

EFECTO DE DIFERENTES DE MANEJOS DE SUELOS (SMS) SOBRE LA CALIDAD DE UN ARIDISOL DE LA DEPRESIÓN DE QUÍBOR-VENEZUELA

EFFECT OF DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS (SMS) ON QUALITY OF ARIDISOL OF QUÍBOR DEPRESSION

Henriquez, Manuel*; Torres, Duilio**; Rodriguez, Orlando***; Rodriguez, Vianel****, Almao, Leyda*****; Guerra, Elicel*****; Delgado, Anolaima*****; Colmenarez, Carlos*****

¹Universidad Centrooccidental “Lisandro Alvarado” Departamento de Química y suelos.

Resumen

Para evaluar el efecto de diferentes sistemas de manejos de suelo (SMS) sobre la calidad de un aridisol de la Depresión de Quíbor, se seleccionaron áreas bajo bosque, descanso y suelos cultivados bajo manejo convencional. Se realizó un reconocimiento preliminar para seleccionar lotes homogéneos, dentro de los cuales se tomaron 3 muestras compuestas procedentes de 7 submuestras a 20 cm de profundidad, en función de la variabilidad espacial las muestras estuvieron separada 20 m y se utilizaron para evaluar las propiedades químicas, adicionalmente se tomaron muestras inalteradas a 0-5, cm para evaluar las propiedades físicas. Las variables con mayor peso en explicar la variación de los datos fueron la textura del suelo (arena, limo y arcilla), las propiedades hidrofísicas (estabilidad de agregados, conductividad hidráulica, porosidad total, macro y microporosidad), parámetros relacionados a la salinidad (Ce, Ca, Cl, SO₄, HCO₃ and CO₃) y disponibilidad de nutrientes (MO, CIC, Cu, Fe, P, K, Ca y Mg). El análisis de componentes principales agrupó a los bajo bosques y pastos, los cuales se asociaron a menores concentraciones de sales, mayor tamaño de agregados y una distribución más adecuada de la porosidad, mientras que en los manejos convencionales (cebolla, pimentón, cilantro y soya) se asociaron a mayores valores de salinidad, menor tamaño de agregados y mayor compactación, los suelos bajo descanso se agruparon junto a los manejo convencionales, pero con una tendencia a tener un comportamiento similar al bosque y pasto, debido a la disminución del contenido de sales y el mejoramiento de las propiedades físicas.

Palabras clave: desertificación, salinidad, sostenibilidad

Abstract

In order to evaluate the effect of different soil management system (SMS) on soil quality Quibor Depression, areas with forest, no-cropping and conventional cropping were selected. Previously in each area a preliminary sample was carried out to select homogenous areas, in each one was taken three composite samples from seven subsamples to 20 cm, each sample was separated 20 meters from one another according spatial variability and used to assess the chemical, also undisturbed samples 0-5, cm to evaluate the physical properties were taken. The most important variable to explain the data variation were soil texture (sand, silt and clay), hydrophysical properties (aggregate stability, hydraulic conductivity, total porosity, macro and microporosity), parameters related to salinity (Ce, Cl, SO₄, HCO₃ and CO₃) and nutrient availability (OM, CEC, Cu, Fe, P, K, Ca and Mg). Principles components analysis (ACP) grouped the ground by the impact of the use on their properties. Thus, applications with forests and pastures were associated with lower concentrations of salts, larger aggregates and a better distribution of porosity, whereas in the conventional handling (onion, paprika, coriander and soybean) to higher salinity values, smaller and more compactation. The soils under fallow were grouped with conventional management, but with a tendency to have a similar behavior that forest and grass, due to the decrease of the content of salts and the improvement of the soil physical properties.

Key word: desertification, salinity, sustainability.

Recibido: 29/05/2017 - **Aprobado:** 24/11/2017

*Ingeniero Agrónomo (UCV), maestría en ciencias del suelo (UCV), Doctor en Tecnología para agricultura sustentable en Universidad Politécnica de Madrid regional (UPM) profesor titular Universidad centrooccidental Lisandro Alvarado (UCLA), rector universidad campesina de Venezuela. E-mail: duiliotorres@ucla.edu.ve (sigue pág. 51)

Introducción

Las prácticas agrícolas convencionales como: aplicación excesiva de agroquímicos y fertilizantes inorgánicos, mecanización convencional y riego con agua de baja calidad y alto tenor salino, han traído consecuencias negativas sobre la salud del suelo como: remoción de la capa arable (Narváez *et al.*, 2011), reducción de la velocidad de infiltración de agua en el suelo (Navarrete *et al.*, 2011), menor capacidad de almacenamiento de agua, disminución del contenido de materia orgánica y de la cantidad de nutrientes disponibles (Mogollón *et al.*, 2015).

Mogollón *et al.* (2015) en la zona semiárida venezolana, particularmente en la península de Paraguaná, han observado en los últimos años un proceso de degradación continua de la tierra, producto de la implantación de sistemas agrícolas convencionales, los cuales han conllevado al incremento de suelos afectados por sales, erosión hídrica y pérdidas de la fertilidad de los suelos, en esta misma región Fernández *et al.* (2011), han reportado una disminución de la cantidad de agua disponible para los cultivos, producto de la salinización de los acuíferos.

En la depresión de Quíbor, el manejo inadecuado del suelo ha llevado a la salinización de los mismos, formación de cárcavas y disminución de sus propiedades biológicas (Jaurixje *et al.*, 2013). Sin embargo, la promoción de prácticas agroecológicas, que incluyen la incorporación de materia orgánica (Mendoza *et al.*, 2013) y el aprovechamiento de recursos biológicos (Torres *et al.*, 2014) han conllevado a la recuperación de los suelos a condiciones similares a las observadas en los bosques naturales.

Moges *et al.* (2013), señalan que para mejorar la calidad del suelo y revertir la

degradación, manteniendo la productividad a largo plazo, las prácticas agrícolas deben cumplir ciertas premisas: Integrar las prácticas culturales convencionales con tecnológicas agroecológicas; fertilización basada en abonos orgánicos y proveer del apoyo técnico para la formación de líderes, como elemento crucial para el proceso de transformación hacia una agricultura sustentable.

Para evaluar si las prácticas propuestas tienen un efecto positivo sobre la calidad del suelo, Blecker *et al.* (2012), Liu *et al.* (2014) y Zornoza *et al.* (2015), señalan que se deben seleccionar atributos de suelos que permiten evaluar los cambios en la calidad del mismo y su efecto sobre la productividad y sostenibilidad del agroecosistema. Cabe destacar que estos atributos varían en espacio y tiempo. Por lo tanto, su aplicabilidad debe estar restringida al sitio y a las condiciones de uso para la cual fueron evaluados.

El objetivo de esta investigación fue evaluar diferentes sistemas de manejo de suelos (SMS) sobre las propiedades de un aridisol de la depresión de Quíbor, con el propósito de seleccionar aquellos sistemas de manejo que mejoran y mantengan la calidad del suelo, los cuales serán los que deberán fomentarse una vez entre en funcionamiento el sistema de riego Yacambú-Quíbor.

Materiales y métodos

Ubicación y características del sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en la depresión de Quíbor, estado Lara. El clima se caracteriza por precipitaciones muy variables y erráticas, con promedio de 400 mm anuales, distribuidas de forma bimodal, con dos periodos de lluvia distribuidos entre mayo-junio y septiembre-octubre, la evapotranspiración promedio es 3000 mm

anuales, lo cual supera a la precipitación en todos los meses (INIA, 2015). En la depresión de Quíbor, se distinguen 3 series de suelo: Quíbor, Chaimare y Palo Negro.

Los suelos de las series Quíbor y Chaimare fueron clasificados como Typic Haplocambids, con altos porcentajes de limo, una estructura débil en superficie y masiva en profundidad, tienen una CE inferior a $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ y una conductividad hidráulica es limitada, con menos de $0,6 \text{ cm h}^{-1}$ (Torres *et al.*, 2015). Mientras que los suelos de la serie Palo Negro fueron clasificados como Vertic Haplocambids, con más de 50 %, de arcilla, CE superior a 2 dS m^{-1} y una conductividad hidráulica (Ks) inferior a $0,6 \text{ cm h}^{-1}$, dado los valores de CE y Ks esta serie presenta severos problemas de salinidad) y limitaciones para la circulación del agua en el perfil (Jaurixje *et al.*, 2013).

Sistemas de Manejos de suelos (SMS) evaluados: Se ubicaron los Sistemas de Manejo de Suelos (SMS), más representativos en fincas de productores y se conformaron tres grupos, correspondiente a las series de suelo: Quíbor, Chaimare y Palo Negro (Ver Cuadro 1).

Diseño de muestreo

El estudio fue de carácter cuasi-experimental (Mogollón *et al.*, 2010). El muestreo se realizó al azar en cada Sistema de Manejo de Suelos (SMS). Por cada área se tomaron 3 muestras compuestas separadas 20 m una de la otra. Cada muestra correspondió a una muestra compuesta, procedente de 7 submuestras.

VARIABLES EVALUADAS

Se evaluó materia orgánica por Walkley y Black (1934), el pH en solución suelo-agua 1:5 (Miller y Kisell, 2010); Ce en solución suelo-agua 1:2 (Gavlak *et al.*, 2003); fósforo por Olsen (Olsen *et al.*,

1954); K, Ca, Mg 1 extracción con acetato de amonio y cuantificación por absorción atómica; Cu, Fe, Zn extracción con EDTA y cuantificación por absorción atómica; CIC: capacidad de intercambio catiónico por suma de cationes; así mismo se determinó el pH; Ce; Ca, Mg, Na y K en extractos de saturación y se calculó la relación absorción de sodio (RAS). Así mismo se tomaron muestras inalteradas a 5 cm de profundidad para evaluar las propiedades físicas densidad aparente (Da), macroporosidad (Map), microporosidad (Mip), estabilidad de agregados y conductividad hidráulica saturada (Ks), empleando la metodología propuesta por Pla (1983), el contenido de limo, arcilla y arena se determinó por el método de Bouyucos (1936).

Análisis de los datos

El análisis de los datos se realizó como un experimento completamente aleatorizado, considerando el tipo de uso de la tierra como variable de clasificación. Dentro de cada predio se seleccionaron áreas con bosque, bajo barbecho y cultivadas bajo manejo convencional. El análisis de los datos fue complementado con un análisis de componentes principales (ACP) para seleccionar las variables más importantes en explicar los cambios en los parámetros evaluados y un análisis discriminante canónico, para estudiar el agrupamiento de los datos en función del sistema de manejo del suelo (SMS), para los análisis estadísticos se empleó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestra la correlación con las variables originales con el componente principal 1 (CP1) y el componente principal 2 (CP2) en las tres series de suelo bajo estudio en la Depresión de Quíbor.

Cuadro 1. Características de los sitios de muestreo ubicados en tres series de suelo de la depresión de Quíbor, estado Lara, en función del Sistema de Manejo de Suelo (SMS).

Serie	SMS	Ubicación	Manejo
Quíbor	Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Hacienda El Caujaral campos de Quíbor. (432678 E 1098961)	Mecanización convencional, fertilización química y uso de plaguicidas
	Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>), pimentón (<i>Capsicum annum</i>) y soya (<i>Glycine max</i>)	Parcelas de Marco Pérez y Hacienda Campo Alegre (432276 E 1095149 N; 431861 E 1099876 N)	Siembra directa y sin fertilización
	Descanso barbecho 15-24 meses	Parcela de Marco Pérez (432276 E 1095149 N)	Más de 2 años, fertilización esporádica, cortes cada 2 meses.
	Pasto (<i>Brachiaria decumbens</i>)	INIA. Carretera Quíbor El Tocuyo (428449 E 1093102 N) Hacienda El Caujaral campos de Quíbor (432628 E 1098974 N)	Más de 2 años, fertilización esporádica, cortes cada 2 meses
Chaimare	Bosque	INIA. Carretera Quíbor El Tocuyo (428449 E 1093102 N)	Sin manejo
	Bosque	Parcela de Teófilo García. Chaimare (427566 E 1096876 N)	Sin manejo
	Cilantro (<i>Coriandrum sativum</i>)	Parcela de Teófilo García. Chaimare (427639 E 1096861 N)	Siembra directa y son fertilizar
	Descanso barbecho 15-24 meses	Parcela de Aura Linares (427512 E 1096629 N)	Sin manejo
Palo Negro	Bosque	Finca la Caimana (429047 E 1106351 N)	Sin Manejo
	Cultivo cebolla (<i>Allium cepa</i>)	Finca la Caimana (428975 E 1106271 N) y (432678 E 1098961 N)	Mecanización convencional, fertilización química y uso de plaguicidas.
	Descanso barbecho 15-24 meses	Finca la Caimana (429065 E 1106407 N) y 428475 E 1107708 N	Sin manejo

Cuadro 2. Correlaciones con las variables originales para suelos ubicados en la Serie Quíbor, Chaimare y Palo Negro del estado Lara.

Variabes	CP1	CP2
Est. Agregados (%)	-0,74	0,67
MO	0,91	0,41
pH ¹	-0,86	-0,51
Ce ¹	0,96	0,28
P ¹	0,74	-0,68
K ¹	0,28	-0,96
Ca ¹	0,97	0,23
Mg ¹	0,96	0,28
Mn	0,88	0,48
Cu	0,99	-0,14
Fe	0,60	0,80
Zn	-0,63	0,77
CIC	0,93	0,36
Arena	-0,99	-0,15
Limo	-0,99	0,16
Arcilla	1,00	0,09
pH ²	-0,10	-1,00
Ce ²	1,00	0,10
K ²	0,94	0,34
Ca ²	0,38	-0,92
Mg ²	0,97	0,25
Na ²	0,95	0,30
K ²	-0,50	-0,87
HCO ₃	-0,19	-0,98
Cl	0,43	-0,90
SO ₄	0,99	-0,12
Ras	0,93	0,37
Ks	-0,27	-0,96
Map	-0,78	0,63
PT	-0,01	1,00
Mip	0,99	0,12

Leyenda: pH¹ determinado en solución suelo-agua (1:5); Ce¹ en solución suelo-agua (1:2); P¹ método por Olsen; K¹, Ca¹, Mg¹ determinados en solución; Cu¹, Fe¹, Zn¹ determinados en solución pH²; Ce²; Ca², Mg², Na², K² determinados en extractos de saturación; RAS (relación de absorción de sodio); Ks: conductividad hidráulica saturada; Map: macroporos; PT: porosidad total; Mip: microporos; HCO₃ (bicarbonatos); Cl (cloruros) y SO₄ (sulfatos).

Las propiedades que tuvieron mayor peso en la agrupación de las series de suelo, fueron aquellas que resultaron con mayor correlación con cada uno de los componentes evaluados en el análisis por componentes principales (ACP), siendo las variables con mayor peso en explicar la variación de los datos la textura del suelo (arena, limo y arcilla), las propiedades hidrofísicas (estabilidad de agregados, Ks, PT, Map y Mip), los parámetros relacionados a la salinidad (Ce, pH, SO_4 , Cl y HCO_3) y disponibilidad de nutrientes (MO, CIC, Cu, Mn, P, K, Ca y Mg).

Los suelos de la depresión de Quíbor presentan texturas arcillosas, lo cual incrementa la susceptibilidad del suelo al aguachinamiento, limita la infiltración del agua en el suelo y favorece el escurrimiento. Estas condiciones favorecen los procesos erosivos, principalmente la formación de cárcavas (Toledo, 2013). Así mismo estos suelos poseen alto contenido de limo, lo cual puede conllevar a problemas como: sellado y encostramiento, limitaciones para la infiltración de agua en el suelo, debido a la alta susceptibilidad a la separación de las partículas de suelo (Pulido *et al.*, 2009).

Algunos suelos de la depresión de Quíbor presentaron contenidos de arena superior al 50 %, lo que representa limitaciones para la retención de humedad. Así mismo, se incrementan los riesgos de lixiviación de agroquímicos y menor retención de agua disponible para los cultivos, condiciones similares a las observadas en la depresión de Quíbor han sido reportadas en algunas regiones semiáridas venezolanas como la planicie de Coro y la Península de Paraguaná, donde la presencia de suelos arenosos incrementa las condiciones de stress hídrico, conllevando a realizar prácticas como el uso de acondicionadores sintéticos de suelo (Lobo *et al.*, 2010).

Con respecto a las variables asociadas a la salinidad, la mayoría de los suelos, presentan valores altos de CE y pH, los cuales son explicados por las bajas precipitaciones que impiden el lavado de las bases, lo que incrementa el contenido de Ca, Mg y K en el suelo. Así mismo la alcalinización y salinización del suelo es debido al predominio de material parental de origen calcáreo y el uso excesivo de fertilizantes (Al-Ismaily y Al-Maktoumi, 2011).

En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, ésta es una variable importante en explicar la variación de los datos. Si bien en la depresión de Quíbor la mayoría de las muestras presentan contenido de materia orgánica inferior a 20 g kg⁻¹ (Jaurixje *et al.*, 2013), debido a las escasas precipitaciones y la baja producción de biomasa vegetal. No obstante, en algunas zonas se observan valores de materia orgánica superior a 20 g kg⁻¹, debido a la fertilización orgánica o la presencia de islas de fertilidad dominada por especies como *Prosopis juliflora* y con presencia de asociaciones microbianas denominadas costra biológica de suelo (CBS), que promueven la mineralización de materia orgánica (Torres *et al.*, 2014 y Torres *et al.*, 2015). En otras regiones semiáridas con condiciones edafoclimáticas similares a la de la depresión de Quíbor, autores como Mogollón *et al.* (2015) encontraron que en suelos bajo bosque dominados por especies vegetales como con *Prosopis juliflora* y *Cercidium Praecox*, observaron un incremento del carbono orgánico por encima a 20 g kg⁻¹.

La agrupación de las series de suelo en la depresión de Quíbor, también estuvieron fuertemente influenciada por el contenido de macro y micro nutrientes como P, Cu y Mn y las bases cambiante como (Ca, K, Mg y Na), tal como se reflejan en las altas correlaciones de estas variables con los CP1 y CP2. Los

valores altos de K, Ca y Mg en la depresión de Quíbor son explicados por la disminución a las bajas precipitaciones que disminuyen los procesos de lavado, incrementando el contenido de sales, los valores altos de K, pueden ser explicados por la presencia de arcilla como la illita (Rodríguez *et al.*, 1991), la cual posee una alta capacidad de intercambio catiónico, el alto contenido de P en algunas series de la depresión de Quíbor es debido a la aplicación prolongada de fertilizantes fosfatados, los cuales tienden acumularse en suelos de textura arcillosa como los predominantes en la depresión de Quíbor (Torres *et al.*, 2009).

En relación a los micronutrientes como el Cu y Mn, la variación de los datos puede estar asociado a efecto residual de la aplicación de fungicidas en el caso del cobre y en caso del Mn a un incremento de la adsorción del mismo en el suelo, por el aumento del contenido de materia orgánica.

La variación de los parámetros de suelos en la Depresión de Quíbor, también está fuertemente influenciada por parámetros asociados a la salinidad y sodicidad del suelo (CE, pH, Na y RAS), los cambios en estos parámetros están más asociados con los sistemas de manejo de suelo (SMS) ya las condiciones edafoclimáticas de la zona, las escasas precipitaciones, el uso de agua de mala calidad, sistema de riego inadecuados y uso de fertilizantes han acentuados estos problemas con las severas consecuencias sobre la estabilidad estructural de los suelo y la disminución de la productividad de los cultivos debido al exceso de sales en el suelo.

Los cambios en el comportamiento del suelo en la depresión de Quíbor, también están fuertemente influenciados por la textura del suelo, y algunos parámetros hidrofísicos como: estabilidad de agregados, Ks, PT, Map y Mip del suelo, condiciones que afectan la

movilidad de agua dentro del perfil del suelo, generando condiciones de estrés hídrico. Dado que los cambios en el comportamiento de las variables descritas anteriormente dependen las características intrínsecas de cada una de las series de suelo, se procedió a evaluar su comportamiento en función de los cambios que ocurren en ellas a través de un análisis componentes principales.

En la Figura 1, el biplot para las variables evaluadas en las series Quíbor, Palo Negro y Chaimare, muestra que a lo largo del componente 1 se identifican dos grupos de suelo, un primer grupo que corresponde a la serie Palo negro y un segundo grupo donde se ubican las series Quíbor y Chaimare. Cuando se analiza el CP3, se observan 2 grupos, uno que corresponde a la serie Quíbor y otro donde se ubican las series Palo Negro y Chaimare.

Al analizar el biplot (Figura 1), se observa que, en el CP1, que los suelos de las Series Quíbor y Chaimare están asociados a valores altos de: pH, Map, arena, limo y estabilidad de agregados, mientras que los suelos de la serie Palo Negro; están asociados con valores altos de MO, arcilla, Mip, CE, P, Ca, Mg, Cu, Zn, SO₄, Na y RAS. Estos resultados sugieren que los suelos de Palo Negro presentan problemas de sellado y encostramiento generados por el alto contenido de sodio, que causa la dispersión de las partículas de suelo, limitaciones para la movilidad del agua a través del suelo por el alto contenido de arcilla, lo que genera condiciones limitantes para el desarrollo de los cultivos por el déficit de oxígeno y problemas de salinidad por los altos valores de conductividad eléctrica.

Cuando se analiza el CP2, los cambios en el agrupamiento de las series de suelo fueron explicados por los cambios en la distribución de la porosidad observando,

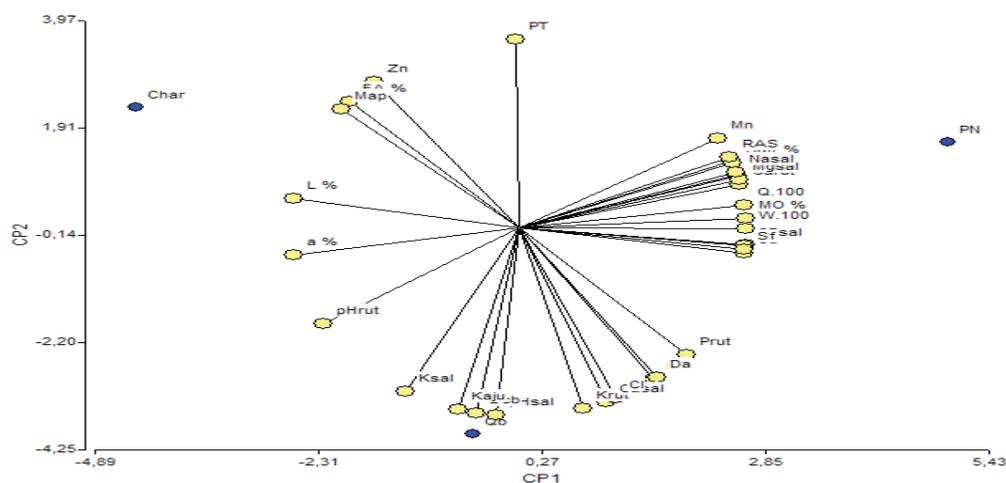


Figura 1. Biplot de variables evaluadas en suelos ubicados en las series Quíbor, Chaimare y Palo Negro. Leyenda: pH¹ determinado en solución suelo-agua (1:5); Ce¹ en solución suelo-agua (1:2); P¹ método por Olsen; K¹, Ca¹, Mg¹ determinados en solución; Cu¹, Fe¹, Zn¹ determinados en solución pH²; Ce²; Ca², Mg², Na², K² determinados en extractos de saturación; RAS (relación de absorción de sodio); Ks: conductividad hidráulica saturada; Map: macroporos; PT: porosidad total; Mip: microporos.

el predominio de macroporos en la serie Chaimare y de microporos en la Palo Negro, mientras que la serie Quíbor posee una macroporosidad y microporosidad intermedia. Los resultados ratifican lo observado al analizar el CP1, donde los altos valores de arcilla observados en la serie Palo Negro incrementan los valores de microporosidad, lo cual se traduce en restricciones para la circulación de agua.

Para estudiar los cambios en función de los sistemas de manejo de suelo (SMS), se realizó un análisis discriminante canónico. Los resultados muestran que se conformaron 3 grupos en función del SMS, un grupo conformado el bosque y los pastos que corresponden a los suelos de mejor calidad, un segundo grupo conformado por el cultivo de hortalizas como cilantro (*Coriandrum sativum*), cebolla (*Allium cepa*) y suelos bajo barbecho, que representan suelos de mediana calidad, en este segundo grupo el barbecho ha sido empleado como estrategia para la recuperación de su calidad y un

tercer grupo conformado por el cultivo de pimentón (*Capsicum anumm*) y (*Glycine max*) que representan los suelos con peor calidad, debido a que el manejo intensivo del suelo por largo tiempo, ha conllevado al deterioro de la calidad física y química del suelo, resultados similares fueron observados por Jaurixje *et al.* (2013), quienes observaron que los SMS en la depresión de Quíbor bajo manejo convencional, llevaron a la degradación del suelo.

Este agrupamiento evidencia que el pasto mejoró notablemente las condiciones del suelo al presentar un comportamiento similar al del bosque, entre otras causas por el mejoramiento de la estructura del suelo y por la capacidad de éste para remover las sales. Ferreira *et al.* (2016), quienes señalan que la conversión de bosques a suelos agrícolas en el noroeste del Brasil, observaron una merma en la calidad del suelo, pero cuando se convierten estas tierras a pasturas se logró un mejoramiento en la calidad del suelo al incrementarse las reservas de carbono,

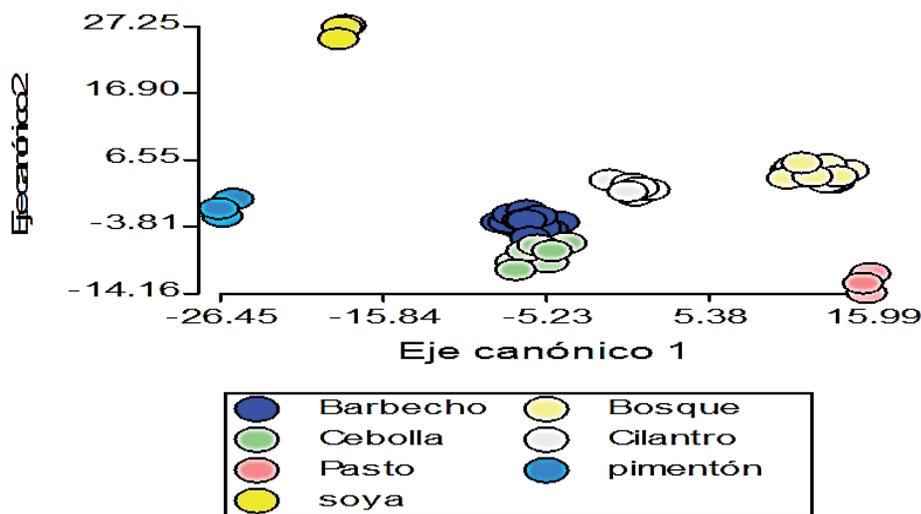


Figura 2. Análisis discriminante canónico para suelos de la serie Quíbor, Chaimare y Palo negro del estado Lara.

nitrógeno y la actividad microbiana del suelo. El uso de especies halófitas que incluye algunos pastizales ha sido reportado por Hasanuzzaman *et al.* (2014) quienes señalan que los mecanismos de estas plantas para la remoción de sales son: exclusión de sales por mecanismos de ultrafiltración radical, excreción de sales de las plantas por regulación celular y acumulación de sales, estas últimas propiedades han sido desarrolladas para promover mecanismos de fitorremediación.

Los SMS bajo pimentón, cebolla, cilantro y soya, contribuyeron al deterioro progresivo del suelo, presentado condiciones de suelo contrastante en comparación a las observadas en el bosque y el pasto. La disminución de la calidad del suelo en los sistema de manejo convencional es debido a la aplicación excesiva de agroquímicos y fertilizantes (Pierre y Betancourt, 2007), así como la mecanización inadecuada del suelo, que conlleva a problemas de compactación (Reyes, 2010), este sentido Mogollón *et al.* (2015), afirman que los sistema de producción de hortalizas bajo manejo convencional en

regiones semiáridas han afectado la calidad química y biológica del suelo, al observar un incremento la conductividad eléctrica y el cociente metabólicos.

La práctica del barbecho, aunque no ha mejorado la calidad del suelo a condiciones similares a la reportadas en el bosque, su implementación ha contribuido a que los suelos bajo este SMS presenten condiciones de calidad superiores a las observadas en los SMS bajo pimentón y soya, el mejoramiento ha sido particularmente notable en las propiedades físicas del suelo. A largo plazo, la implementación de barbecho mejora la calidad del suelo, tal como lo afirman Tondow *et al.* (2013), quienes luego de 17 años bajo barbecho mejorado en suelos de sabana de Costa de Marfil, observaron un aumento del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio producto de la mineralización de la hojarasca, que incremento el contenido de carbono orgánica, lo que mejora la fertilidad del suelo, así como las condiciones físicas del mismo.

En el caso de la soya, a pesar de que autores como Duval *et al.* (2015) han reportado que este cultivo bajo siembra directa conllevan al mejoramiento de la calidad del suelo, producto del incremento del contenido de carbono orgánico, lo cual mejora la fertilidad del suelo, así como las condiciones físicas e hidrológicas del mismo, no obstante, en la depresión de Quíbor no se han observado cambios positivos en la calidad del suelo, debido al manejo intensivo a que fue sometido previamente el suelo bajo cultivo de cebolla bajo manejo convencional (Torres *et al.*, 2009 y Jaurixje *et al.*, 2013).

Los resultados de esta investigación demuestran que en la Depresión de Quíbor, los sistemas de manejo suelo bajo hortalizas de forma convencional han conllevado a un deterioro progresivo de la calidad del suelo; sin embargo, existen alternativas de manejo como la introducción de pastizales y el descanso bajo barbecho, que pueden contribuir al mejoramiento de la calidad del mismo, por lo tanto la promoción de estas prácticas de manejo entre los productores agrícolas, es fundamental para garantizar que una vez puesto en marcha el sistema de riego Yacambú-Quíbor, que prevé un crecimiento exponencial de las áreas bajo siembra, se pueda minimizar el impacto de las actividades agrícolas sobre la calidad de los recursos suelos y contribuir de esta manera a disminuir los riesgos de degradación de tierras agrícolas.

Conclusiones

Las Series Quíbor y Chaimare se relacionaron con mayores valores de: pH, macroporosidad, arena, limo, conductividad hidráulica y porcentaje de agregación, mientras que la serie Palo Negro estuvo asociada a mayores valores de arcilla, microporos, conductividad eléctrica y sodio.

Los sistemas de manejo de suelo bajo manejo convencional (pimentón, cebolla, cilantro y soya), mostraron un deterioro a la calidad del suelo, al comparar el comportamiento de las variables, químicas e hidrofísicas del suelo con los sistemas de manejo bajo bosque y pastizales, el deterioro de la calidad del suelo, se debió al manejo intensivo por un periodo prolongado de tiempo, basado en la aplicación excesiva de fertilizantes y agroquímicos, así como una inadecuada mecanización del suelo.

El análisis de discriminante canónico agrupó a los suelos por el impacto del uso sobre sus propiedades. Así, los usos con bosques y pastos se asociaron a menores concentraciones de sales, mayor tamaño de agregados y una distribución más adecuada de la porosidad, mientras que en los manejos convencionales (cebolla, pimentón, cilantro y soya) se detectó un incremento en la salinidad, menor tamaño de agregados y mayor compactación.

Los sistemas de manejo que mejoran y mantienen la calidad del suelo, como la introducción de pastizales y el descanso bajo barbecho, deben promoverse entre los productores, agrícolas, para que una vez entre en funcionamiento el sistema de riego Yacambú-Quíbor, se minimice el impacto sobre la calidad del suelo y se mantenga la productividad de la tierra.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Humanístico y Tecnológico de la Universidad Lisandro Alvarado (CDCHT) por el apoyo técnico para la ejecución del proyecto 010-RAG-2008 "Evaluación de las prácticas de descanso de los suelos que realizan los agricultores del Valle de Quíbor.

Autores: (viene pág. 41)

**Ingeniero Agrónomo MSc. en Ciencias del suelo; Doctorando en Ciencias del Suelo (UCV); profesor asociado Universidad Lisandro Alvarado de las cátedras génesis de suelo y conservación de los recursos naturales, autor de más de 40 publicaciones en revistas científicas arbitradas e Indexadas.

***Ingeniero Agrónomo (UCV), maestría en ciencias del suelo Universidad de Georgia (USA), profesor titular jubilado Universidad centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), fundador de la unidad de investigación en suelos y nutrición mineral de plantas (UISNMP) de la universidad Lisandro Alvarado

****Ingeniero agrónomo egresado de la Universidad Lisandro Alvarado (UCLA), Doctorado en escuela de agronomía de Universidad de Sao Paulo (Brasil), profesor titular de la Universidad Lisandro Alvarado, Coordinador la unidad de investigación en suelos y nutrición mineral de plantas (UISNMP).

*****Técnico superior agroindustrial (TSU) egresada de la universidad Lisandro Alvarado (UCLA), asistente de investigación de la unidad de investigación en suelos y nutrición mineral de plantas (UISNMP)-

*****Ingeniero Agrónomo (UCLA), Maestría en horticultura (UCLA), investigadora contratada proyecto hidráulico sistema hidráulico Yacambu-Quíbor (SHYQ) y UCLA para la evaluación de sistemas de manejo de tierra en el valle de Quíbor. Coautora en más de 5 artículos de investigación en revista nacionales e internacionales.

*****Ingeniero Agrónomo (UCV), maestría en desarrollo agrícola (UCV), Doctora en Universidad Politécnica de Madrid (UPM) profesor titular Universidad centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), coordinadora de servicio comunitario de la universidad Lisandro Alvarado.

*****Técnico superior agroindustrial (TSU) egresado de la universidad Lisandro Alvarado (UCLA), asistente de investigación de la unidad de investigación en suelos y nutrición mineral de plantas (UISNMP) y coautor en más de 5 artículos de investigación en revista nacionales e internacionales.

Referencias bibliográficas:

AL-Ismaily S y AL-Maktoumi A. 2011. Studying Soil Catena in Arid-zone Environment: Case Study for Soil Science Students. Atlas Journal of Science Education. 1 (2): 24-28.

Blecker S, Stillings L, Amacher M, Ippolito J and Decrappeo N. 2012. Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions. Ecological Indicators. 20: 65-74.

Bouyoucos G. 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Soil Science society of America Journal. 4: 225 - 228.

Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez I, Tablada M y Robledo C. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Duval M, Capurro J, Galantini J y Andriani J. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. Ciencia del suelo. 33(2): 247-261.

Fernández A, Villafañe R y Hernández, R. 2011. La calidad del agua y la afectación de los suelos por sales en la península de Paraguaná, Venezuela. Agronomía Tropical. 61(3): 253-265.

Ferreira A, Leite L, Araújo A y Eisenhauer, N. 2016. Land-Use Type Effects on Soil Organic Carbon and Microbial Properties in a Semi-arid Region of Northeast Brazil. Land Degradation and Development. 27(2), 171-178.

Gavlak R, Horneck D, Miller J and Kotuby J. 2003. Soil Plant and Water Reference Methods for the Western Region. 2da ed. WCC-103 Pub. Colorado State University, Fort Collins. EUA. pp. 37-47

Hasanuzzaman M, Nahar K, Alam M, Bhowmik P, Hossain M, Rahman M

- and Fujita M. 2014. Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed research international*. 1:1-12.
- Instituto Nacional De Investigaciones Agrícolas. 2015. Red agroclimatologica de Venezuela consultado en enero 2015 en <http://www.inia.gob.ve>.
- Jaurixje M, Torres D, Mendoza B, Henríquez M y Contreras J. 2013. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de Quíbor, Estado Lara. *Bioagro*. 25(1): 47-56.
- Lobo D, Gabriels D, Torres D y Depaola G. 2010 Use of synthetic (Hydrogel) and organic soil conditioners to improve the water use efficiency for green pepper cultivation. *Arid and semiarid development through water Augmentation*. pp:42-52.
- Liu Z, Zhou W, Shen J, Li S, He P and Liang G. 2014 Soil quality assessment of Albic soils with different productivities for Eastern China. *Soil Tillage Research* 140: 74–81.
- Mendoza B, Florentino A, Hernández R, Aciego J y Torres D. 2013. Atributos biológicos del suelo con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4 (1): 409-421.
- Miller R y Kissel D. 2010. Comparison of soil pH methods on soils of North America. *Soil Science America Journal*. 74(1): 310-316.
- Moges A, Dagnachew M and Yimer F. 2013 Land use effects on soil quality indicators: a case study of Abo-Wonsho Southern Ethiopia. *Applied Environmental Soil Science*. pp:1–9
- Mogollón J, Vera M y Martínez A. 2015. Efecto de los plaguicidas sobre la calidad química y biológica del suelo en sistemas de producción de hortalizas del semiárido venezolano. *Química Viva*. 14(1): 69-89.
- Mogollón J, Rivas W, Martínez A, Campos Y e Márquez E. 2015. Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela. *Multiciencias*. 15 (3):271-280.
- Narváez K, Peñafiel V y Castillo J. 2011. Pérdida de suelo por erosión hídrica en diferentes Sistemas de producción con papa *solanum tuberosum* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 28 (1):64-72.
- Navarrete A, Vela G, López J y Rodríguez M. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *Revista Contactos*. 80:29-37.
- Olsen S, Cole C, Watanabe, F and Dean L. 1954. Estimation available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circ N° 939. Washington, EUA. 19 p.
- Pla I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista Alcance de la Facultad de Agronomía (UCV)*. N° 32. 91 p.
- Pierre, F y Betancourt P. (2007). Residuos de plaguicidas organoclorados y organofosforados en el cultivo de cebolla en la depresión de Quíbor, Venezuela. *Bioagro*, 19(2).
- Pulido M, Lobo D y Lozano Z. 2009. Asociación entre indicadores de estabilidad estructural y la materia orgánica en suelos agrícolas de Venezuela. *Agrociencia*. 43(3): 221-230.
- Reyes, W. 2010. Evaluación de la susceptibilidad a la compactación en cuatro series de suelo bajo uso agrícola en Venezuela. 2010. *Bioagro*. 22(1): 29-36.
- Rodríguez O. 1991. Minerales y arcillas de los suelos del estado Lara II. *Difractometría de rayo X*. *Bioagro*. 8 (3):91-96.
- Toledo V. 2013. Cuantificación de la erosión regresiva en cabeceras y pérdida de suelo en cárcavas en el sector de Susucal, estado Lara Venezuela. *Revista de investigación*. 80 (37): 117-138.

- Tondoh J, Koné A, N'Dri J, Tamene L and Brunet D 2013. Changes in soil quality after subsequent establishment of *Chromolaena odorata* fallows in humid savannahs, Ivory Coast. *Catena*. 101: 99-107.
- Torres D, Aparicio M, López M, Contreras J y Acevedo I. 2009. Impacto del tipo de uso de la tierra sobre propiedades del suelo en la depresión de Quíbor. *Agronomía Tropical*. 59(2): 207-217.
- Torres D, Florentino A, Ospina A, Marco L, Rodríguez N y Yendis H. 2015. Concentración de clorofila y disponibilidad de nutrientes en suelos con presencia de costra biológica de suelo (CBS). *Suelos Ecuatoriales*. 44(2):90-95
- Torres D, Florentino A, Ospina A, Marco L, Colmenares C y Yendis H. 2014. Acumulación de nutrientes en islas de fertilidad bajo cobertura de costra biológica de suelo. *Suelos Ecuatoriales*. 45(1):16-923
- Walkley A and Black, I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science America journal*. 34: 29–38.
- Zornoza R, Acosta J, Bastida F, Domínguez S, Toledo D, Faz A. 2015. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality, management practices and human health. *Soil*. 1(1):173-185.