

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados

Effect of the application of sustainable practices on the physical, chemical and microbiological characteristics of degraded soils

J. Murillo¹, G. Rodríguez¹, B. Roncallo¹, Leila Amparo Rojas³ y Ruth Rebeca Bonilla^{2*}

¹Estación Experimental Motilonia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- Corpoica, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia

²Laboratorio de Microbiología de Suelos, Centro de Biotecnología y Bioindustria, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica, Mosquera, Cundinamarca, Colombia

*Autor para correspondencia: rbonilla@corpoica.org.co

³ Profesional independiente

RESUMEN: El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en la evolución de las propiedades del suelo, en áreas deterioradas del departamento del Cesar. El diseño experimental fue de bloques completos al azar y se aplicó análisis de varianza. Se evaluaron dos tratamientos: testigo, basado en el manejo tradicional del productor, sin aplicación de prácticas de mejoramiento del suelo (sistema predominante en la zona); y experimental, que consistió en la aplicación de enmiendas inorgánicas y prácticas sostenibles al suelo: labranza apropiada, incorporación de abono verde (*Vigna unguiculata*) y establecimiento de cobertura vegetal con gramíneas y leguminosas asociadas (*Bothriochloa pertusa*, *Leucaena leucocephala* y *Clitoria ternatea*). Se realizó una evaluación comparativa de las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, durante tres años. Existió tendencia al mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo, debido al descenso de la densidad aparente (de 1,68 a 1,53 g cm⁻³ en los primeros 30 cm de profundidad), así como al aumento de la porosidad del suelo (de 33,28 a 41,2 %), la infiltración básica (de 0,5 a 1,3 mm h⁻¹), la materia orgánica (de 0,97 a 1,40 %) y el azufre (de 8,57 a 40,35 mg kg⁻¹). Asimismo, no se incrementó la concentración de sodio ni la conductividad eléctrica. Los tratamientos no generaron alteraciones considerables en las poblaciones microbianas (bacterias, actinomicetos y hongos), lo que permite inferir que las prácticas aplicadas no causaron impactos negativos en la microbiota del suelo.

Palabras clave: abonos verdes, cero-labranza, compactación del suelo, gramíneas, leguminosas

ABSTRACT: The objective of the study was to evaluate the effect of the application of sustainable practices on the evolution of the soil properties, in deteriorated areas of the Cesar department. The experimental design was complete randomized blocks and variance analysis was applied. Two treatments were evaluated: control, based on the traditional management of the farmer, without applying soil amelioration practices (prevailing system in the zone); and experimental, which consisted in the application of inorganic amendments and sustainable practices to the soil: adequate tillage, incorporation of green manure (*Vigna unguiculata*) and establishment of plant cover with associated grasses and legumes (*Bothriochloa pertusa*, *Leucaena leucocephala* and *Clitoria ternatea*). During three years, a comparative evaluation was made of the physical, chemical and microbiological characteristics of the soil. There was a trend towards the improvement of the physical and chemical characteristics of the soil, due to the decrease of the apparent density (from 1,68 to 1,53 g cm⁻³ in the first 30 cm of depth), as well as to the increase of the soil porosity (from 33,28 to 41,2 %), basic infiltration (from 0,5 to 1,3 mm h⁻¹), organic matter (from 0,97 to 1,40 %) and sulfur (from 8,57 to 40,35 mg kg⁻¹). Likewise, neither the sodium concentration nor the electric conductivity was increased. The treatments did not generate considerable alterations in the microbial populations (bacteria, actinomycetes and fungi), which allows to infer that the applied practices did not cause negative impacts on the soil microbiota.

Key words: grasses, green manure, legumes, soil compaction, zero tillage

INTRODUCCIÓN

Se considera que el 90 % de los suelos del departamento del Cesar que poseen potencial agrícola ha sufrido un proceso de deterioro de sus características físicas, químicas y biológicas; ello ha afectado su capacidad productiva y el potencial de producción de los principales sistemas agropecuarios de la región, lo cual ha perjudicado los ingresos de los productores rurales. Como solución a este problema se ha planteado la conveniencia de implementar prácticas integrales de manejo del suelo, como estrategias para el mejoramiento y la recuperación o mantenimiento de sus propiedades y su capacidad productiva.

En las actividades ganaderas y agrícolas, una de las limitaciones físicas que se presentan en el suelo es la compactación; la que —a través del tiempo y con la persistencia de sus causas— puede alcanzar las capas más profundas si no se realizan acciones correctivas. Por tal motivo se señala que los procesos bióticos y los abióticos constituyen las enmiendas orgánicas, mientras que los tratamientos físicos aplicados al suelo son métodos efectivos para recuperar esta propiedad (Boivin *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2006).

El impacto negativo de la compactación consiste en la alteración de la porosidad, lo que reduce la saturación de la conductividad hidráulica y la permeabilidad al aire (Boivin *et al.*, 2006). Las modificaciones producidas pueden generar procesos de pérdida de la cobertura vegetal y desencadenar la erosión. Además, alteran el hábitat del suelo y reducen la actividad biológica de la flora y la fauna (Neuens y Reheul, 2003; Boivin *et al.*, 2006). Como resultado final, se produce la pérdida de la capacidad productiva del suelo, lo que tiene implicaciones negativas sobre el ambiente (Soane y Van Ouwerkerk, 1995).

El suelo, el medioambiente y la productividad se benefician cuando el potencial edáfico es administrado de manera sostenible. El buen manejo del suelo promueve cultivos y animales más saludables, menos susceptibles a las enfermedades y más productivos (Sullivan, 2007), lo que aumenta los ingresos y mejora el nivel de vida de los productores (Soto, 2008).

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en la evolución de las propiedades del suelo, en áreas deterioradas del departamento del Cesar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. El experimento se realizó en la finca Dominó, localizada al suroeste de la cabecera

municipal de Valledupar (Cesar, Colombia), a 18 km en la carretera que conduce a Bosconia, en un área representativa del problema (12 ha).

Análisis físico, químico y microbiológico del suelo. Las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo se determinaron mediante los métodos de laboratorio y/o campo, en las diferentes fases del estudio: fase inicial o de enmiendas orgánicas e inorgánicas; fase intermedia o de establecimiento de gramíneas y leguminosas; y fase final o de explotación en pastoreo de los lotes experimentales.

Se determinaron las siguientes propiedades físicas: textura, densidad aparente, porosidad e infiltración, en dos profundidades (0-30 y 30-60 cm). La textura se determinó por el método del hidrómetro, y la densidad aparente, por el del cilindro de volumen conocido.

Las pruebas de infiltración se realizaron con anillos infiltrómetros y se hicieron cuatro repeticiones. Se aplicó un análisis de regresión a los resultados de campo, para obtener las ecuaciones de las infiltraciones acumuladas y las básicas.

La porosidad se obtuvo a través de la fórmula que comprende la densidad aparente y la real. Para estimar la densidad real se tomó el promedio de la densidad que predomina en la zona (2,60 g/cm³).

Asimismo, las características químicas se determinaron en dos profundidades (0-30 y 30-60 cm), con la utilización de los métodos descritos en el Manual N.º 47 del Programa de Suelos del ICA (1989).

La materia orgánica se determinó con el empleo del método Walkley-Black (1934); el nitrógeno, mediante la técnica de Kjeldhal (USDA, 1996); y los elementos menores, por el método de extracción de Olsen modificado (USDA, 1996). La capacidad de intercambio catiónico y la conductividad eléctrica se determinaron de acuerdo con la NTC 5298 y NTC 5596, respectivamente (ICONTEC, 2008; 2008a).

Por otra parte, las características microbiológicas se determinaron a partir del recuento en placa de diluciones seriadas del suelo, según los protocolos del laboratorio de microbiología de suelos de CORPOICA, para el conteo de bacterias, hongos y actinomicetos.

Selección del sistema de labranza. La selección del sistema de labranza apropiado se realizó a partir del diagnóstico de las propiedades del suelo. En las tablas 1 y 2 se describen los criterios que se tuvieron en cuenta para la selección, según las condiciones

Tabla 1. Rango crítico de las propiedades físicas en suelos con problemas de compactación.

Propiedad física	Rango crítico		
	Arenosos	Francos	Arcillosos
Densidad aparente (g/cm ³)	> 1,8	> 1,6	> 1,5
Porosidad (%)	< 31	< 38	< 42
Infiltración (mm/hora)	< 63	< 20	< 5

Fuente: Castro y Amézquita (1991).

Tabla 2. Criterios de selección del sistema de labranza, según las propiedades del suelo.

Propiedad del suelo	Labranza profunda			Labranza mínima			Labranza cero		
	Textura			Textura			Textura		
	Pesada	Media	Liviana	Pesada	Media	Liviana	Pesada	Media	Liviana
Densidad aparente (g/cm ³)	> 1,5	> 1,6	> 1,8	1,3-1,5	1,4-1,6	1,6-1,8	< 1,3	< 1,4	<1,6
Porosidad (%)	< 42	< 38	< 32	42-50	38-46	32-40	> 50	> 46	> 40
Infiltración (mm/hora)	< 5	< 20	< 63	5-10	10-20	20-63	> 10	> 20	> 63
Materia orgánica	Baja	Baja	Baja	Media	Media	Media	Alta	Alta	Alta

Fuente: Castro y Amézquita (1991).

fisicoquímicas del suelo (Castro y Amézquita, 1991; Bonilla y Murillo, 1998).

Tratamientos experimentales. De las 12 ha elegidas para la realización del estudio, se seleccionaron seis para el tratamiento testigo y seis para el experimental. El primero (predominante en ganaderías extensivas de la zona) consistió en la no aplicación de enmiendas inorgánicas o la implementación de prácticas sostenibles en el suelo. Mientras que en el segundo se hicieron varias enmiendas al suelo, que comenzaron con un pase inicial de cincel a 60 cm de profundidad, y la siembra a chorrillo del frijol Capizuna (*Vigna unguiculata* L. Walp), en surcos separados a 0,70 m; este se incorporó al suelo en dos cosechas consecutivas, en el estado de formación de vaina (75 días después de su germinación), con el uso de una rastra.

Posteriormente, se establecieron las leguminosas *Clitoria ternatea* y *Leucaena leucocephala*, asociadas con la gramínea *Cynodon nlemfuensis*. En el caso de la leucaena se utilizaron plantas aviveradas que provenían de semillas inoculadas con *Rhizobium* sp., las cuales se sembraron a una distancia de 4 m entre surcos y 1 m entre plantas.

Se incorporó al suelo un total de 80 kg de kiese-rita y 75 kg de urea por hectárea, en dos momentos: antes de la siembra del pasto estrella y a los 20-25 días posteriores.

La gramínea *C. nlemfuensis* se sembró entre los surcos de *L. leucocephala*, a una distancia de 1,0 m entre surcos y 0,50 m entre plantas, y separada a 1,0 m de la leucaena. *C. ternatea* se sembró a voleo, dentro de los surcos de la gramínea, con una densidad de siembra de 5 kg/ha.

Para evaluar la respuesta del suelo ante el pisoteo animal, las dos áreas se dividieron en 12 potreros de 0,5 ha cada uno, en los que se estableció un sistema rotacional de pastoreo, con ocho terneros de levante —de 130 kg de peso vivo inicial como promedio— por tratamiento; el tiempo de ocupación fue de 6 y 4 días y el de descanso de 66 y 44 días, en las épocas de sequía y de lluvias, respectivamente.

Los análisis químicos, físicos y microbiológicos se realizaron antes y después del establecimiento de los tratamientos: testigo (T₁) y aplicación de prácticas sostenibles (T₂). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y dos réplicas. Los análisis se hicieron entre las variables de la fase inicial

y la fase intermedia, así como entre la intermedia y la final. Las informaciones obtenidas se sometieron a análisis de varianza y las medias se compararon mediante la prueba de DMS, con un nivel de 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico del suelo. Se realizaron dos incorporaciones consecutivas de abono verde en el suelo (3 352 kg de MS/ha), el cual se obtuvo de la siembra del frijol Capizuna (*V. unguiculata*) y tenía la siguiente composición en materia seca: 3,26 % de nitrógeno; 0,49 % de fósforo; 2,93 % de potasio; 3,7 % de calcio; 0,55 % de magnesio; 0,84 % de manganeso; 25,3 mg kg⁻¹ de cinc; 7,2 mg kg⁻¹ de cobre; 80,2 mg kg⁻¹ de hierro; 17,1 mg kg⁻¹ de boro y 967,9 mg kg⁻¹ de azufre.

En el análisis inicial del suelo, se obtuvo un pH neutro y bajo contenido de materia orgánica (1,32-0,97 %), azufre (2,46-8,57 mg kg⁻¹) y saturación de sodio (3,09-8,28 %). El contenido de fósforo fue medio (16,97-36,45 mg kg⁻¹); mientras que los de calcio (9,99-10,0 cmol⁺ kg⁻¹), magnesio (2,43-3,07 cmol⁺ kg⁻¹) y potasio (0,75-0,69 cmol⁺ kg⁻¹) fueron altos, para T1 y T2, respectivamente. De acuerdo con la conductividad eléctrica, este suelo es no salino.

En las diferentes fases no existieron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, en la mayoría de los elementos analizados. En el contenido de azufre hubo un incremento significativo ($p < 0,05$) en las tres fases del T₂ respecto al T₁, lo cual indica que el uso de las enmiendas y el establecimiento de gramíneas y leguminosas tuvieron efectos positivos en la disponibilidad de este elemento. Tal incremento (21,40-40,35 mg kg⁻¹) provino, posiblemente, de la enmienda inorgánica, el aporte del abono verde incorporado, así como de las heces y la orina del ganado. También se observó que tanto la capacidad de intercambio catiónico (CIC) como el porcentaje de sodio tuvieron valores medios durante el experimento, en ambos tratamientos, lo cual demostró que el suelo no presentó riesgo de sodicidad.

Asimismo, se puede inferir que las propiedades químicas y nutricionales del suelo fueron beneficiadas con la implementación de los dos tratamientos –lo que involucró las variaciones en el sistema de labranza y la adición de enmiendas orgánicas (abono verde)–, al controlar su salinidad y mantener el contenido de materia orgánica. Es importante señalar que la recuperación del suelo mediante la incorporación de materiales orgánicos y el uso de

sistemas de labranza apropiados solo se puede detectar durante periodos de tiempo más largos que el utilizado en este estudio; por tanto, los resultados son preliminares, aunque se presentaron tendencias importantes.

La materia orgánica está involucrada en la retención de agua en el suelo, lo que ayuda a aminorar la compactación. Cuando se mantiene la cantidad adecuada de materia orgánica en forma de abono verde, se estabiliza la estructura del suelo, ya que este se hace más resistente a la degradación y a su agregación excesiva (Hamza y Anderson, 2005).

La aplicación de abono verde y compostaje como enmienda es una práctica que favorece la recuperación de las propiedades físicas del suelo. En este sentido, Reddy (1991) observó un descenso en la densidad aparente de 0,02 mg/m³, así como un aumento aproximado de 11,8 KPa en la fuerza del suelo, después de la aplicación de 10 t ha⁻¹ de abono verde. A su vez, se puede incrementar la infiltración en 0,4 cm ha⁻¹ (Hamza y Anderson, 2005).

Otros autores sugieren que la relación C/N es importante para la apropiada descomposición de la materia orgánica por los microorganismos (Marin, 2004). Por tal motivo, la adición de materia orgánica en suelos compactados o salinos desempeña un papel determinante y tiene un efecto positivo en las actividades microbianas y enzimáticas, tales como: ureasa, fosfatasa alcalina y deshidrogenasa (Tejada *et al.*, 2006).

Análisis físico del suelo. Antes de la realización de las prácticas, se apreció una textura franco arcillosa en el suelo. De acuerdo con el análisis físico (tabla 3), el valor promedio de la densidad aparente estaba por encima de 1,5 g/cm³ en los horizontes evaluados; mientras que el promedio de la porosidad era menor a 42 %, y la infiltración, inferior a 5 mm/hora. Ello, unido al bajo contenido de materia orgánica (< de 1,5 %), indicó el estado crítico de compactación del suelo (Castro y Amézquita, 1991).

A través del diagnóstico se determinó que el suelo presentaba la afectación característica de la degradación, lo que se evidenció al observar el paisaje, en el que resaltaban las áreas con escasa vegetación o sin cobertura vegetal. De acuerdo con estos resultados, se considera que la tecnología apropiada para enfrentar tal problemática es la aplicación de labranza profunda, complementada con la incorporación de abono verde (Bonilla y Murillo, 1998).

Al comparar las condiciones físicas iniciales del suelo con las existentes después de la aplicación de las prácticas sostenibles, se observó que

en cuanto a la densidad aparente hubo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, en la profundidad de 0 a 30 cm del suelo. En el T₂ se obtuvo un promedio menor (1,53 g/cm³) que en el T₁ (1,71 g/cm³), en la fase intermedia, lo que se puede atribuir al efecto de las prácticas aplicadas.

En la profundidad de 30 a 60 cm no se encontraron diferencias significativas en la densidad aparente, entre el T₁ (1,74 g/cm³) y el T₂ (1,70 g/cm³), debido posiblemente a que la incorporación de materia orgánica en este horizonte fue menor que en el superficial.

En el indicador porosidad se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, en la profundidad de 0 a 30 cm. El tratamiento donde se aplicaron las prácticas sostenibles presentó una mayor porosidad del suelo (41,20 %), respecto al lote testigo (34,20 %), lo que se puede atribuir a dichas prácticas, principalmente la labranza y la incorporación de abono verde. En el perfil de 30 a 60 cm no hubo cambios sensibles y las diferencias no fueron significativas (tabla 3).

Después del pastoreo del ganado, hubo una ligera reducción de la densidad aparente en el horizonte de 0 a 30 cm, en el T₂ respecto al testigo. Sin embargo, la diferencia no fue significativa, por lo que se infiere que el cambio no se debió al pisoteo animal, sino quizás a la continuidad del efecto de las prácticas sostenibles, que se prolongó hasta después del pastoreo (tabla 4).

Ello también pudo deberse a la baja carga animal (inicial-final): 0,34 UGM/ha-0,75 UGM/ha cuando se aplicaron las prácticas sostenibles, y 0,34 UGM/ha-0,62 UGM/ha en el testigo. Además, se puede atribuir al escaso tiempo transcurrido durante el experimento, así como al largo periodo de sequía registrado en la zona y la baja humedad del suelo.

La acción de las raíces de *L. leucocephala* y *C. ternatea*, además de la cobertura que amortigua el

impacto del pisoteo animal, pudieron contribuir a la reducción de la densidad en el tratamiento sostenible.

En el horizonte de 30 a 60 cm, las diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$) y la densidad se mantuvo estable. Por otro lado, en el T₂ hubo un leve incremento en la porosidad después del pastoreo, en la profundidad de 0 a 30 cm, como consecuencia de la ligera disminución de la densidad; pero la diferencia entre los tratamientos no fue significativa.

En el análisis medio también se encontró un incremento de la infiltración en el T₂, pero no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (tabla 4).

Según Nevens y Reheul (2003), el manejo adecuado de la compactación del suelo —especialmente en regiones áridas y semiáridas— se puede lograr mediante la aplicación adecuada de una o varias técnicas: la adición de materia orgánica en forma de abono verde; el control del tráfico de maquinaria agrícola y del pastoreo excesivo; los métodos de labranza de separación; la adecuada rotación de cultivos y el uso de plantas de pastura que presenten un profundo y fuerte desarrollo radical, capaz de penetrar y separar los suelos compactados.

Análisis microbiológico del suelo. Las poblaciones microbianas (bacterias, hongos y actinomicetos) no presentaron diferencias significativas, lo que demostró que no hubo variación desde el inicio hasta el final del estudio.

Sin embargo, en las pruebas intersujetos hubo una leve diferencia en el comportamiento de la población de bacterias, de forma general ($p = 0,029$), en cuanto al evento de muestreo, ya que en la comparación de medias marginales estimadas (fig. 1) se halló un incremento de las poblaciones bacterianas, en comparación con su concentración inicial. En contraste, las poblaciones de hongos y actinomicetos

Tabla 3. Análisis físico del suelo en los momentos inicial e intermedio.

Análisis	Tratamiento	Densidad aparente (g cm ⁻³) ^A		Porosidad (%) ^A		Infiltración (mm h ⁻¹) ^A
		0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	
Inicial	T ¹	1,70 ± 0,125 ^a	1,80 ± 0,025 ^a	34,60 ± 3,554 ^a	30,80 ± 0,851 ^a	0,52 ± 0,187 ^a
	T ²	1,68 ± 0,033 ^a	1,75 ± 0,035 ^a	33,28 ± 0,338 ^a	29,92 ± 0,321 ^a	0,50 ± 0,108 ^a
Intermedio	T ¹	1,71 ± 0,067 ^a	1,74 ± 0,049 ^a	34,20 ± 2,123 ^a	33,00 ± 1,920 ^a	0,61 ± 0,049 ^a
	T ²	1,53 ± 0,060 ^b	1,70 ± 0,034 ^a	41,20 ± 2,328 ^b	34,40 ± 1,310 ^a	1,30 ± 0,428 ^b

^A Promedio de tres repeticiones.

Letras desiguales en la vertical indican diferencias significativas a $p < 0,05$.

Tabla 4. Análisis físico del suelo en los momentos intermedio y final.

Análisis	Tratamiento	Densidad aparente (g.cm ⁻³) ^Δ		Porosidad (%) ^Δ		Infiltración (mm.h ⁻¹) ^Δ
		0-30cm	30-60cm	0-30cm	30-60cm	
Intermedio	T1	1,71 ± 0,067	1,74 ± 0,049	34,20 ± 2,123	33,00 ± 1,920	0,61 ± 0,049
	T2	1,53 ± 0,060	1,70 ± 0,034	41,20 ± 2,328	34,40 ± 1,310	1,30 ± 0,428
Final	T1	1,68 ± 0,059	1,71 ± 0,069	35,40 ± 2,271	34,2 ± 2,689	0,58 ± 0,134
	T2	1,50 ± 0,066	1,67 ± 0,072	42,30 ± 2,532	35,90 ± 2,795	2,15 ± 0,794

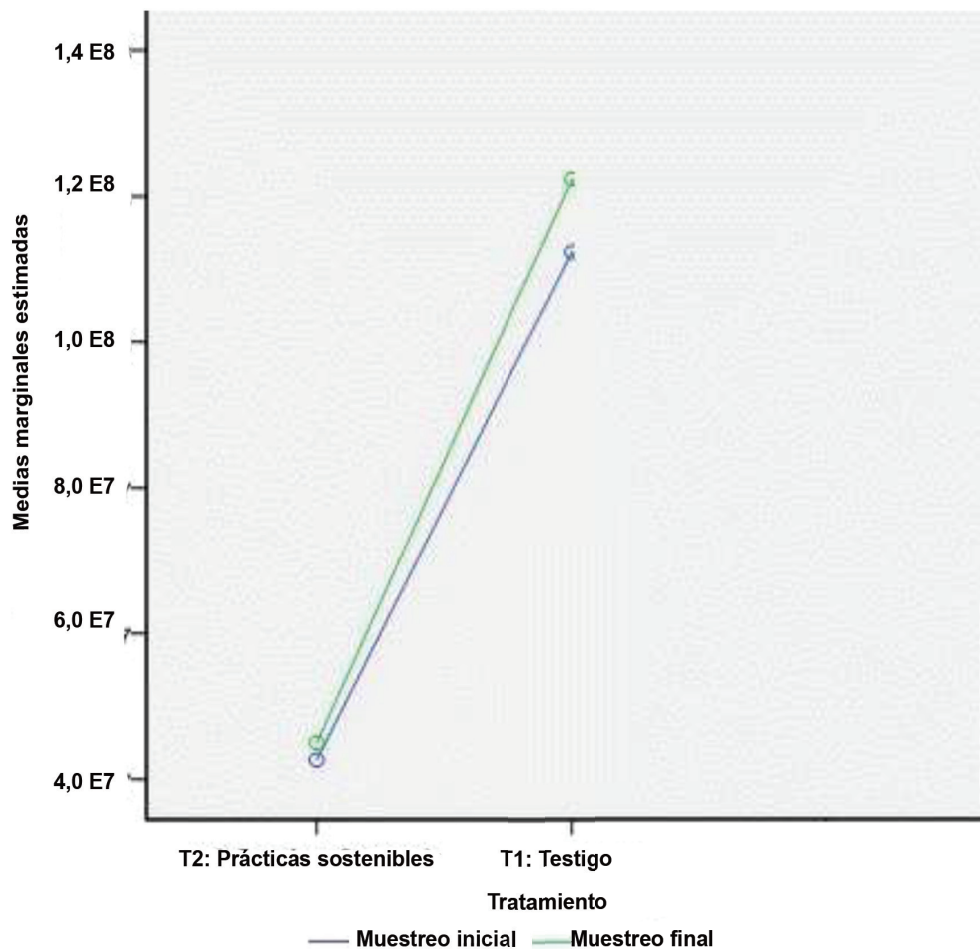
^Δ Promedio de tres repeticiones.

Figura 1. Medias marginales por tratamiento y evento de muestreo en bacterias.

se mantuvieron estables en ambos eventos de muestreo, sin cambios considerables en su población (figs. 2 y 3).

Los suelos tienen una calidad inherente, dada por sus características químicas, físicas y biológicas. Las propiedades biológicas pueden mostrar los cambios que se producen debido al ambiente, lo cual evidencia el efecto de determinadas prácticas

de manejo sobre el estado de salud del suelo; por ello estas propiedades pueden ser empleadas como bioindicadores. Varios autores señalan que las propiedades microbiológicas del suelo podrían mostrar las diferencias que existen entre las prácticas de manejo apropiadas, con el fin de preservar la calidad de los agroecosistemas en el tiempo (Bending y Lincoln, 2007).

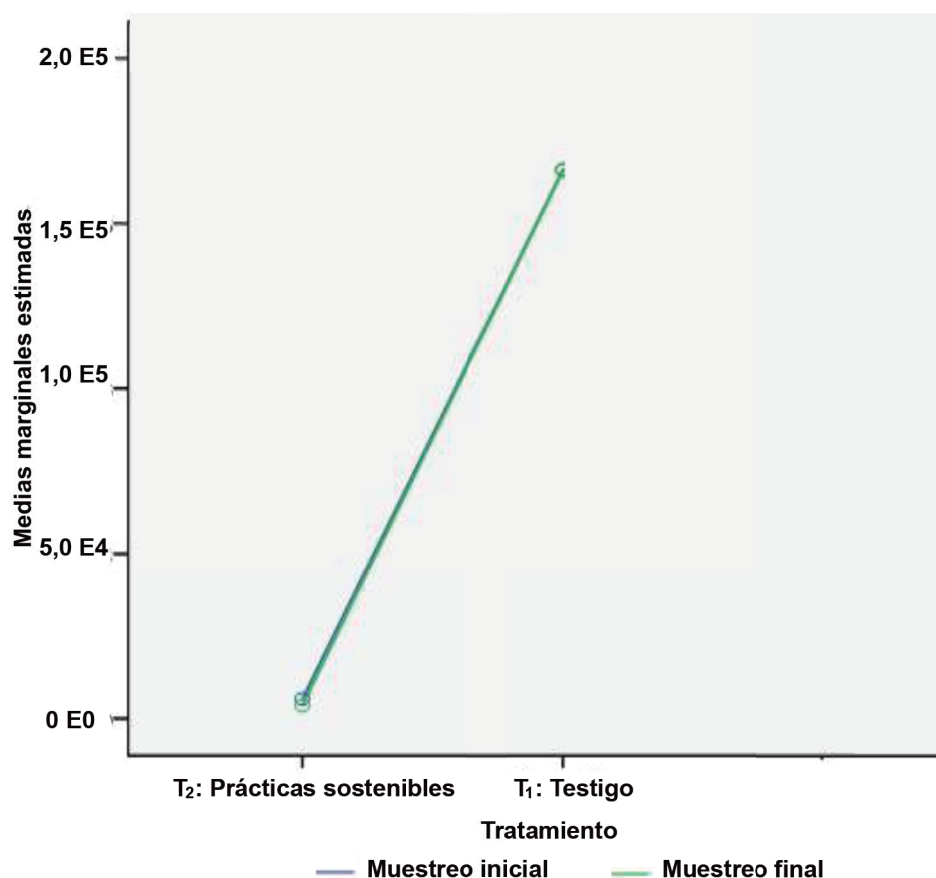


Figura 2. Medias marginales por tratamiento y evento en hongos.

Los indicadores biológicos o bioindicadores han tomado fuerza debido a su mayor sensibilidad y rapidez de respuesta frente a las perturbaciones y/o variables introducidas en el ecosistema suelo y, sobre todo, por su carácter integrador. Por ello, las poblaciones microbianas del suelo pueden responder rápidamente a los cambios introducidos en el sistema –ocasionados por las prácticas de manejo–, por lo que constituyen indicadores adecuados. Alkorta *et al.* (2004) y Breno *et al.* (2009) determinaron que el manejo inadecuado del suelo, con sistemas de labranza inapropiados, conlleva la disminución de los microorganismos edáficos.

El mantenimiento de los agroecosistemas a largo plazo es una condición indispensable para la conservación del recurso suelo. De hecho, para mejorar su calidad se debe favorecer el desarrollo de las poblaciones microbianas que habitan en él, lo que se logra mediante la apropiada combinación de prácticas culturales (Pérez *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

La aplicación de prácticas sostenibles tendieron a mejorar las características físicas y químicas del suelo, lo que se aprecia en el descenso de la densidad aparente, la mayor porosidad, el incremento de la infiltración y los contenidos de materia orgánica y azufre; sin que aumentaran los contenidos de sodio y sales.

Los tratamientos aplicados no generaron alteraciones considerables en las poblaciones microbianas (bacterias, actinomicetos y hongos), lo que permite inferir que estas prácticas no causaron impactos negativos en la microbiota del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkorta, I.; Hernández-Allica, J.; Becerril, J. M.; Amezcua, I.; Albizu, I. & Garbisu, C. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead and arsenic. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 3:71- 90, 2004.

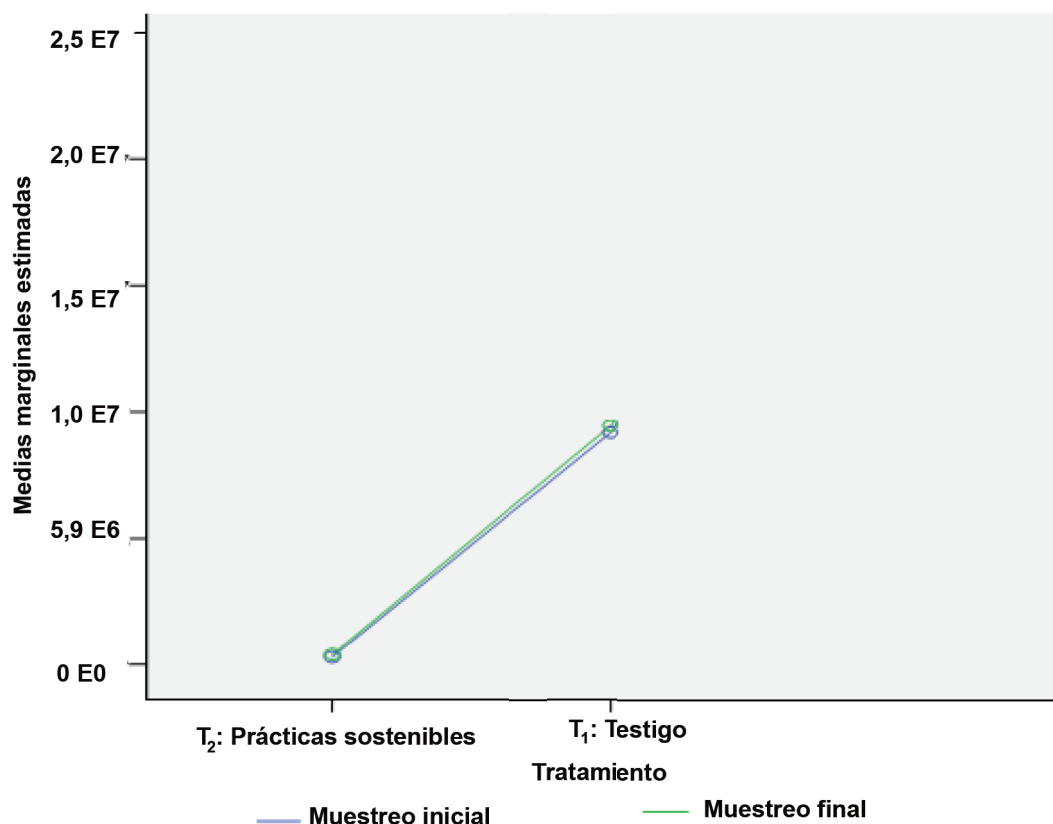


Figura 3. Medias marginales por tratamiento y evento de muestreo en actinomicetos.

- Bending, G. & Lincoln, S. D. Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories. *Chemosphere* 69: 82-88, 2007.
- Boivin, P.; Schaffer, B.; Temgoua, E.; Gratier, M. & Steinman, G. Assessment of soil compaction using soil shrinkage data and perspectives. *Soil Till. Res.* 88: 65-79, 2006.
- Bonilla, R. & Murillo, J. Desarrollo de sistemas de manejo para la recuperación de suelos compactados de los departamentos de la Guajira, Cesar y Magdalena. En: G. Romero, D. Aristizabal, C. A. Jaramillo, eds. En: *Memorias Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Villavicencio, Colombia: Editorial Guadalupe. p. 195- 204, 1998.
- Breno, P.; Onã da Silva, F. & Nahas, E. Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33 (5):1207-1213, 2009.
- Castro, F. & Amézquita, C. E. Sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos con limitantes físicos. *Suelos Ecuatoriales*. 21(1): 21-28, 1991.
- Hamza, M. A. & Anderson, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.* 82:121-145, 2005.
- Instituto Colombiano Agropecuario. *El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica*. Bogotá: ICA, No. 47, 1989.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). *NTC 5298 - Calidad de suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico*. Bogotá, 2008.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). *NTC 5596 - Calidad de suelo. Determinación de la conductividad eléctrica*. Bogotá, 2008a.
- Marín, A. *Biorremediación, mediante técnicas biológicas, de hidrocarburos contenidos en lodos de refinería, experiencias en clima semiárido*. PhD Thesis. España: Universidad de Murcia, 2004.
- Nevens, F. & Reheul, D. The consequences of wheel-induced soil compaction and subsoiling for silage maize on a sandy loam soil in Belgium. *Soil Till. Res.* 70: 175-184, 2003.

- Pérez, C.; Huidobro, J.; Conforto, C.; Arzero, J.; March, G.; Merlies, J. *et al.* Impacto de los sistemas de labranza sobre indicadores biológicos de calidad de suelo. En: *XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Rosario, Argentina, 2010.
- Reddy, M. S. Effects of soil amendments on the hardening of sad sandy loams (chalkc soils) of Andhra Pradesh. *Ann. Agric. Res.* 12:174-176, 1991.
- Soane, B. D. & Van Ouwerkerk, C. Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment. *Soil Till. Res.* 35: 5-22, 1995.
- Soto, F. *Políticas públicas y la nueva situación en los precios internacionales de los alimentos. Documento de trabajo*. Santiago, Chile: RIMISP, Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural, No. 19, 2008.
- Sullivan, P. El manejo sostenible de los suelos. ATTRA, 2007. <http://www.attra.ncat.org/espanol/pdf/suelos.pdf>. [10/5/2011].
- Tejada, M.; Garcia, C.; González, J. L. & Hernández, M. T. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biol. Biochem.* 38:1413-1421, 2006.
- USDA. *Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigations. Versión 3*. Washington, DC: Department of Agriculture. Report No. 42, 1996.
- Walkley, A. & Black, I. A. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid tetralion method. *Soil Sci.* 37:29-37, 1934.
- Zhang, S.; Grip, H. & Lovdahl, L. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess soils in China. *Soil Till. Res.* 90:117-125, 2006.

Recibido el 24 de enero de 2012

Aceptado el 17 de junio de 2014

II SEMINARIO INTERNACIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA, SISA

«Avances y retos de la sanidad agropecuaria en el siglo XXI»

19-23 de mayo de 2015, Varadero, Cuba

El Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA) se complace en invitarlos a participar en el II Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria, que se celebrará en Varadero, Cuba, del 19 al 23 mayo de 2015. Durante el seminario tendrá lugar la Reunión Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos (ONTA); se desarrollarán talleres relacionados con la acreditación de ensayos de laboratorios microbiológicos, calidad e inocuidad de alimentos, plagas emergentes que afectan la agricultura, así como conferencias, mesas redondas, simposios, visitas a instituciones científicas y otros encuentros relacionados con las temáticas afines al evento.

TEMÁTICAS

- Diagnóstico agropecuario, manejo de plagas, prevención y control de enfermedades
- Desastres sanitarios en animales y plantas
- Seguridad alimentaria: desarrollo local sostenible e inocuidad, y su impacto en la agricultura familiar
- Productos y tecnologías para la sanidad agropecuaria y el bienestar del productor primario
- Ciencia y tecnología agropecuaria

COMITÉ ORGANIZADOR SISA, 2015

- Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria, CENSA
 - Correo electrónico: sisa2015@censa.edu.cu
 - Sitio web: <http://www.sanidadagropecuaria.com> www.censa.edu.cu
-