrero”, comprometiendo de esa manera la producción de agua tanto en cantidad como en calidad, situación que reviste importancia dado que la ganadería representa el uso más generalizado en el área (ocupando aproximadamente un 90 % de la cuenca) y la intensificación del sobrepastoreo deteriora cuantitativamente la estructura y productividad de los pastos y reduce la biodiversidad biológica; mientras que en la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos, lo que refleja que estos afectan fundamentalmente los primeros 20 cm de suelo.

Cuadro 1. Propiedades físicas de los suelos para diferentes usos.

Donde: TUT= Tipo de Utilización de La Tierra; Prof= Profundidad; Da= Densidad Aparente; EPT= Espacio Poroso Total; Macrop= Macroporos; Microp= Microporos; Ks= Conductividad Hidráulica Saturada.

TUT	Prof. (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Da (Mg/m ³)	EPT (%)	Macrop (%)	Microp (%)	Ks (cm/h)
Ganadería	0 – 15	13.51	37.77	48.72	F	1.36 c	61.75a	11.85 ab	49.90 bc	0.54 a
	15 – 25	17.04	41.03	41.93	F	1.37 a	62.05 ab	10.25 a	51.80 ab	1.55 ab
	>25	22.97	46.91	30.12	F	1.40 a	61.90 ab	8.66 abc	53.24 a	0.92 a
Hortalizas	0 – 15	15.54	35.09	49.37	F	1.20 b	61.76 a	21.30 c	40.46 a	13.20 b
	15 – 25	18.11	36.40	45.49	F	1.31a	62.59ab	12.65 a	50.34 a	4.44 b
	>25	19.04	37.69	43.27	F	1.36a	57.09 a	10.42 bc	46.67 a	0.90 a
Maíz	0 – 18	23.27	35.32	41.41	F	1.17 ab	69.91b	16.04 b	53.87 c	7.26 ab
	18 – 30	20.61	40.66	38.73	F	1..31a	73.67 b	8.04 a	65.63 b	0.82 a
	>30	28.26	42.64	29.10	F	1..33 a	72.15 b	6.15 a	66.00 b	0.37 a
Conuco	0 – 20	15.24	38.29	46.48	F	1.08 a	64.26 ab	21.82 c	42.44 ab	30.55 c
	20 – 32	17.38	39.14	43.48	F	1.25 a	60.98 a	12.08 a	48.90 a	2.21 ab
	>32	16.49	37.45	46.06	F	1.26 a	61.75 ab	12.49 c	49.25 a	1.88b
Bosque	0 – 20	10.51	51.86	37.63	F	1.08 a	80.93 c	9.16 a	71.76 d	1.71 a
	20 – 42	16.86	62.61	20.53	FL	1.30 a	62.90 ab	9.55 a	53.35 ab	0.88 a
	>42	21.44	53.69	24.86	FL	1.30 a	67.22 ab	8.01 ab	59.21 ab	0.71 a

Letras distintas difieren estadísticamente ($p \leq 0,05$).

El espacio poroso total para los usos evaluados no presenta niveles críticos de poros que pudiesen indicar problemas de infiltración del agua en el suelo y desarrollo de las raíces de las plantas, observándose diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 1) 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. En los usos maíz, conuco y hortalizas, el alto porcentaje de porosidad total puede deberse a la preparación del suelo con escardilla o buey, mientras que, en el uso ganadería pudiera existir influencia del pasto, el cual a través de las raicillas está generando una mejor estructuración del suelo mediante la incorporación de materia orgánica, tal como lo reflejan algunos investigadores.

Para el segundo horizonte continúan las diferencias significativas entre los usos (cuadro 1). El uso bajo maíz presenta los valores más altos de porosidad en relación al resto de los usos, sin embargo, estas diferencias no son tan marcadas y guardan alguna relación. En el tercer horizonte no se observan diferencias significativas entre los usos.

Respecto a la macroporosidad se presentan valores críticos (<10%) en el uso bosque posiblemente debido a que al mayor contenido de limo (> 30 %) presente en este suelo. Se observan diferencias significativas en la primera capa para los diferentes usos evaluados (cuadro 1). Los usos conuco y hortalizas presentan los valores más altos, mientras que maíz, ganadería y bosque muestran valores similares. Es importante resaltar que estos resultados contradicen los valores encontrados por DeMaria *et al.*, (1998) y Corona (1998), quienes al comparar el contenido de macroporos, bajo diferentes usos, encontraron que bajo bosque el contenido de macroporos es mayor.

Los valores arrojados por los usos ganadería y bosque, pudiese afectar el flujo de agua dentro del perfil y pueden ser considerados críticos principalmente en caso del uso ganadería, el cual a inicios de las lluvias cuenta con muy poca cobertura que le brinde protección al suelo, facilitando el sellado, la escorrentía y las pérdidas de suelo por erosión en relación al bosque. En el caso de hortalizas, maíz y conuco, los cuales son sometidos a

prácticas de arado con buey o escardilla, la presencia de poros no capilares ($> 30 \mu\text{m}$ de diámetro) son de alto a muy alto, lo cual puede afectar la retención de agua en el suelo, el anclaje de las plantas haciéndolas más susceptibles al viento, produciendo acame y reducción del rendimiento de los cultivos.

En la segunda y tercera capa, aún cuando se presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los usos (cuadro 1). En el segundo horizonte, el uso maíz presenta los valores más bajos de macroporosidad, lo que pudiese sugerir una posible capa compactada a partir de los 20 cm de profundidad.

Para la tercera capa, al igual que las capas anteriores, continúan las diferencias entre los usos. El uso conuco arrojó el mayor porcentaje de macroporos; ganadería y hortalizas muestran valores similares y bosque valores intermedios entre estos últimos mientras que el maíz reporta los valores más bajos de macroporos. Estos resultados indican que en el caso del uso maíz estaría mostrando tendencia a la compactación de los suelos a partir de la segunda capa. En el caso del bosque, el contenido de limo ($>30\%$) pudiera estar incidiendo en la agregación del suelo en las capas más profundas, lo cual no es tan evidente en el primer horizonte, debido posiblemente al contenido de materia orgánica que estaría mejorando la agregación del suelo.

Los resultados de microporosidad muestran diferencias significativas entre los usos ($p \leq 0,05$) para el primer horizonte (cuadro 1), siendo el bosque el que presenta los valores más altos de microporos, seguido de la ganadería y maíz, mientras que las hortalizas expresan los valores más bajos y conuco valores intermedios. Los valores más bajos de microporosidad en conuco, se deben posiblemente al grado de disturbación a la que es sometido el suelo durante las labores de cosecha. En la segunda y tercera capa de suelo siguen las diferencias significativas entre los usos. El maíz, arrojó los valores más altos de microporos, seguido del bosque; lo cual favorece la retención y almacenamiento del agua en el suelo garantizando de esa manera la recarga de las fuentes de agua.

La conductividad hidráulica saturada (K_s) es superior a 2 cm/h, para los usos hortalizas, conuco y maíz, mientras que el bosque y la ganadería exhiben valores bajo en el primer horizonte. Los resultados de K_s obtenidos en hortalizas, conuco y maíz, son valores muy altos a extremadamente altos (Florentino, 1998), y 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.

Se observan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los usos en la primera capa notándose que el conuco presenta los valores más altos de K_s (cuadro 1), posiblemente debido a la alteración del suelo durante la preparación y cosecha de cultivos de raíces como yuca y ocumo que al momento de la cosecha requieren de la completa disturbación del suelo; bosque y ganadería muestran los valores más bajos, posiblemente debido al contenido de limo y pisoteo del ganado respectivamente, lo que pudiera estar impidiendo el paso del agua a través de los poros. Estos resultados difieren de los encontrados por Corona (1998).

En la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos; las hortalizas y el conuco presentaron los valores más altos de K_s (cuadro 1), lo que razonablemente se debe en el caso de hortalizas, a el uso de escardilla frecuentemente para el establecimiento del cultivo mientras que el conuco por la conformación de cultivos de raíz, los cuales al momento de la cosecha ocasionan la disturbación del suelo, causando su desagregación.

Conclusiones

Se encontró que el uso y manejo de la tierra están afectando las propiedades físicas de los suelos, principalmente la capa superficial. Producto del sobrepastoreo y el incremento de la actividad agrícola, se ha generado la degradación de algunas propiedades físicas de los suelos, favoreciendo la escorrentía y arrastre de partículas, afectando la infiltración y almacenamiento de agua en el suelo.

Referencias bibliográficas

- ATECA, M. R., A. M. AOKI Y R. SERENO. (2007). Movimiento del agua en el perfil de un Haplustol bajo condiciones de bosque nativo y monocultivo de soja. *Terra Latinoamericana* [en línea], vol. 25 [citado 2011-07-02]. Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57325306>. ISSN 1870-9982.
- BLAKE, G.R., K.H. HARTGE, (1986). bulk density. in a. klute (ed.) *methods of soil analysis, part i. physical and mineralogical methods. agronomy monograph n ° 9*, p. 363-375.
- 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., S. VIERA, Y S. DECHEN. (1998). Assessment of soil quality using parameter indicators. En 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia. 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 los riesgos de desertificación en la Subcuenca “Callecitas” del Río “El Castrero”, Estado Guárico. Tesis de M. Sc. UCV. FAGRO. Maracay. 144p.
- 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.
- LIN, H. S., K. J. MCINNES, L. P. WILDING y A. C. HALLMARK. (1996). Effective porosity and flow rate with infiltration at low tensions into a well-structured subsoil. *Trans. ASAE* 39: 131-133.
- MARNR. (1998). Zonificación agroclimática del Estado Cojedes y del Estado Guárico. Dirección general sectorial de información e investigación del ambiente. Dirección de Hidrología y Meteorología. División de estudios e investigación. Caracas. Vol. 1B. 140 p.
- MAYORCA, A. (1999). Propuesta de ordenación de la microcuenca el Castrero, Cuenca alta del río Guárico, estado Guárico. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UCV.-Maracay. 74 p.
- PETRÓLEOS DE VENEZUELA S.A.-PDVSA. (2000). Léxico estratigráfico de Venezuela. <http://www.pdv.com/lexico/lexico.htm>.
- 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* N° 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.