Enrique Combatt Caballero¹, **Vianny Polo Flórez**², **Lina Racero Gómez**²,
Mónica Cantero Benítez²

¹ Facultad de Ciencias Agrícolas y Desarrollo Rural, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

² Departamento de Ingeniería Ambiental, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

Corresponding author: ecombatt@correo.unicordoba.edu.co

Resumen gráfico

Procesos de degradación de suelos como resultado de las actividades agrícolas en diferentes zonas del municipio de Montería, departamento de Córdoba-Colombia

Resumen

El conocimiento de los indicadores de la calidad del suelo se debe realizar mediante la comprensión de las características de los suelos que se han afectado con su uso en la producción agropecuaria. El objetivo fue determinar los procesos de degradación de los suelos como resultado de las actividades agrícolas en diferentes zonas del municipio de Montería, departamento de Córdoba-Colombia. Para esto se colectó información de características químicas y biológicas de suelos de seis zonas agrícolas de Montería, Córdoba-Colombia. Las cuales oscilaron entre suelos sin utilizar por más de 10 años, hasta suelos con intervención agrícolas de más de 10 años. Fueron colectadas muestras de suelos a las cuales se le realizó caracterización química y se evaluó la mesofauna en monolitos de suelos por localidad. Los datos fueron analizados mediante pruebas de medias y se calcularon los diferentes índices de diversidad α tales como: Uniformidad de Pielou J', Diversidad de Shannon-Winer H' y Dominancia de Simpson λ . Por último, se realizó un análisis de similaridad para observar cómo están relacionadas las diferentes

Palabras claves

Conservación de suelos
Organismos indicadores
Elementos químicos
Degradación de suelos
Manejo agrícola

estaciones. Los resultados indicaron que aun cuando a simple vista son poco evidentes los impactos que han generado las actividades agrícolas en los suelos estudiados, en las localidades Fedearroz, Las Lamas y El Vidrial se realiza un uso indiscriminado de agroquímicos que está ocasionando una alteración en la disponibilidad de los elementos presentes en el suelo. Ocasionando la pérdida del equilibrio entre relaciones de los contenidos de los nutrientes necesarios para conservar la fertilidad de los suelos, la densidad y diversidad de los organismos que lo habitan y el adecuado funcionamiento de los diferentes ecosistemas.

Process of soil degradation as a result of agricultural activities of different zones in the Monteria municipality, department of Cordoba-Colombia

Abstract

The knowledge of soil quality indicators should be performed by understanding the characteristics of the soils that have been affected by their use in agricultural production. The objective was to determine the soil degradation processes as a result of agricultural activities in different areas of the municipality of Montería, Córdoba-Colombia department. For this, information on the chemical and biological characteristics of soils from 6 agricultural areas of Montería, Córdoba, Colombia was collected. These ranged from unused soil for more than 10 years, to soils with agricultural intervention of more than 10 years. Soil samples were collected, to which chemical characterization was carried out and the mesofauna was evaluated in soil monoliths by locality. The data were analyzed by means tests and the different α diversity indices such as Pielou J' Uniformity, Shannon-Winer H' Diversity and Simpson Dominance λ were calculated. Finally, a similarity analysis was performed to observe how the different stations are related. The results indicated that even though the impacts of agricultural activities on the studied soils are not very clear, the localities of Fedearroz, Las Lamas and El Vidrial use indiscriminately agrochemicals that are causing an alteration in the availability of the elements present in the soil. Causing to the loss of balance between nutrient content relationships needed to preserve soil fertility, the density and diversity of the organisms that inhabit it and the proper functioning of different ecosystems.

Keywords

Soil conservation
Indicator organisms
Chemical elements
Soil degradation
Agricultural management

Recived: 08-09-2017

Accepted: 02-10-2017

Publishing date: 15 - Noviembre - 2017

Revision Code: 20170908-MSPL [Pag. 5-14]

Corresponding author:

ecombatt@correo.unicordoba.edu.co

Procesos de degradación de suelos como resultado de las actividades agrícolas en diferentes zonas del municipio de Montería, departamento de Córdoba-Colombia

**Enrique Combatt Caballero¹, Vianny Polo Flórez², Lina Racero Gómez²,
Mónica Cantero Benítez²**

¹ *Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia*

² *Departamento de Ingeniería Ambiental. Universidad de Córdoba, Montería, Colombia*

Corresponding author: ecombatt@correo.unicordoba.edu.co

Resumen

El conocimiento de los indicadores de la calidad del suelo se debe realizar mediante la comprensión de las características de los suelos que se han afectado con su uso en la producción agropecuaria. El objetivo fue determinar los procesos de degradación de los suelos como resultado de las actividades agrícolas en diferentes zonas del municipio de Montería, departamento de Córdoba-Colombia. Para esto se colectó información de características químicas y biológicas de suelos de seis zonas agrícolas de Montería, Córdoba- Colombia. Las cuales oscilaron entre suelos sin utilizar por más de 10 años, hasta suelos con intervención agrícolas de más de 10 años. Fueron colectadas muestras de suelos a las cuales se le realizó caracterización química y se evaluó la mesofauna en monolitos de suelos por localidad. Los datos fueron analizados mediante pruebas de medias y se calcularon los diferentes índices de diversidad α tales como: Uniformidad de Pielou J', Diversidad de Shannon-Winer H' y Dominancia de Simpson λ . Por último, se realizó un análisis de similaridad para observar cómo están relacionadas las diferentes estaciones. Los resultados indicaron que aun cuando a simple vista son poco evidentes los impactos que han generado las actividades agrícolas en los suelos estudiados, en las localidades Fedearroz, Las Lamas y El Vidrial se realiza un uso indiscriminado de agroquímicos que está ocasionando una alteración en la disponibilidad de los elementos presentes en el suelo. Ocasionando la pérdida del equilibrio entre relaciones de los contenidos de los nutrientes necesarios para conservar la fertilidad de los suelos, la densidad y diversidad de los organismos que lo habitan y el adecuado funcionamiento de los diferentes ecosistemas.

Palabras Claves

Conservación de suelos
Organismos indicadores
Elementos químicos
Degradación de suelos
Manejo agrícola

1. Introducción

El suelo es un cuerpo natural que se forma debido a la interacción de los llamados factores formadores en un determinado punto de la superficie terrestre y se desarrolla a expensas de una serie de procesos

físicos y químicos. López (2002) indica que los suelos constituyen un sistema de vital importancia, porque la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial que crece continuamente depende de ellos. Además, los suelos cumplen otras funciones para la vida humana

tales como la filtración, amortiguación, y transformación de compuestos adversos que contaminan el ambiente (Blum, 1998).

En el departamento de Córdoba es común encontrar el desarrollo de actividades agrícolas, como el raspado, quema, uso excesivo de agroquímicos, excesiva mecanización y aplicación de agua de mala calidad. Estas prácticas agrícolas comúnmente se realizan en la zona donde se establecen cultivos como arroz, maíz, plátano, algodón y hortalizas entre otros. Pero en estos cultivos estos manejos no son adecuados porque generan cambios o modificaciones sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El producto de esos cambios adversos es colectivamente llamado degradación de suelos (Espinosa et al., 2011). López, (2002) expone que la degradación física está relacionada con baja infiltración, compactación del suelo, reducción de poros, altas densidades aparentes y en consecuencia a un deterioro de las relaciones aire-agua en el suelo. Según Oldeman (1988) la degradación del suelo es considerada como uno de los mayores peligros para la humanidad, porque disminuyen la capacidad actual y futura del suelo para sostener la vida humana.

Dadas las preocupaciones que se generan en la actualidad por la creciente degradación y disminución en su calidad de los suelos, se ha analizado que existen criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo, que son variables físicas, químicas y biológicas (Arshad y Coen, 1992). A partir de esto, se han establecido indicadores que permiten analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible, analizar los posibles impactos antes de una intervención, monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas de las intervenciones antrópicas y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. Según Bautista et al. (2004) algunos indicadores son la disponibilidad de nutrientes, carbono orgánico, pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio de cationes. Gil -Stores et al. (2005) señalan que hay que estudiar el suelo poniendo particular atención en la identificación de las características de los suelos que reflejen de mejor forma los cambios en su calidad, así como las diferentes formas de medición y aplicación de ellas como indicadores y Astier-Calderón et al. (2002) exponen que la calidad del suelo y sus parámetros de referencia se pueden ligar al concepto de funcionalidad del ecosistema, ya que

integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo, en una situación determinada.

Los suelos del municipio de Montería, Córdoba desde un punto de vista fisicoquímico, son considerados como los más fértiles a nivel nacional y por ello son aptos para la mayoría de cultivos. Pero en la actualidad, en el departamento y en el municipio existen áreas extensas de tierras afectadas por procesos de degradación irreversibles como erosión acelerada, la desertificación, compactación, endurecimiento, acidificación, reducción en el contenido de materia orgánica, disminución de la biodiversidad genética y agotamiento de la fertilidad natural del suelo. Restelli et al. (1998) explican que la labranza convencional con arado y otros implementos de labranza intensiva provoca erosión, pérdida de materia orgánica, así como una constante pérdida de la fertilidad del suelo.

Detener la realización de la actividad agrícola en el municipio de Montería no es una solución viable para el problema de la degradación de los suelos, debido a que es fuente de desarrollo social y económico para la población. Es por ello que se hace necesario buscar otras alternativas que permitan abordar el problema de la degradación de los suelos fundamentado en la repercusión que tiene esta en la capacidad de producción de los mismos. Teniendo en cuenta la problemática planteada, el objetivo fue determinar los procesos de degradación de los suelos como resultado de las actividades agrícolas en diferentes zonas del municipio de Montería, departamento de Córdoba- Colombia.

2. Sección experimental

2.1 Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Montería departamento de Córdoba, ubicada al Noroeste del país en la región Caribe de Colombia (8°44'52'' N y 75°52'53'' W). La temperatura promedio anual del municipio es de 28 °C con picos superiores a 40 °C en temporada canicular, posee una humedad relativa promedio de 78% y una precipitación media anual de 1737.83 mm. Para la realización de esta investigación se escogieron seis zonas agrícolas del municipio de Montería con una extensión de 1 hectárea, las cuales fueron seleccionadas debido a factores como tipo de cultivo, tiempo que llevan siendo

cultivados y las formas de manejo agronómico. Las seis zonas fueron:

Un suelo patrón localizado en las coordenadas 08°48'44.28" N y 75°51'2.09" W, que no fue cultivado por un periodo superior a 10 años y se encuentra sin intervención antrópica.

Granja experimental la Victoria de Fedearroz, ubicada en 08°48'37.26" N y 75°50'51.5" W, zona de experimentos con los cultivos de arroz y se hace uso a gran escala de diferentes agroquímicos con más de 20 años de uso.

Florisanto ubicada en 08°45'9.72" N y 75°49'8.44" W, donde las técnicas usadas siguen siendo tradicionales. Las Lamas ubicada en 08°44'5.96" N y 75°49'11.06" W, sitio donde solo ha cultivado desde hace 2 años por parte de los actuales propietarios.

El Vidrial ubicada en 08°48'44.03" N y 75°53'58.74" W, zona donde lleva un periodo de 4 años siendo cultivado con rotación de cultivos entre los cuales encontramos maíz, yuca, plátano, ñame y berenjena; se emplean agroquímicos anualmente para el control de estos cultivos.

Las Parcelas ubicada en 08°44'10.5" N y 75°54'46.69" W lugar donde los suelos son sometidos a la agricultura intensiva, debido al cultivo de papaya a gran escala para la importación. Esta actividad se viene realizando desde alrededor de unos 5 años.

2.2 Fase de campo

La colecta de datos se realizó en tres muestreos en un periodo de 8 meses, teniendo en cuenta las diferentes épocas del año. A partir de esto, se analizaron las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, las cuales fueron usadas como indicadores de calidad del mismo.

Para la descripción y caracterización cualitativa de las unidades de suelos y de los perfiles, se utilizó la metodología FAO (1990); en la cual se tomaron dos (2) muestras de suelo por hectárea a profundidades de 0 a 15 cm y de 15 a 30 cm para cada una de las zonas muestreadas, que posteriormente se llevaron al laboratorio para su análisis físico-químico. Además, se hizo una clasificación taxonómica de acuerdo al sistema de clasificación de suelos del SSS (2010).

Para determinar la mesofauna del suelo se siguió la metodología TSBF, que implica la recolección de muestras de la mesofauna del suelo a través de la

realización de monolitos de 20 cm³. Finalmente se midió la respiración del suelo a través del método de campana invertida, descrito por Lessard et al. (2013).

2.3 Fase de laboratorio

2.3.1 Variables químicas

Para el análisis de los indicadores químicos en cada una de las muestras de suelo, estas fueron llevadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Córdoba, donde se determinaron las características químicas según las metodologías seguidas por el IGAC (2006).

2.3.2 Variables biológicas

La ubicación taxonómica de la mesofauna se realizó a través del uso de estereoscopios y claves taxonómicas y la guía de campos de insectos de Martha Wolf (2006). Las muestras de respiración tomadas en campo fueron tituladas con HCl 0.1N.

2.4 Análisis estadístico de datos

Los datos se analizaron empleando el paquete estadístico XLstat 2015. Además, se realizó análisis de datos paramétricos a través de la prueba de medias de Fisher (LSD) y a los datos no paramétricos por prueba de medias de Tukey (HSD). Estas pruebas se realizaron en el paquete estadístico Statgraphics Centurión XV.2.0. A los datos de mesofauna se realizó una curva de acumulación por órdenes para establecer la representatividad de los muestreos haciendo uso del paquete estadístico Primer 6. De igual forma, en el mismo programa se calcularon los diferentes índices de diversidad α tales como Uniformidad de Pielou J', Diversidad de Shannon-Winer H' y Dominancia de Simpson λ . Por último, se realizó un análisis de similaridad para observar cómo están relacionadas las diferentes estaciones.

3. Resultados y discusión

3.1 pH

Los valores promedio en las diferentes localidades oscilaron entre 5.68 y 6.85. El valor de pH,

más alto entre los puntos muestreados corresponde a Las Lamas con pH de 6.85; seguido de Las Parcelas con 6.49; el suelo Patrón con 6.41; Florisanto con 6.18; Fedearroz 6.07 y por último El Vidrial con 5.68. Al comparar las medias de los valores de pH entre las localidades de muestreo, se observa que hubo diferencias estadísticas entre las localidades, presentando la localidad el vidrial el pH mas bajo y las Lams el mas alto (Figura 1).

3.2 Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica promedio (M.O), de los distintos suelos muestreados varió en un rango de 1.56 hasta 2.15 %. El mayor contenido de M.O corresponde a Florisanto con 2.15 %, seguido de Las Lamas con 2.14%, suelo Patrón con 2.12 %, Fedearroz con 2.01 %, El Vidrial con 1.89 % y finalmente Las Parcelas con 1.57 %. Además según la prueba de medias no existen diferencias significativas entre los contenidos de M.O. de los suelos muestreados (Figura 2).

3.3 Magnesio

Al determinar la cantidad presente de este elemento en los suelos de las localidades muestreadas, se encontró que el contenido promedio de magnesio varió entre 7.77 y 14.95 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, teniendo que la mayor cantidad registrada corresponde al suelo Patrón con 14.95 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, seguido de El Vidrial con 11.08 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, Fedearroz con 10.53 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$, Florisanto con 9.67 cmol kg^{-1} , Las Parcelas con 9.36 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ y por último Las Lamas con 7.77 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$. Al realizar el analisis de los datos, se encontró que existe diferencia significativa entre el comtenido de Mg del suelo Patrón y el resto de los suelos, y entre Las Lamas y El vidrial (Figura 3).

3.4 Mesofauna

Como se observa en la figura 4 las curvas de acumulación tienen forma asintótica y los estimadores Sobs, Bootstrap, MM y UGE, guardan una relación estrecha. Lo que demuestra que se comportan de forma similar y presentan valores cercanos. De acuerdo con el Instituto Biológico Alexander Von Humboldt (2002), esto demuestra que

Figura 1. Reacción del suelo en varias localidades con diferentes tiempos de manejo agronomico.

Figura 2. Contenido de materia organica en varias localidades con diferentes tiemposy practicas de maenjo agronomico.

Figura 3. Cantidad de magensio en varias localidades y tiempo de manejo agronómico.

Figura 4. Cantidad de magensio en varias localidades y tiempo de manejo agronómico.

es un muestreo representativo, porque en caso de que se aumente el número de muestreos o de individuos registrados, el número de especies no se incrementa.

La evaluación de la diversidad alfa, con los índices Uniformidad de Pielou J' , Diversidad de Shannon H' y Dominancia de Simpson λ ; entre los cuales según el Instituto Biológico Alexander Von Humboldt (2002), para cada una de las estaciones hay variaciones en la uniformidad, diversidad y dominancia de especies (Figura 5). Con estos resultados se observa que el índice de uniformidad de Pielou J' y el índice de dominancia de Simpson λ manejan en un rango de 0 a 1 y tienen una correlación inversa. En todas las estaciones la Uniformidad de Pielou J' toma valores mayores a 0.5 y al analizar la curva del índice de dominancia de Simpson λ se observa que esta toma valores inferiores a 0.5. Esto significa que la uniformidad de especies es alta, por lo cual la dominancia de especies es baja, siendo más notable en las localidades Fedearroz, El Vidrial y Las Parcelas que en las estaciones Las Lamas y Florisanto.

3.5 Respiración

Al medir la respiración de los suelos en las diferentes estaciones se obtuvo que en el primer muestreo el flujo de CO_2 fue mayor en la estación El Vidrial, seguida de la estación Florisanto, luego de las estaciones Las Parcelas y Fedearroz y finalmente Las Lamas.

Figura 5. Cantidad de magensio en varias localidades y tiempo de manejo agronómico.

Para el segundo muestreo, el mayor flujo de CO_2 se presentó en El Vidrial, seguido de las estaciones Florisanto y Fedearroz y luego por las estaciones Las Parcelas y Las Lamas.

En el tercer muestreo el flujo de CO_2 fue mayor en las estaciones El Vidrial y Fedearroz, seguidas de las estaciones Las parcelas y Las Lamas, y finalmente de la estación Florisanto. La temperatura y las precipitaciones son factores ambientales que tienden a influenciar la tasa de producción de CO_2 en los suelos estaciones. Así mismo, como se aprecia en la tabla 1, durante los diferentes muestreos, a medida que disminuyeron las precipitaciones, la respiración del suelo se vio favorecida, por lo cual se observa que el flujo de CO_2 fue mayor en el tercer muestreo (época seca).

Tabla 1. Respiración de los suelos de las estaciones de muestreo y suelo Patrón.

Estación	Área expuesta (m)	Contenido de CO_2 (mg)			Flujo de CO_2 ($m^2 \text{ día}^{-1}$)		
		Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 2	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 2
Fedearroz	0.00503	35.2	22	52.8	167952.2	104970.1	251928.4
Florisantos	0.00503	40.7	24.2	44	194194.8	115467.1	209940.3
Las Lamas	0.00503	30.8	18.7	47.3	146958.2	89224.6	225685.8
El Vidrial	0.00503	44	26.4	52.8	209940.3	125964.2	251928.4
Las Parcelas	0.00503	36.3	15.4	48.4	173200	73479.1	230034.3

4. Disusión

Considerando los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores, a continuación, se analiza el estado actual de los suelos en las zonas de muestreo, explicando el porqué de dichos resultados y las consecuencias que pueden acarrear los mismos.

4.1 Cocobiche (Suelo Patrón)

Los suelos de Cocobiche teniendo en cuenta el largo periodo de reposo al que están siendo sometidos después de haber sido utilizados en actividades agrícolas, fueron establecidos como el estado Patrón a partir del cual se evalúan las condiciones de

degradación de los suelos del resto de estaciones de muestreo, a través de comparaciones entre los resultados de los diferentes indicadores. De acuerdo a los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura arcillo limosa, con densidad aparente de 1.6 g cm^{-3} , con suelos altamente inestables. En las variables químicas, el pH de los suelos no ha sido modificado por la intervención antrópica, por lo tanto, estos suelos, presentan buenas características en la reacción del suelo, sin alta acidificación y generación de iones Al^{3+} que puedan causar fitotoxicidad. Poseen contenidos regulares de materia orgánica y un contenido abundante Mg^{2+} . Indicando que no hay excesos o deficiencias de este nutrimento en los suelos.

Lo cual favorece la fertilidad de los mismos y el desarrollo adecuado de los ciclos biogeoquímicos, convirtiendo esta zona donde se pueden llevar a cabo actividades agrícolas ambientalmente sostenibles, permitiendo la conservación de los diferentes ecosistemas. De acuerdo con Bautista et al. (2004) la calidad del suelo la constituye el estado de sus propiedades dinámicas como el contenido de materia orgánica, la diversidad de organismos o los productos microbianos en un tiempo particular.

4.2 Granja experimental la Victoria (Fedearroz)

De acuerdo a los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura franco arcilla, con densidad aparente de 1.72 g cm^{-3} , con suelos altamente inestables. El uso frecuente de maquinarias agrícolas pesadas comprime la estructura de los horizontes profundos, haciéndoles perder porosidad y volumen generando compactación. Es decir, los suelos se tornan más densos y pesados. Dicha inestabilidad estructural y compactación del suelo, genera un aumento en la densidad aparente, una disminución en la velocidad de infiltración de estos suelos y una mayor resistencia mecánica a la penetración. Según la FAO (2011) los sistemas en peligro se enfrentan a una creciente competencia por los recursos de tierra y agua, que a menudo están limitados por prácticas agrícolas insostenibles. Por lo tanto, requieren una atención especial y medidas correctivas específicas. Debido a estas características, al analizar la mesofauna se encontró que los suelos de Fedearroz poseen el menor número de especies entre las

estaciones de muestreo. No obstante, hay que aclarar que tal indicador tiende a ser un poco subjetivo, debido a la complejidad que implican estos muestreos. Porque la mesofauna es muy sensible a variar en instantes cortos de tiempo y por pequeñas alteraciones en el sistema, tales como pisoteo o remoción de la vegetación.

4.3 Florisanto

Al comparar los suelos de Florisanto con el suelo Patrón, se encontró que no poseen diferencias estadísticamente significativas en cuanto al contenido nutrimental entre ellos. De acuerdo a los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura arcillosa, con densidad aparente de 1.6 g cm^{-3} , con suelos altamente inestables. En esta estación se implementa la rotación de cultivos como técnica de recuperación de materia orgánica al igual que se dejan en periodos de reposo, por lo cual se observa que poseen el mayor contenido de MO y un contenido abundante de Mg^{2+} .

Según Gregorich et al. (1994) la materia orgánica (MO) es un indicador de la calidad del suelo, ya que incide directamente sobre propiedades edáficas, como estructura y disponibilidad de carbono y nitrógeno y De León-González et al. (2000). explican que la presencia del carbono en los suelos incide sobre la formación y la estabilización de los agregados. Además, el laboreo de los suelos de este sitio se lleva a cabo de forma manual, es decir, sin la utilización de maquinarias pesadas, lo cual reduce las posibilidades de que haya compactación del suelo. Finalmente, estos suelos presentaron la menor densidad de especies entre las estaciones, pero este es un indicador muy susceptible a alteraciones leves.

4.4 Las Lamas

En las variables analizadas no hubo diferencias con el suelo Patrón y de acuerdo a los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura arcillo limosa, con densidad aparente de 1.65 g cm^{-3} , con suelos altamente inestables. Sin embargo, los suelos de las Lamas llevan solo dos años siendo cultivados, que es el menor tiempo de cultivo entre las localidades de muestreo. Esto es de gran importancia, porque en la descomposición de la MO no solo influyen las condiciones óptimas para los

organismos descomponedores, sino que también depende del tiempo de explotación del suelo, las plantas cultivadas y de las técnicas agrícolas aplicadas. Además, para la recuperación de este nutrimento es necesario la rotación de plantas consumidoras y plantas recuperadoras de materia orgánica (Primavesi, 1984). Así los suelos de Las Lamas pueden sostener una explotación intensiva, sin que se utilicen de forma frecuente fertilizantes, plaguicidas, y pesticidas, para el control de insectos y plagas. Por lo tanto, con este manejo se permitiría que haya una alta densidad o diversidad de especies. Ya que este sitio presentó una de las más bajas densidad de especies, después de Florisanto.

4.5 El Vidrial

De acuerdo a los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura arcillo limosa, con densidad aparente de 1.53 gcm^{-3} , con suelos altamente inestables.

Estos suelos presentaron un pH ligeramente ácido, un bajo contenido de materia orgánica y un alto contenido de Mg^{2+} , lo que demuestra que la intervención del hombre o las condiciones climáticas han degradado estos suelos. Así, generalmente a medida que el pH en los suelos baja, la materia orgánica se degrada más rápidamente y disminuye el contenido de nutrientes. Astier et al. (2002) exponen que los indicadores de la calidad de suelo se conciben como una herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, los procesos y las características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado.

Adicionalmente, la constante utilización de fertilizantes e insecticidas en periodos muy cortos en los suelos del Vidrial contribuyen a la reducción de la MO. Dichos fertilizantes e insecticidas pueden generar reducción en la mesofauna del suelo. Esta última es muy importante ya que permite la formación de poros que favorecen la circulación de agua y aire en el mismo, favoreciendo la infiltración del agua, lo cual mejora la movilidad de los elementos químicos en el suelo. García-Álvarez y Bello (2004) indican que la mesofauna del suelo interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en la mineralización del fósforo y el nitrógeno. Roming et al. (1995)

explican que la salud del suelo viene definida por el estado de las propiedades dinámicas del suelo, tales como contenido en materia orgánica, diversidad de organismos y productos microbianos.

4.6 Las Parcelas

Según los resultados de los indicadores físicos, estos suelos presentaron textura arcillo limosa, con densidad aparente de 1.69 gcm^{-3} , con suelos altamente inestables. Las actividades agrícolas que se realizan en la zona, en especial el uso de maquinaria pesada, causa que los poros presentes en el suelo tiendan a disminuir su tamaño, lo que a su vez afecta la circulación de agua y aire necesaria para el equilibrio ecosistémico de este recurso. Lo que posteriormente se verá reflejado en la disminución o acumulación de elementos en el suelo y a la merma de organismos presentes en este ecosistema. Los cuales son importantes en las reacciones de asimilación y absorción de los nutrientes por las plantas. Además, al no implementar técnicas de manejo más amigables con el ambiente, como la rotación de cultivo ha ocasionado que esta zona sea la que tenga menor concentración de materia orgánica entre los sitios muestreados. Esto trae como consecuencia que con el paso del tiempo se degrade su estructura y como su recuperación es lenta y en casos extremos los suelos pueden quedar infértiles.

De acuerdo con Noguera y Vélez (2011) en Colombia, los sistemas de producción agropecuarios, se basan principalmente en la explotación indiscriminada de los recursos naturales, a través de la implementación de monocultivos y ganadería intensiva, ocasionando un sobre-uso del suelo, degradación y posterior abandono de la tierra.

5. Conclusiones

Aunque a simple vista son poco evidentes los impactos que han generado las actividades agrícolas en los suelos estudiados, en las localidades Fedearroz, Las Lamas y El Vidrial se realiza un uso indiscriminado de agroquímicos que está asociado con una alteración en la disponibilidad de los elementos presentes en el suelo. Lo anterior ocasiona la pérdida del equilibrio entre relaciones de los contenidos de los nutrientes necesarios para conservar la fertilidad de los suelos, la densidad y

diversidad de los organismos que lo habitan y el adecuado funcionamiento de los diferentes ecosistemas. Finalmente, los suelos de Fedearroz, Las Lamas y Las Parcelas, pueden llegar a presentar problemas de compactación, debido al uso continuo de maquinaria. La reducción del espacio poroso debilitaría las raíces, porque estas se hallarían poco profundas, con lo cual se vería afectada la salud de los cultivos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias

- Arshad, M.A. y Coen, G.M. (1992). Characterization of soil quality: physical and chemical criteria. *American Journal of Alternative Agriculture* 7, 25-31.
- Astier, C.M., Mass-Moreno, M. y Etchevers, B.J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelo en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620.
- Bautista, A., Etchevers, J., Barra. Castillo, R., Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores, *Revista ecosistema*, vol. XIII, núm. 2, Alicante, España, ISSN: 1132-6344.
- Blum, A. (1998). Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation. pp. 1-16, *Methods for assessment of soil degradation*, ISBN 0-8493-7443-X.
- De León-González, F., M. M. Hernández S., J. Etchevers B., F. Payán Z., and V. Ordaz Ch. (2000). Short-term compost effect on macroaggregation in a sandy soil under low rainfall in the valley of Mexico. *Soil Tillage Res.* 56: 213-217.
- Espinoza, L., Slaton, N., Mozaffari, M. (2011). Como Interpretar los Resultados de los Análisis de Suelos, University of Arkansas System. *Agricultura y Recursos Naturales*. FSA2118SP.
- FAO. (1990). Sustainable development and management of land and water resources. In: *Conference on Agriculture and the Environment*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Rome. 22 pp.
- FAO. (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. Informe Anual de la FAO. Roma-Italia.
- García-Álvarez, A., & Bello, A. (2004). Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. *Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost*. León, España. p. 211.
- Gil-Stores F., Trasar-Cepeda C., Leiros M. C. y Seoane S. (2005). Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 877-887.
- Gregorich, E.C., Carter, M.R., Angers, V.C., Monreal, M. y Ellert, B.H. (1994). Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soil. *Can J. Soil Sci.*, 367-385.
- IGAC. Instituto geográfico Agustín Codazzi (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. VI Edición. Bogotá. Subdirección de Agrología, 499 p.
- Lessard, L., Giga, D., Mochete, P. (2013). El ciclo del carbono: midiendo el flujo del CO₂ del suelo. Canadá.
- López, R. (2002). Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. 2002. 2^{da} ed. Serie: Suelos y clima SC-75. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. ISBN: 980-6483-10-3.
- Martha, Wolf. (2006). La Guía de campos de insectos. *Insectos de Colombia*, Primera edición.
- Noguera, M.A. & Vélez, J.A. (2011). Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo en diferentes usos., *Revista de Ciencias Agrícolas.*, Vol XXVIII, N°1, Pags. 40-52.
- Ideman, L. (1988). Guidelines for General Assessment of the Status of Human- Induced Soil Degradation. *ISRIC Working Paper and Preprint* 88/4.
- Primavesi, A. (1984). Manejo ecológico del suelo; la agricultura en regiones tropicales. 5 Ed. 2. "El ateneo" Pedro García S.A. Buenos aires, Argentina. ISBN: 950-02-3035-6.
- Roming, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F., McSweeney, K. (1995). How farmers assess soil health and quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 50, 229-236.
- Restelli, Rosa M., Gutierrez, N., Venialgo, C. (1998). Propiedades edáficas relacionadas al sistema secuencial Maíz-Soja en Labranza Cero en la región semiárida chaqueña. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*. U.N.N.E. T-III:12-14.
- Soil Survey Staff. (2010). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture, Washington DC.