

CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE DOS SUELOS BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE USO Y MANEJO EN QUÍBOR ESTADO LARA

Betty Mendoza¹, **Adriana Florentino**²

¹ Dpto. de Química y Suelos, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Cabudare, Venezuela (bmendoza@ucla.edu.ve). ² Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. florentino@agr.ucv.ve

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del uso y fertilización con abono orgánico sobre la calidad física, química y biológica de dos suelos bajo uso agrícola en la Depresión de Quibor, estado Lara. Un suelo bajo cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), considerado sistema convencional (CV) y uno bajo cultivo de pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) por 8 años ininterrumpidos, considerado manejo conservacionista (CS); para cada uno se tomó como referencia el suelo correspondiente bajo bosque natural. Los resultados demostraron que los indicadores biológicos y químicos fueron más sensibles que los físicos a los cambios de manejo de suelo. El índice de degradación del suelo por estrato permitió concluir que el suelo CV presentó el mayor nivel de degradación en relación al suelo no intervenido, y que CS presentó la mayor recuperación de la calidad del suelo, superando, en algunos atributos, al suelo de referencia bajo bosque natural.

Palabras clave: Actividad biológica, calidad de suelo, Depresión de Quíbor, materia orgánica, zonas semiáridas.

INTRODUCCIÓN

De la producción agrícola nacional, el 75,8 % de cebolla, 67,5 % de pimentón y el 25,4 % de tomate se produce en el estado Lara, representando el Valle de Quibor un área agrícola muy importante en este estado, siendo el primer productor de cebolla (68,5 %), segundo de tomate (16,9 %), cuarto de pimentón (9,88 %) y quinto de caraota (7,3 %) (FUDECO, 2004). Desde hace mucho tiempo existe una gran preocupación por la disminución de la capacidad productiva de estos suelos, los cuales son afectados por las lluvias erráticas características de la zona y las prácticas convencionales de preparación de tierras, que han deteriorado las condiciones estructurales de los suelos (Ohep, 2001). Obviamente, en este contexto se han visto afectados negativamente los tres pilares de la sostenibilidad: económico, ambiental y social.

Toda esta situación ha llevado a que, en ciertas unidades de producción de la zona, se hayan adoptado algunas prácticas alternativas de manejo (conservacionistas), tales como: rotación de cultivos, incorporación de materiales orgánicos al suelo y barbecho que ya se practicaba desde hace mucho tiempo en el Valle, incluso en algunos casos se ha recurrido a cambios en el patrón de uso con introducción de otros cultivos, como patilla, maíz dulce, pasto, soya y cilantro, entre otros.

Sin embargo, actualmente no existen estudios que realmente demuestren o indiquen que estos cambios en los sistemas de producción y manejo, especialmente con relación a la aplicación de grandes cantidades de materia orgánica como tecnología alternativa, hayan mejorado significativamente la calidad de dichos suelos, tal como se esperaría que ocurriese, según lo señalado en la literatura con relación a la influencia de la materia orgánica sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo

(Hernández *et al.*, 2000), siendo ésta una de sus principales limitaciones. Por lo cual, se planteó como objetivo de este trabajo evaluar la calidad física, química y biológica de dos suelos bajo diferentes sistemas de manejo como respuesta a la aplicación de enmiendas orgánicas en esta localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la revisión de estudios previos, (Pérez *et al.*, 1995), de recorridos de campo, entrevistas con agricultores e investigadores de la zona, se seleccionaron dos áreas bajo manejo agrícola: Sistema Convencional (CV) y Sistema Conservacionista (CS) y, para cada uno de ellos, su área de referencia más cercana: Vegetación natural para CV (VNCV) y Vegetación natural para CS (VNCS), todas en el Valle de Quibor, estado Lara. El sistema de producción CV consistió en un esquema de siembra de cultivos en rotación: cebolla (*Allium cepa* L.) - maíz dulce (*Zea mays*) — tomate (*Lycopersicon esculentum*) - cebolla, permitiendo un tiempo de descanso del suelo de 6 a 10 meses entre cosecha. Durante el cultivo se realizaron aplicaciones de diferentes pesticidas y fertilizantes químicos, también se aplicó de 15 a 20 Mg ha⁻¹ de enmiendas orgánicas (compost) preparado directamente en la finca. El riego se hizo por surco en forma de serpentín. El suelo en CS había sido sembrado 8 años antes con pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), también con aplicación de compost y riego en melgas.

El muestreo de suelo se hizo en un área representativa de 900 m² (30 m * 30 m), muestreando 9 puntos distribuidos en cuadrículas equidistantes 10 m entre ellos. En cada punto se tomaron muestras de igual volumen, con tres repeticiones por punto. En el caso de las áreas no intervenidas, solamente se muestrearon tres puntos con tres repeticiones, ya que sus valores fueron utilizados solo como referencia.

La profundidad de muestreo se definió directamente en campo, a partir de la diferenciación de estratos en el perfil de suelo. En CV se hizo un corte horizontal en el camellón, al nivel donde se encontraba sembrada la cebolla, tomando éste como punto inicial para la profundidad de muestreo hasta los primeros 5 cm, luego de 5 a 18 cm y 18 a 50 cm. En CS se cortó la biomasa aérea del cultivo y se tomaron muestras de 0 – 5, 5 – 12, 12 – 50, >50 cm; este mismo criterio se utilizó en los suelos de las áreas no intervenidas.

En cada estrato se tomaron muestras disturbadas y no disturbadas para los análisis de laboratorio: distribución de tamaño de partículas y textura del suelo por el método de Bouyoucos con hidrómetro; densidad aparente, conductividad hidráulica saturada, porosidad total, distribución de poros, macroporos (Mac) y microporos (Mic), por los métodos de referencia descritos en Pla, (1983); índice de separabilidad de partículas minerales del suelo (ISP) de acuerdo a Florentino (1998). La estabilidad de los agregados de suelo, por tamizado en húmedo (Florentino y Sierra (2007), separando agregados mayores y menores a 0,25 mm. Reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica (CE) se midieron en suspensión suelo:agua 1:1. El carbono orgánico (CO) por el método de Walkey y Black modificado (ICA, 1989). El nitrógeno total (N) por Bremner (1996). El fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) disponible se determinaron a partir de la solución extractora de Mehlich 1, de acuerdo a la metodología del laboratorio de suelos UCV-Instituto de Edafología, (1993). La capacidad de intercambio catiónico por el método del acetato de sodio a pH 8,2 (ICA, 1989).

La respiración basal (C-CO₂) según el método descrito por Alef (1995). El contenido de carbono proveniente de la biomasa microbiana (CBm) mediante el método de

fumigación-extracción modificado de Vance *et al.* (1987). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

Metodología para la selección de indicadores de calidad de suelo: Se utilizaron los datos de los cuatro sistemas de manejo y se hizo un análisis de componentes principales (ACP) por estrato, basado en la correlación con casi la totalidad de los atributos físicos, químicos y biológicos evaluados. Para los dos primeros estratos de los 29 atributos determinados, incluyendo las relaciones C/N, CBm/CO, Mac/Mic, CO/Arcilla (CO/A), Ca/Mg, Ca/K, Ca/MO y el IS, en el ACP no se incluyó la MO por poseer una relación directa con el CO, por lo que se basó en la correlación de un total de 28 atributos.

Para la selección de los indicadores se tomó como premisa escoger aquellos atributos que resultaron correlacionados en más de 0,68 con el componente que explicó la mayor variación (Torres *et al.*, 2006).

Una vez seleccionados los indicadores se le dio una cuantificación a cada uno con el objeto de establecer categorías en función de los sistemas de manejo evaluados; para lo cual se consideraron los criterios de: Florentino, (1998); los referenciados por Torres *et al.*, (2006) y los niveles críticos de referencia de cada método o determinación, estableciendo cinco categorías para cada indicador, con valores de 1, 2, 3, 4 y 5 para las condiciones de más a menos favorable. Posteriormente, se obtuvo la clase o nivel de degradación para los indicadores químicos, físicos y biológicos.

El valor de probabilidad utilizado en el estudio fue de $P < 0,05$. Para los análisis estadísticos se trabajó con el paquete estadístico computarizado INFOSTAT (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer estrato, el análisis de componentes principales (ACP) mostró que los dos primeros componentes explicaban el 75 % de la variación de los datos (Figura 1), 42% el componente principal 1 (CP1) y 33 % el componente principal 2 (CP2), por lo cual se analizaron solamente estos dos componentes, tanto para estudiar la estructura de asociación como para el análisis de correlación con las variables originales, con el fin de seleccionar los indicadores (Mendoza, 2010).

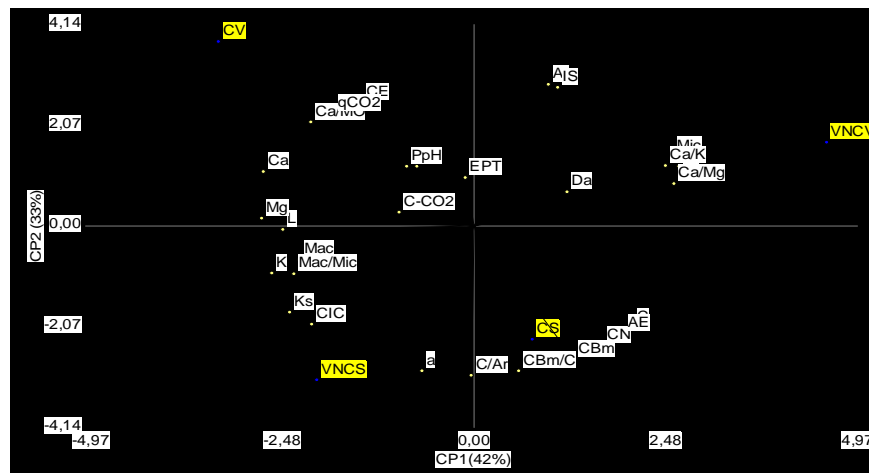


Figura 1. Distribución en el plano de los atributos de suelo evaluados mediante análisis de componentes principales y su contribución relativa para la separación de los sistemas de manejo en el primer estrato.

Los atributos que resultaron correlacionados en más de 0,68 con el CP1 fueron: los químicos CIC (-0,72), CO (0,70), NT (0,91), K (-0,90), Ca (-0,93), Mg (-0,94), relación Ca/K (0,85), Ca/Mg (0,89), Ca/MO (-0,72); y físicos, macroporosidad (-0,77), microporosidad (0,88), Ks (-0,81), relación Mac/Mic (-0,80) por lo que fueron determinantes en la diferenciación de los sistemas de manejo. Los atributos con valores de correlación negativa tienen mayor valor en el sistema CV. Uno de ellos es el qCO_2 que es un indicador de estrés de los microorganismos del suelo (Wichern et al., 2006).

En el CP2, al analizar la variación se observó, que los atributos químicos, CE (0,82), CO (-0,68), C/N (-0,79), Ca/MO (0,69), CO/A (-1); físicos IS (0,92), AE (-0,72); y los biológicos CBm (-0,89), qCO_2 (0,75), CBm/CO (-0,97) explican la variación de los datos. Los sistemas de manejo CV y VNCV presentan valores más altos de A, IS y Mic que CS y VNCS, por lo que estas variaciones están más asociadas a cambios en la distribución de tamaño de partículas de los suelos, que a cambios en el manejo. Sin embargo, los atributos CO/A, AE, CBm y CBm/CO que son más altos en CS y VNCS en comparación a CV y VNCV, manifiestan el efecto del manejo en la estructuración de los grupos, así como la CE, Ca/MO y el qCO_2 , que son mayores en el sistema convencional.

En el segundo estrato, se observó que a lo largo del CP1 los atributos químicos CE (0,95), P (0,9), NT (0,95), CO/A (-0,90); físicos EPT (-0,76), Mac (-0,77), Mac/Mic (-0,83), A (0,89), L(-0,75) e IS (0,87); y los biológicos C- CO_2 (0,76), qCO_2 (0,81) fueron los más sensibles a los cambios producto del uso de la tierra, evidenciándose que en este estrato la textura de los suelos no es tan determinante como el manejo en la separación de los grupos. En los dos últimos estratos también los dos primeros componentes explican más del 75 % de la variación de los datos. En el CP2 se separan dos grupos el primero conformado por VNCV, CS y VNCS, estos últimos muy cercanos, y el segundo por CV. Los atributos con correlación positiva CO/A (0,91), CO (0,93) y C/N (0,91) son mayores en el primer grupo y los de correlación negativa Ca (-0,84), Ca/MO (-0,95), Ks (-0,95) en CV. Aún a esta profundidad el manejo sigue estableciendo diferencias en los suelos estudiados, especialmente entre el CV y su correspondiente suelo de referencia. Una vez seleccionados los indicadores químicos, físicos y biológicos por estrato, se determinaron los valores promedios, su coeficiente de variación (Cov) y cuales cambiaron con las prácticas de manejo, para establecer los valores críticos de cada indicador, considerando cinco categorías de acuerdo a la severidad de la degradación: muy baja, baja, media, alta y muy alta con valores de 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Los indicadores químicos, físicos y biológicos fueron sensibles a los cambios de manejo, pero los más sensibles fueron los biológicos (Cuadro 1).

En concordancia con esto, Diack y Stott (2001), al desarrollar índices de calidad de suelos bajo diferentes sistemas de manejo, concluyeron que debido a las grandes diferencias y respuestas significativas de las propiedades biológicas a las diferentes prácticas de manejo, éstas parecen ser mejores indicadores de calidad con respecto a la erosionabilidad del suelo. Así mismo, Abril (2003) al comparar situaciones de explotación muy contrastantes: impacto alto (negativo y positivo), impacto intermedio, bajo y restauración, en dos ecosistemas: Bosque Chaqueño y agroecosistema de Espinal, encontró que los parámetros biológicos (respiración edáfica y abundancia de grupos funcionales) fueron más sensibles que los químicos (materia orgánica, pH y nitrato), indicando que esto se observa especialmente frente a situaciones de bajo impacto y cortos períodos de tiempo a partir de la alteración, debido a que el contenido de MO, varía muy lentamente y solo es posible detectar cambios a largo plazo.

En CV la intervención del hombre aunque ha contribuido a mejorar su calidad desde el punto de vista de fertilidad química, considerando NT, P, K, Ca y Mg, ha prevalecido el daño ocasionado sobre el contenido de sales, EPT, % AE y los atributos biológicos del suelo. Mientras que en CS la intervención del hombre con el cultivo del pasto bermuda ha sido positiva, es decir, que ha contribuido a mejorar las condiciones del suelo, incluso superando las condiciones del suelo de referencia bajo vegetación natural.

Cuadro 1. Valoración del índice de degradación y clase de calidad del suelo como resultado de todos los indicadores relevantes.

Indicadores	Estrato	CV	VNCV	CS	VNCS
Químicos (Sumatoria del valor de la clase de degradación)	1	36	36	17	26
	2	36	40	22	35
	3	36	39	34	35
	4	42	44	34	35
Físicos (Sumatoria del valor de la clase de degradación)	1	16	13	13	10
	2	19	17	13	16
	3	16	13	13	12
	4	12	11	12	12
Biológicos (Sumatoria del valor de la clase de degradación)	1	14	6	4	3
	2	13	7	5	8
Total (Químicos+Físicos+Biológicos)	1	66	55	34	39
	2	68	64	40	59
	3	52	52	47	47
	4	54	55	46	47
Valor del índice de degradación	1	0,69	0,58	0,36	0,41
	2	0,72	0,67	0,42	0,62
	3	0,69	0,69	0,63	0,63
	4	0,72	0,73	0,61	0,63
Intensidad de la degradación	1	AL	M	B	M
	2	AL	AL	M	AL
	3	AL	AL	AL	AL
	4	AL	AL	AL	AL
Valor del índice de calidad del suelo	1	1,44	1,73	2,79	2,44
	2	1,40	1,48	2,38	1,61
	3	1,44	1,44	1,60	1,60
	4	1,39	1,36	1,63	1,60
Calidad del suelo	1	B	M	AL	M
	2	B	B	M	B
	3	B	B	B	B
	4	B	B	B	B

CV: manejo convencional; VNCV: vegetación natural referente a manejo convencional; CS: manejo conservacionista; VNCS: vegetación natural referente a manejo conservacionista; AL: alta; M: media; B: baja.

Los resultados demuestran que para los suelos estudiados, la mayoría de los atributos químicos, físicos y biológicos evaluados permiten medir la susceptibilidad de los suelos a la degradación, es decir que sirven como indicadores de calidad de suelo, integrándose cuantitativamente en un solo índice la condición del suelo. Encontrando que en el caso de CV se deben cambiar las prácticas de manejo y uso de la tierra para evitar: a) la degradación química, impidiendo la salinización del suelo, b) la degradación física, promoviendo la formación de agregados estables y c) la degradación biológica favoreciendo el desarrollo de la biomasa microbiana, logrando así la recuperación y sostenibilidad del sistema.

CONCLUSIONES

- La diferencia en la calidad de los suelos estudiados, como consecuencia del manejo, se observa fundamentalmente en las capas superiores del perfil. El suelo bajo manejo convencional fue el más degradado y el conservacionista con pasto mostró una gran recuperación de sus atributos, resultando ser el suelo con mayor calidad.
- Los indicadores químicos, físicos y biológicos fueron sensibles a los cambios de manejo, destacando como los más sensibles los indicadores biológicos. Entre los físicos el más sensible fue el % de macroagregados estables.
- Las propiedades biológicas permitieron detectar diferencias entre ambos suelos intervenidos y sus correspondientes suelos de referencia, encontrándose una mayor diferencia en el suelo bajo manejo convencional que en el suelo bajo manejo conservacionista.

Agradecimientos: Se agradece al FONACIT por el apoyo económico recibido para la realización de esta investigación a través del Proyecto G-2002000557, así como a la OPSU, CDCHT/UCLA y al Ing° José Luis Gutierrez, Gerente de la Finca “Caujaral” por todo el apoyo prestado.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRIL A. (2003). ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas?. *Ecología Austral*. 13:195-204.
- ALEF, K. (1995). Soil respiration. En: Alef, K.; P. Nannipieri. (Eds). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. Harcourt Brace & company, Publishers. p. 214-217.
- BREMNER, J. (1996). Nitrogen-total. In: D. L. Sparks (Ed.). *Methods of Soil Analyses*. Part 3. Chemical Methods. ASA, SSS América, CSSA INC. Wisconsin, EUA. Pp 1085 – 1121.
- DIACK, M. Y D. E. STOTT. (2001). Development of a soil quality index for the Chalmers silty clay loam from the midwest USA. In: *Sustaining the global farm—Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting (ISCO99)*. In: D. E. Stott, R. H. Mohtar, y G. C. Steinhardt (Eds), International Soil Conservation Organization in cooperation with the USDA and Purdue University. 550-555. West Lafayette, USA.
- FLORENTINO, A. Y A. SIERRA. (2007). Evaluación de la estabilidad y distribución de agregados de diferentes suelos bajo uso agrícola en Venezuela: Calibración y modificación del método de tamizado en húmedo. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, 7 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 de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay. 8 p.
- FUDECO. (2004). Dossier Estado Lara. Barquisimeto Edo. Lara. P. 21-22.
- HERNÁNDEZ R., A. FLORENTINO Y D. LÓPEZ. (2000). Efectos de la siembra directa y la

labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de un ultisol en el estado Guárico-Venezuela. *Agron. Trop.* 50 (1): 9-29.

INFOSTAT (2002). InfoStat, versión 1.1. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO-ICA. (1989). Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. ICA. Manual de Asistencia Técnica N° 47. Bogotá. 236 p.

MENDOZA, B. (2010). Efecto de la aplicación de abono orgánico sobre la calidad física, química y biológica de dos suelos bajo diferentes sistemas de uso y manejo en la zona árida, Quibor estado Lara. Tesis de Doctorado, Postgrado en Ciencia del Suelo, Facultad de Agronomía-UCV, Maracay, 222 p.

OHEP, C. (2001). Cambios en la calidad del suelo por el uso continuo de la labranza conservacionista en un Alfisol del Yaracuy Medio. Tesis de doctorado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. 225 p.

PÉREZ, J. R., R. SCHARGEL, J. M. GÓMEZ Y C. OHEP. (1995). Estudio semidetallado de suelos a nivel de series del valle de Quíbor. Barquisimeto: Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor. Venezuela. 78 p.

PLA, I. (1983). Metodología para la caracterización Física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales, *Rev. Fac. Agron. Alcance* N° 32. Maracay (Venezuela). 90 p.

TORRES, D., A. FLORENTINO Y M. LÓPEZ. (2006). Indicadores e índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Bioagro.* 18(2): 83-91.

UCV-INSTITUTO DE EDAFOLOGÍA. (1993). Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el laboratorio general del Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 89 p.

VANCE, E. D., P. C. BROOKES Y D. S. JENKINSON. (1987). An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.

WICHERN, J., F. WICHERN Y R. G. JOERGENSEN. (2006). Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *Geoderma.* 137: 100-108.