

REHABILITACIÓN DE SUELOS DE LA DEPRESIÓN DE QUÍBOR BAJO BARBECHO, ROTACIÓN DE CULTIVOS Y USO DE ACONDICIONADORES*

Rehabilitation of Quíbor depression soils under fallow, crop rotation and soil use of conditioners

Vargas Winson¹, Henríquez Manuel¹, Torres Duilio¹

RESUMEN

El barbecho, la rotación de cultivos y el uso de acondicionadores, han sido usados para recuperar la estructura y disminuir la salinidad en suelos degradados. En la presente investigación se evaluó el efecto del pasto Canarana (*Echinochloa pyramidalis*), soya (*Glycine max* L.) y acondicionadores orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un suelo Vertic Haplocambids, arcilloso muy fino. El experimento fue conducido en macetas con suelo recolectado de la finca la Caimana de la depresión de Quíbor-Lara. El diseño de experimento fue completamente al azar, los tratamientos evaluados fueron: tiempo de descanso (1; 3 y 5 meses), cultivos incorporados (pasto y soya) y acondicionadores: tuna España (TE), cardón dato (CD) y poliacrilamida (PAM); en total se evaluaron 16 tratamientos, los cuales fueron replicados tres veces, para 48 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron: cationes totales, conductividad eléctrica en el extracto (CEe), conductividad hidráulica (Ks), porcentaje de agregados, relación de adsorción de sodio (RAS) y sodio en el extracto de saturación (Na). A fin de diferenciar las medias se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$). Los resultados encontrados muestran que el tratamiento con 3 meses bajo barbecho con pasto e incorporación del mismo y sin la aplicación de acondicionador (3P3PI), fue el más eficiente en el incremento de la agregación, mientras que los tratamientos donde se usó el cardón dato como acondicionador bajo descanso y siembra de pasto o soya (3P3ICD y 1S5SCD), incrementaron el porcentaje de agregación y disminuyeron la CE, el sodio (Na) y relación de adsorción de sodio (RAS).

Palabras clave: agregación, degradación de suelo, estructura, mucilagos.

ABSTRACT

The fallow, the crop rotation and the use of conditioners, have been used to recover the structure and decrease the salinity in degraded soils. The present investigation evaluated, the effect of Canarana grass (*Echinochloa pyramidalis*), soybean (*Glycine max* L.) and organic conditioners on some physical and chemical properties of a very thin clay, Vertic Haplocambids. The researchers conducted the experiment in pots with soil collected from the La Caimana farm in the Quíbor-Lara depression. The experiment design was completely randomized, the treatments evaluated were resting time (1, 3 and 5 months), incorporated crops (grass and soybean) and conditioners: tuna España (TE), carbon dato (CD) and polyacrylamide (PAM); In total, 16 treatments were evaluated, which were replicated three times, for 48 experimental units. The variables evaluated were total cations, electrical conductivity in the extract (CEe), hydraulic conductivity (Ks), and percentage of aggregates, sodium adsorption ratio (RAS) and sodium in the saturation extract (Na). In order to differentiate the means, the Tukey test ($\alpha < 0.05$) was applied. The results show that the treatment with 3 months under fallow with grass and its incorporation; without the application of conditioner (3P3PI), was the most efficient in the increase of the aggregation. While the treatments with carbon dato used as conditioner under rest and sowing of grass or soybeans (3P3ICD and 1S5SCD), increased the percentage of aggregation and decreased the EC, sodium (Na) and sodium adsorption ratio (RAS).

(*) Recibido: 20-03-2017

Aceptado: 20-07-2018

¹Departamento de Química y Suelos, Edificio "la Colina". Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela. *Autor para correspondencia: duiliorres@ucla.edu.ve y hemanuel@ucla.edu.ve

Key words: aggregates, mucilages, soil degradation, structure.

INTRODUCCIÓN

La depresión de Quíbor es una de las zonas de Venezuela con mayor producción de hortalizas, especialmente cebolla, tomate y pimentón. No obstante la explotación de estas tierras durante los últimos cincuenta años ha traído consigo problemas al suelo, muchos de los cuales son considerados irreversibles (Delgado *et al.* 2011). Los suelos de la depresión de Quíbor presentan baja estabilidad estructural (Pulido *et al.* 2009), lo cual puede atribuirse a: la composición mineralógica de los suelos por la presencia de caolinitas, illitas y de arcillas expansibles como la montmorillonita (Rodríguez 1991); textura fina con gran porcentaje de limos, bajo contenido de materia orgánica (Mendoza *et al.* 2013 y Jaurexje *et al.* 2013) y altos contenidos de sodio intercambiable (Guédez y Pérez 1996).

La combinación de los factores mencionados conduce a la dispersión, sellado y posterior encostramiento del suelo, lo cual a su vez ocasiona un mayor escurrimiento, cuyo arrastre de partículas provoca erosión y pérdidas importantes de material en los suelos aptos para la agricultura (Quiñonez y Dal Pozzo 2008). Para reducir estos problemas se han utilizado ácidos algínicos, polisacáridos, enmiendas y acondicionadores, que incrementan la floculación de las partículas, estabilizan la estructura, mejoran la porosidad y la infiltración de los suelos (Henríquez 2000). Autores como Mogollón *et al.* (2015) y Torres *et al.* (2015) reportan que la aplicación de biopolímeros y vermicompost contribuyen con la reducción de los contenidos de sales y de sodio en el suelo.

Entre los polímeros más empleados para la recuperación de la estructura del suelo se encuentran las poliácridamidas (PAM), la cual es un acondicionador sintético de alto peso molecular, que aumenta las fuerzas cohesivas entre las partículas del suelo, promueve la estabilidad de los agregados y mejora la tasa de infiltración de los suelos (De Melo *et al.* 2016). Los acondicionadores naturales (AN), como los

polisacáridos, están asociados a los mucílagos presentes en las estructuras de las células del parénquima acuoso del cardón dato (CD), el cardón lefaría (CL) y la tuna España (TE), entre otros (Fuentes *et al.* 2011).

El efecto del PAM sobre la concentración de sedimentos en el agua de riego y sobre la emergencia de plántulas de cebolla en un Typic Camborthid de suelos de Quíbor fue estudiado por Francisco *et al.* (1994), reportaron que la aplicación de 10 mg kg⁻¹ de la PAM en el agua de riego de los semilleros, disminuyó la concentración de los sedimentos en un 54,3 % e incrementó la emergencia de plántulas en un 70,3 %, con respecto al agua no tratada, resultados similares fueron observados por Olivero *et al.* (2013) quienes usaron con éxito mucilago de Nopal (*Opuntia ficus*), para la remoción de la turbidez de agua del río Magdalena en Colombia,

En el caso de los AN, el fenómeno que permite explicar su funcionamiento es bastante parecido al fenómeno del PAM, Muñoz *et al.* (2015) señalan que los polímeros de cactáceas están conformados por polisacáridos estructurales como: L-arabinosa, D-galactosa, ácido D-galacturónico, L-ramnosa y D-xilosa, por lo que se pueden utilizar como un aditivo natural para mejorar la estructura del suelo, debido a que inducen floculación y la agregación de las partículas del suelo, haciendo que éstas precipiten debido a su alto peso molecular. Henríquez *et al.* (2009) encontraron que el mucilago del cactus *Stenocereus griseus* (Haw.) F. Buxb, conocido como Cardón Dato (CD) contiene ácidos urónicos y azúcares neutros, principalmente galactopiranososa y cantidades menores de ramnosa, galactosa y arabinosa, composición similar a las de la pectina y que le confieren la capacidad de floculación a los acondicionadores naturales.

Los mucílagos son hidratos de carbono con abundantes polisacáridos que poseen gran cantidad de grupos -NH₂, -COOH y -OH en su estructura que, al disociarse en presencia de agua, dejan cargas negativas libres, las cuales funcionan como puentes o agentes de enlace directo con las

arcillas, uniendo las cargas negativas de los polisacáridos con las cargas positivas de las arcillas (Adjeroud *et al.* 2015 y Nharingo y Moyo 2016). El mucílago del cactus forma grandes polisacáridos parecidos a las pectinas, solubles en agua, que promueven la floculación de los suelos (Torres *et al.* 2012). De acuerdo con Gebresamuel y Gebre (2012) las aplicaciones de mucílago de cactáceas proporcionan un mayor almacenamiento de agua, debido a su capacidad para retenerla a bajos porcentajes de humedad.

Al igual que la aplicación de los acondicionadores, la rotación de cultivos es una práctica agronómica que busca mejorar el drenaje, la aireación, el tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo (Calegari *et al.* 2013 y Nacente *et al.* 2015). Durante su implementación se cultivan dos o más especies vegetales en una misma superficie (Kollas *et al.* 2015), con la rotación de cultivos se busca entre otros beneficios: mantener y mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo (Raphael *et al.* 2016), mejorar la fertilidad del suelo y mantener un balance de los nutrientes disponible para las plantas (Ahmad *et al.* 2014), reducir la erosión hídrica y eólica (Freitas y Lander 2014), mejorar la adaptación de la labranza de conservación en comparación con los monocultivos (Zuber *et al.* 2015), mejorar el drenaje, la aireación, el tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo (Njaimwe *et al.* 2016) y reducir la incidencia de malezas, insectos y enfermedades en los cultivos (Gulden *et al.* 2011).

Los beneficios de las rotaciones son avalados por investigadores como Ferreras *et al.* (2015) quienes encontraron un aumento del carbono orgánico total y la actividad biológica en los primeros 7,5 cm de profundidad del suelo, en un tratamiento con rotación de cultivo y mínima labranza. Choudhury *et al.* (2013) encontraron que los agregados estables al agua se incrementaron en 15,65 % cuando se incorporaron residuos al suelo, debido a que la liberación de polisacáridos y ácidos orgánicos durante la mineralización de la materia orgánica juega un papel en la estabilización de materia orgánica.

El uso de rotaciones con cultivos que incluyan leguminosas y pastos (Freitas *et al.* 2016)

propician la formación de agregados más estables en el suelo, generalmente las leguminosas se incorporan por su capacidad de fijar nitrógeno, pero adicionalmente, incrementan la agregación del suelo, al proteger el carbono de la descomposición microbiana (Conceicao *et al.* 2013), mientras que las gramíneas son incorporadas por la gran producción de biomasa y con un sistema radical denso, que promueve una mayor actividad biológica del suelo (Martins *et al.* 2012). En este sentido Costa *et al.* (2009) reportan que en una rotación maíz-*Brachiaria brizanta*, tanto a 0-20 como a 20-40 cm, el % de agregados se incrementó, siendo mayor el incremento a 20-40 cm.

De acuerdo con lo expuesto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la rehabilitación de un suelo Vertic Haplocambids de la depresión de Quíbor mediante el uso de pasto Canarana (*Echinochloa pyramidalis*), y soya (*Glycine max* L.) combinados con la aplicación de acondicionadores de suelo obtenidos de los mucílago de tuna España y cardón dato, así como una poliacrilamida aniónica (PAM).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El ensayo se llevó a cabo en un umbráculo con cobertura de plástico transparente, ubicado en el núcleo “Héctor Ochoa Zuleta” UCLA, en Tarabana, municipio Palavecino, estado Lara. Las muestras de suelo fueron colectadas en la finca “La Caimana”, Quíbor-Lara, Venezuela. Este suelo fue clasificado como Vertic Haplocambids, arcilloso muy fino, mixto, isohipertérmico, no ácido y está ubicado en una cubeta de decantación, salina (> 2 dSm⁻¹) con relieve plano y pendiente de 0,2 a 0,5 % (Pérez *et al.* 1995).

Diseño del experimento

El experimento se efectuó bajo un diseño totalmente aleatorizado con 16 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos se establecieron según lo descrito en el Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Acondicionador	Rotación	TD	TC	TI
Control	No se aplicó	Descanso	6	-	-
3P3PI	No se aplicó	Pasto-pasto	-	3	3
3P3PI TECC	TE 1mg/L + 3mg/L CaCl ₂	Pasto-pasto	-	3	3
3P3PI PAM	PAM 1mg/L	Pasto-pasto	-	3	3
3P3PI CDCC	CD 5mg/L + 1mg/L CaCl ₂	Pasto-pasto	-	3	3
3S3SITECC	TE 1mg/L + 3mg/L CaCl ₂	Soya-soya	3	3	-
3S3SIPAM	PAM 1mg/L	Soya-soya	3	3	-
3S3SICDCC	CD 5mg/L + 1mg/L CaCl ₂	Soya-soya	3	3	-
6P	No se aplicó	Pasto-pasto	-	6	-
6P TECC	TE 1mg/L + 3mg/L CaCl ₂	Pasto-pasto	-	6	-
6P PAM	PAM 1mg/L	Pasto-pasto	-	6	-
6P CDCC	CD 5mg/L + 1mg/L CaCl ₂	Pasto-pasto	-	6	-
1D5S	No se aplicó	Soya-soya	1	5	-
1D5S TECC	TE 1mg/L + 3mg/L CaCl ₂	Soya-soya	1	5	-
1D5S PAM	PAM 1mg/L	Soya-soya	1	5	-
1D5S CDCC	CD 5mg/L + 1mg/L CaCl ₂	Soya-soya	1	5	-

Leyenda: TE: extracto de Tuna España; CD: extracto de cardón dato; PAM (poliacrilamida); CC: cloruro de calcio; P (pasto); número arábigos usados como prefijo indican tiempo de descanso (TD); tiempo bajo cultivo (TC) y TI (tiempo de incorporación del pasto).

Los tratamientos fueron conducidos de la siguiente manera:

Rotación con Pasto: se seleccionaron y sembraron en 24 macetas, 2 macollas de pasto Canarana (*Equinochloa pyramidalis*) procedentes del banco de semillas de la UCLA, con pesos y alturas similares. Transcurridos 3 meses, a 12 de las macetas le fue cortado e incorporado el pasto y la macolla fue tratada con una solución de 5 mg L⁻¹ de Roundup®, para evitar su desarrollo en los tres meses subsiguientes (3P3PI). A las otras 12 macetas le fue cortado el pasto a 2 cm del suelo, pero no se incorporó y la macolla se dejó retoñar para luego realizarle un segundo y último corte 3 meses después (6P).

Rotación con soya: antes de efectuar la siembra, el suelo de 9 macetas se dejó en descanso por tres meses. Veinte días antes de terminar el período de descanso, se colocaron suficientes semillas de soya (*Glycine max* L) en bandejas plásticas, las cuales contenían un sustrato a base de concha de arroz, para que germinaran y alcanzaran una altura apropiada. Las plántulas se trasplantaron a las macetas y fueron cortadas a los 3 meses siguientes (3D3S). EL suelo de otras 12 macetas se dejó en descanso por un mes y luego se le trasplantó la soya. A los 75 días, y después de la floración, se realizó el corte de las plantas a ras del

suelo. Al día siguiente, se realizó el nuevo trasplante de soya, cuyas plantas fueron cortadas al final del ensayo (1D5S). A cada tres macetas de las rotaciones 3P3PI, 6P, 3D3S, 1D5S le fueron aplicados los AN definidos en el punto 4.

A otro grupo de 3 macetas de las rotaciones 3P3PI, 6P, 1D5S, no se le aplicó acondicionador. El tratamiento control correspondió a 3 macetas con suelo al cual no se le sembró cultivo ni fue tratado con acondicionador (T). Todas las macetas fueron regadas con agua del grifo, en cantidades similares y suficientes para no interferir con el desarrollo de los cultivos.

Descripción del experimento y tratamiento

Se utilizaron macetas plásticas de 18 cm de alto y 19,5 cm de diámetro. En el fondo de estos envases se colocó una malla plástica N° 200 para evitar la salida del suelo, se agregaron 4 kg de suelo de Quíbor, serie Ojo de Agua, previamente secado en estufa por 48 horas a 40-45 °C. Para la aplicación de las soluciones básicas al suelo de las macetas, se dispusieron de envases plásticos de 4,3 L a los cuales se le agregaron 3 L de las diferentes soluciones básicas. Dentro de éstos se introdujeron las macetas, para que el suelo se saturara por capilaridad y se dejaron drenar por 3 días, hasta

que el suelo alcanzara la capacidad de campo, a fin de iniciar la siembra.

Extracción de los mucílagos

Se utilizaron 50 kg de cardón dato y 30 kg de tuna España, los cuales fueron procesados de acuerdo con el procedimiento propuesto por Henríquez (2005). Del procedimiento anterior, se excluyó lo referente a la diálisis y la liofilización.

Preparación de soluciones básicas o AN. Cardón dato (CD)

Se tomaron 1.000 mg del mucílago de CD y se colocaron en un balón de 1.000 ml, que contenía agua destilada y desionizada, se calentó a temperatura entre 40-50 °C y se agitó por 30 min. Posteriormente, se pasó a un vaso de precipitado de aluminio y se licuó para obtener mayor homogeneidad. Seguidamente, se retornó al balón de 1.000 ml y se enrasó. Para obtener las concentraciones de 1.000 mg L⁻¹ de tuna España (TE), se procedió de manera similar que con el CD. También se prepararon: 1.000 mg L⁻¹ de poliacrilamida tipo aniónica (PAM), utilizando el producto Superfloc A 150[®] y 1.000 mg L⁻¹ de CaCl₂ (CC).

Combinaciones de las soluciones básicas o AN:

a) TE 1 mg L⁻¹ + 3 mgL⁻¹ CaCl₂, se tomaron 40 ml de la solución básica de TE y 120 ml de cloruro de calcio (1.000 mg L⁻¹), se colocaron en un envase de 40 L (TECC); b) CD 5 mg L⁻¹ + 1 mg L⁻¹ CaCl₂, de las soluciones básicas se tomaron 200 mL de CD y 40 mL de cloruro de calcio (1.000 mg L⁻¹), se colocaron en envases de 40 L (CDCC); c) Poliacrilamida mg.L⁻¹ (PAM), se tomaron 40 ml de PAM (1.000 mgL⁻¹) se colocaron en un envase de 40 L. Todas las soluciones acondicionadoras se enrazaron con el agua del grifo (pH 7,1 y CE 0,6-0,7 dSm⁻¹) que se utilizó para regar el ensayo, se taparon y se agitaron.

VARIABLES EVALUADAS.

Químicas: en el extracto de saturación fueron determinados los aniones, los cationes y la

conductividad eléctrica en el extracto (CEe), usando la metodología descrita por Gilabert *et al.* (1997). Físicas: distribución del tamaño de partículas, conductividad hidráulica (Ks) y poros >15 μ, determinados según Pla(1983). La estabilidad de los agregados del suelo se determinó en húmedo con un equipo marca Eijkelkamp[®], según las especificaciones de Florentino (2007).

Análisis de datos

Los resultados fueron analizados mediante el empleo del software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011). Análisis de varianza fueron aplicados a los datos para evaluar interacción y efectos simples del factor acondicionadores en cada nivel de fecha; el nivel de significancia empleado fue de 0,05. En aquellos casos en los que se detectaron efectos significativos de los factores sobre la variable evaluada, se procedió a aplicar la prueba de comparaciones de medias múltiples de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se muestran los valores de CEe, cationes y RAS en el extracto de saturación del suelo. La mayoría de los tratamientos muestran valores absolutos menores que el control (T), para todas las variables. Los tratamientos con reducción significativa en los valores de CEe, RAS y Na⁺ fueron: 3P3PIPAM, 3P3PICDCC, 3D3STECC, 6PTECC.

La reducción de los valores de esas variables se puede atribuir al lavado de las sales, especialmente del ionNa⁺ (Tabla 2), y/o, a su extracción por parte de los cultivos (Kaveh *et al.* 2011 y Cucci *et al.* 2012). También por el acomplejamiento de los iones por parte de los AN, mediante enlaces tipo AN-ion-arcilla (Shainberg *et al.* 1990), esto debido a que los mucílagos de cactáceas como el nopal (*Opuntia* sp.), contienen polisacáridos estructurales que actúan como agentes cementantes temporales al quedar unidos a arcillas y materiales húmicos por medio de interacciones iónicas, enlaces covalentes y puentes de hidrógeno (Muñoz *et al.* 2015).

Tabla 2. Comportamiento de algunas propiedades químicas en el extracto de saturación del suelo

Tratamientos	CE	DE	CV	Cationes	DE	CV	RAS	DE	CV	Na	DE	CV
Control	2,57 ^b	2,25	0,06	27,90 ^a	4,32	1,25	2,84	1,30	0,04	16,01 ^a	0,72	0,20
3P3PI	2,87 ^a	5,33	0,15	30,87 ^a	0,82	0,27	2,30	3,45	0,08	10,48 ^{bc}	1,25	0,35
3P3PITECC	2,40 ^b	4,48	0,06	27,30 ^a	3,41	0,98	2,11	2,54	0,05	8,72 ^{bcd}	1,27	0,35
3P3PIPAM	1,53 ^c	3,53	0,06	17,63 ^g	2,08	0,39	1,70	0,96	0,02	5,66 ^{fg}	3,78	0,37
3P3PICDCC	2,00 ^c	2,99	0,06	19,75 ^{fg}	6,52	1,44	1,39	2,09	0,03	3,75 ^g	3,32	0,62
3S3SITECC	1,77 ^{cde}	3,27	0,06	24,03 ^{cde}	4,58	1,10	2,38	3,40	0,08	11,23 ^b	9,36	2,25
3S3SIPAM	2,43 ^b	2,37	0,06	28,87 ^{bc}	1,34	0,38	2,84	1,38	0,04	16,01 ^a	2,12	0,57
3S3SCDCC	2,47 ^b	2,34	0,06	26,17 ^{bcd}	5,96	1,27	2,38	3,59	0,09	11,23 ^b	9,62	2,52
6P	1,90 ^{cde}	5,26	0,10	22,87 ^{def}	7,82	1,51	1,98	2,63	0,05	7,75 ^{cdef}	2,41	0,55
6PTECC	1,73 ^{de}	3,33	0,06	20,03 ^{fg}	8,05	1,20	1,75	2,68	0,05	6,06 ^{efg}	8,12	1,63
6PPAM	2,30 ^b	4,35	0,10	21,20 ^{efg}	5,96	1,27	1,85	2,63	0,05	6,51 ^{defg}	4,65	0,98
6PCDCC	1,87 ^{cde}	6,19	0,10	20,70 ^{efg}	4,82	0,93	1,92	8,05	0,15	6,21 ^{efg}	1,42	1,42
1D5S	1,83 ^{cde}	3,15	0,06	19,77 ^{fg}	3,51	0,73	1,72	3,69	0,06	5,84 ^{fg}	6,98	1,38
1D5STECC	2,07 ^b	5,39	0,15	20,70 ^{efg}	6,51	1,46	2,14	4,57	0,10	9,06 ^{bcd}	6,17	1,28
1D5SPAM	2,50 ^b	4,00	0,10	24,20 ^{bcd}	8,10	2,19	1,92	12,50	0,24	7,35 ^{def}	11,73	1,22
1D5SCDCC	1,97 ^{cd}	5,87	0,12	20,53 ^{efg}	6,71	1,39	1,48	14,00	0,21	4,37 ^g	0,56	0,12

Leyenda: CE: conductividad eléctrica; RAS: relación adsorción de sodio; Na: sodio; CV: coeficiente de variación; DE: desviación estándar.

El mejoramiento de las condiciones físicas de suelo, debido a la aplicación de los acondicionadores y el desarrollo radical de pastos, mejora la circulación de agua a través del perfil del suelo, lo cual permite el lavado de las sales (Henríquez *et al.* 2003), disminuyendo así la concentración en los horizontes superficiales, permitiendo un óptimo desarrollo de las plantas.

Los AN contribuyen a neutralizar las cargas negativas de los coloides con alta eficiencia, mediante un puente catiónico tipo acondicionador-catióncil, facilitando la formación de agregados (Henríquez *et al.*, 2009). Los tratamientos que combinaron la cobertura de pasto y soja con el uso de mucilagos de cardón dato (3P3PICDCC y 1D5SCDCC) tuvieron un comportamiento similar al tratamiento que combinó la incorporación de pastos con PAM (3P3PIPAM), por lo que esta puede ser sustituida, disminuyendo los costos para la conservación del suelo.

El uso de acondicionadores para la rehabilitación de suelos salinos-sódicos fue empleado con éxito por Mogollón *et al.* (2015) y Torres *et al.* (2015), quienes observaron una reducción del PSI y la CE al aplicar acondicionadores orgánicos e inorgánicos de suelos, los autores atribuyen estos resultados a un incremento en el contenido de materia orgánica,

debido a que existe una asociación negativa entre el contenido materia orgánica y la CE y el PSI, así mismo encontraron una correlación positiva entre materia orgánica y el índice de remoción de sodio, lo cual indica que el incremento de la materia orgánica en el suelo contribuye a la reducción de los contenidos de sales y sodio en el suelo.

La aplicación de los acondicionadores de suelo en conjunto con la rotación de cultivos, se tradujo en mejoramiento significativo de las propiedades físicas del suelo, particularmente las relacionadas con la agregación del suelo y el flujo de agua a través del mismo. En la Tabla 3, se presentan los valores de porcentaje (%) de agregados mayores a 250 μm , los valores más altos se observaron en los tratamientos donde se incorporó pasto durante el barbecho (3P3PI;3P3PIPAM;3P3PICDCC y 6PPAM) y donde se incorporó soja (1D5S y 1D5SCDCC), los resultados revelan un comportamiento similar entre los tratamientos donde se aplicó acondicionador con aquellos tratamientos sin aplicación, por lo que pueden mejorar la estructura del mismo, disminuyendo los costos y dificultades técnicas que implican la aplicación de los acondicionadores, el incremento en el porcentaje de agregados, puede atribuirse al aporte de materia lábil proporcionada por las raíces y hojas del pasto incorporado y las raíces de la soja (Spargo *et al.* 2011).

Los tratamientos donde se combinó el descanso bien sea con soya (1D5S) o con pasto (6P), presentaron valores de conductividad eléctrica, RAS y Na⁺ menores a los del control. La disminución de la conductividad puede estar asociada al mejoramiento de las condiciones físicas del suelo, que se traducen en una mejor estructura y porosidad que facilitan el lavado de

las sales. Toll *et al.* (2016) encontraron una reducción en los valores de pH y CE a partir de la incorporación de *Gramma rhodes cv.* Callide en condiciones de salinidad, observando una reducción de sus valores de pH y CE y que el aporte de residuos vegetales debido a la biomasa forrajera producida, determina un incremento significativo de la MO del suelo.

Tabla 3. Cambios en macroagregados (>250 µm) y conductividad hidráulica saturada (Ks).

Tratamientos	Agregados (%)	DE	CV	(Ks)	DE	CV
Control	15,47 ^f	12,90	2,00	0,22 ^c	8,07	0,02
3P3PI	43,83 ^{ab}	15,24	6,68	0,29 ^{bc}	4,16	0,01
3P3PITECC	32,44 ^{cd}	17,41	5,65	0,29 ^{bc}	9,93	0,03
3P3PIPAM	47,54 ^a	7,32	3,48	0,29 ^{bc}	7,01	0,02
3P3PICDCC	20,14 ^{ef}	15,35	3,09	0,28 ^{bc}	14,18	0,04
3S3SITECC	20,73 ^{ef}	2,28	0,47	0,28 ^{bc}	14,72	0,04
3S3SIPAM	41,49 ^{ab}	5,66	2,35	0,32 ^{ab}	11,65	0,04
3S3SIDCC	23,55 ^{def}	9,40	2,21	0,24 ^{bc}	12,10	0,03
6P	22,94 ^{ef}	12,66	2,90	0,30 ^{bc}	15,02	0,05
6PTECC	35,70 ^{bc}	6,27	2,24	0,25 ^{bc}	19,44	0,05
6PPAM	17,43 ^{ef}	3,41	0,59	0,31 ^{bc}	3,92	0,01
6PCDCC	23,28 ^{ef}	3,05	0,71	0,23 ^{bc}	11,05	0,03
1D5S	25,92 ^{de}	5,84	1,51	0,24 ^{bc}	11,33	0,03
1D5STECC	22,94 ^{ef}	8,44	1,94	0,40 ^a	6,78	0,03
1D5SPAM	25,46 ^{de}	10,83	2,76	0,28 ^{bc}	4,54	0,01
1D5SCDCC	18,46 ^{ef}	2,31	0,43	0,32 ^{ab}	1,59	0,01

Leyenda: Ks: conductividad hidráulica; CV: coeficiente de variación; DE: desviación estándar.

La formación de agregados se puede atribuir, entre otros, a las fuerzas de cohesión generadas por los cationes intercambiables, las arcillas y los mucílagos de los acondicionadores aplicados al suelo a través de las diferentes soluciones. Los acondicionadores contribuyen a neutralizar las cargas negativas de los coloides con alta eficiencia, mediante un puente catiónico tipo acondicionador-catión-arcilla, facilitando la formación de agregados (Henríquez *et al.* 2009). Lo anterior fue corroborado por Melo *et al.* (2014), quienes afirmaron que las poliácridamidas y los polisacáridos o mucílagos, aumentan las fuerzas de cohesión entre las partículas del suelo debido su alto peso molecular. Liu *et al.* (2009) y Henríquez *et al.* (2009) expresan que los mucílagos están compuestos por polisacáridos estructurados por grupos NH₂, -COOH y -OH que, al separarse en presencia del agua, dejan cargas libres que actúan formando enlaces con las arcillas, propiciando la formación de agregados.

La formación de agregados también se puede atribuir a la disminución del RAS. En la disminución del RAS, los tratamientos donde se incorporaron pastos con acondicionadores (3P3PITECC; 3P3PIPAM; 3P3PICDCC), descanso con pasto sin incorporar y aplicación de acondicionadores (3PTECC; 3PPAM y 3PCDCC) y descanso con soya y aplicación de indicadores (1D5STECC; 1D5SPAM y 1D5SCC), presentaron valores significativamente inferiores al testigo. Mogollón *et al.* (2015) y Torres *et al.* (2015) afirman que la disminución del RAS implica una mayor predominancia de los iones calcio y/o magnesio con lo cual facilita la formación de agregados y la sustitución del sodio en los sitios de intercambio. Muñoz *et al.* (2015) señalan que los acondicionadores naturales, están conformados por polisacáridos, que forman parte de la materia orgánica lábil del suelo, lo cual favorece la formación de los agregados, que luego se estabilizan con una cubierta de polifenoles y polianiones que son aportados por los ácidos

húmicos y fúlvicos en el suelo (Gentile *et al.* 2011).

Para la conductividad hidráulica (Ks) se observó un ligero incremento con respecto a los valores observados en el control. Esto puede atribuirse a la dispersión que se produce en las partículas ($< 50 \mu\text{m}$), los poros se taponan y se forma un sello superficial en el suelo. Inbar *et al.* (2014) y Liu *et al.* (2015) señalan que la formación del sello superficial se debe a la acumulación de las partículas en los poros $> 250 \mu\text{m}$, cuya desintegración fue producida por el impacto de las gotas de lluvia, el rápido humedecimiento o la dispersión química de las partículas de arcillas. La dispersión de las partículas del suelo fue corroborada por Barre *et al.* (2014) y Rengasamy *et al.* (2016), quienes indican que las arcillas montmorillonita e illita, les confieren características dispersivas a los suelos de Quíbor. Rodríguez (1983) y Rodríguez y Perkins (1984) señalan que el mineral más abundante de la fracción arcilla de los suelos de Quíbor es la illita seguida de la pirofilita, la montmorillonita y la calcita.

La frecuencia de la rotación propuesta mejoró sustancialmente el porcentaje de estabilidad de agregados del suelo, pero fue insuficiente para mejorar la conductividad hidráulica del mismo, los bajos valores de conductividad hidráulica están condicionados por el alto contenido de arcilla y la presencia de limo que limita la circulación de agua en el suelo. Resultados similares fueron reportados por Jaurexje *et al.* (2013), quienes no observaron cambios sustanciales en la conductividad hidráulica bajo cultivo de pastos en la depresión de Quíbor. Los valores de conductividad hidráulica en suelos arcillosos varían entre $0,44 \text{ cm h}^{-1}$ en sistemas convencionales de cebolla y $1,88 \text{ cm h}^{-1}$ bajo 20 años de descanso hasta 10 cm de profundidad, luego de 10 cm se observa un decrecimiento de la Ks a valores de $0,44$ y $0,10 \text{ cm h}^{-1}$ en sistemas convencionales y bajo descanso respectivamente, por lo que los cambios en la Ks producto del descanso y la incorporación de materia orgánica, solo se observó en los primeros 10 cm de suelo.

Torres *et al.* (2006) y Rodríguez *et al.* (2009) señalan que los cambios en la calidad de suelos luego de la implantación de prácticas agroecológicas tienen un impacto rápido sobre las propiedades químicas y biológicas, pero no sobre las físicas, cuyos efectos solos serán observados a largo plazo, generalmente estos cambios se observan en los primeros 10 cm de suelo. Por lo que las políticas de conservación y restauración de suelos, para mitigar los problemas de degradación física, deben ser propuestos a largo plazo para observar resultados, Mendoza *et al.* (2015) ratifican esta afirmación al no encontrar cambios en la conductividad hidráulica del suelo, cuando compararon un sistema convencional con siembra directa, luego de 20 años de implementación.

CONCLUSIONES

El uso combinado de prácticas de descanso, incorporación de cultivos y acondicionadores de suelos, disminuyó la conductividad eléctrica y contenido de sodio en suelos de la depresión de Quíbor, debido al mejoramiento de las condiciones físicas del suelo que facilitó el lavado de sales y el aporte de materia orgánica que contribuyó a la estabilización de los agregados.

Los acondicionadores naturales presentaron un efecto similar al de los tratamientos donde se aplicaron polocrialamidas (PAM) por lo que el uso de mucilagos de cactáceas puede sustituir el uso de las PAM para mejorar las condiciones físicas del suelo, disminuyendo los costos y las dificultades técnicas para su aplicación.

El tiempo de descanso seguido de la rotación con pasto o soya mejora sustancialmente la agregación del suelo y contribuyó a la disminución de la conductividad eléctrica y el sodio intercambiable del suelo, sin embargo, el tiempo de rotación no fue suficiente para mejorar la conductividad hidráulica del suelo, por lo que se deben aplicar practicas complementarias de mejoramiento del drenaje que propicien la circulación de agua en el suelo y faciliten el lavado de sales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico de la UCLA (CDCHT) por el aporte técnico y de infraestructura otorgado para la realización de este trabajo a través del uso de equipos y laboratorios de la Unidad de Investigación de Suelos y Nutrición Mineral de Plantas (UISNMP) del decanato de agronomía de la Universidad Lisandro Alvarado.

REFERENCIAS

- Adjeroud, N., Dahmoune, F., Merzouk, B., Leclerc, J. and Madani, K. 2015. Improvement of electrocoagulation electroflotation treatment of effluent by addition of *Opuntia ficus-indica* pad juice. Sep. Purif. Technol. 144: 168-176.
- Ahmad, W., Farmanullah, S., Muhammad, J. and Kawsar, A. 2014. Recovery of organic fertility in degraded soil through fertilization and crop rotation. J. Saudi Society of Agric. Sci 13:92-99.
- Barré, P., Fernandez, O., Virto, I., Velde, B. and Chenu, C. 2014. Impact of phyllosilicate mineralogy on organic carbon stabilization in soils: incomplete knowledge and exciting prospects. Geoderma 235:382-395.
- Calegari, A., Tourdonnet, S., Tessier, D., Rheinheimer, D., Ralisch, R., Hargrove, W., Guimarães, M. and Tavares, J. 2013. Influence of soil management and crop rotation on physical properties in long-term experiment in Paraná, Brazil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 44: 2019-2031.
- Choudhary, V., Kumar, P. and Bhagawati, R. 2013. Response of tillage and in situ moisture conservation on alteration of soil and morpho-physiological differences in maize under Eastern Himalayan region of India. Soil and Tillage Research 134: 41-48.
- Conceição, P., Diekow, J. and Bayer, C. 2013. Combined role of no-tillage and cropping systems in soil carbon stocks and stabilization. Soil and Tillage Research 129:40-47.
- Costa, C., Borghi, E., Pérez, R. e Pavan G. 2009. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. Informações Agronômicas 125:2-15.
- Cucci, G., Lacolla, G., Pallara, M. and Laviano, R. 2012. Reclamation of saline and saline-sodic soils using gypsum and leaching water. African Journal of Agricultural Research 7(48): 6508-6514.
- Delgado, A., Henríquez, M., Guerra, E., Torres, D., Rodríguez, V. y Rodríguez O. 2011. Tipología preliminar de los agricultores del Valle de Quíbor, Venezuela, según el uso de la tierra. Rev. Fac. Agron. LUZ. Supl. 1:688-698.
- De Melo, D., Gomes, B., Andrade, K., De Souza, E., Da Silva, W. and Guedes C. 2016. Pore size distribution and hydro-physical properties of cohesive horizons treated with anionic polymer. African Journal of Agricultural Research 11 (44):4443-4453.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. and Robledo, C. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo Info Stat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ferreras, L., Toresani, S., Faggioli, V. y Galarza, C. 2015. Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. Spanish Journal of Soil Science 5(3):227-242.
- Francisco, D., Rodríguez O. y Ortiz, N. 1994. Efecto de poliacrilamidas aniónicas en los sedimentos del agua de riego y en la emergencia de la cebolla. Suelos Ecuatoriales. 24: 84-87.

- Florentino A. 2007. Método para evaluar la estabilidad de los agregados del suelo por tamizado en húmedo (Equipo Eijkelkamp) - Modificado Laboratorio de Física de Suelo Instituto de Edafología Facultad de Agronomía/UCV Maracay. pp1-4.
- Freitas, P. and Landers, J. 2014. The transformation of agriculture in Brazil through development and adoption of zero tillage conservation agriculture. *International Soil and Water Conservation Research* 2(1):35-46.
- Freitas, M., De Souza, L., Salton, J., Serra, A., Mauad, M., Cortez, J. and Marchetti, M. 2016. Crop rotation affects soybean performance in no-tillage system under optimal and dry cropping seasons. *Australian Journal of Crop Science* 10(3): 353-361.
- Fuentes, L., Mendoza, I., López, A., Castro, M. y Urdaneta, C. 2011. Efectividad de un coagulante extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. En la potabilización del agua. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad de Zulia* 34 (1): 48-56.
- Gilbert J., Rojas, I. y Pérez, R. 1997. Manual de métodos de referencia: Métodos por suelos y aguas afectadas por sales. Departamento de suelos. UCLA. Barquisimeto. pp 23-35.
- Gebresamuel, N. y Gebre, T. 2012. Comparative physico-chemical characterization of the mucilages of two Cactus pears (*Opuntia Spp.*) obtained from Mekelle, Northern Ethiopia. *J. Biomater. Nanobiotechnol* (3): 79-86.
- Gentile, R., Vanlauwe, B. and Six, J. 2011. Litter quality impacts short- but not long-term carbon dynamics in soil aggregate fractions. *Ecological Applications* 21: 695-703.
- Guédez, J. y Pérez de R, R. 1996. Colección de suelos de referencia: principales suelos de uso agrícola del estado Lara. *Bioagro* 8 (3):77-86.
- Gulden, R., Lewis, D., Froese, J., Van Acker, R., Martens, G., Entz, M. and Bell, L. 2011. The effect of rotation and in-crop weed management on the germinable weed seedbank after 10 years. *Weed Science* 59(4):553-561.
- Henríquez, M., Montero, F. y Rodríguez, O. 2000. Efecto de diferentes suspensiones de cardón Lefaría, cardón dato y PAM sobre algunas propiedades físicas de un suelo de Quíbor. *Revista. Facultad. Agronomía. LUZ* 17(4):295-306.
- Henríquez, M., Rodríguez, O. y Montero, F. 2003. Efecto de acondicionadores naturales y sintéticos sobre los cationes solubles y la infiltración del agua en un Aridisol. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasil* 38 (2):311-316.
- Henríquez, M. 2005. Estudio de un acondicionador mucilaginoso extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.) F. Buxb comparado con otros acondicionadores aplicados en materiales minerales de caolín y arena. UPM. Departamento de Edafología. Madrid-España. 124 p.
- Henríquez, M., Pérez, J., Gascó, J., Rodríguez, O. y Prieto, A. 2009. Caracterización bioquímica preliminar de los principales componentes del mucílago del Cardón dato. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 27:95-102.
- Inbar, A., Lado, M., Sternberg, M., Tenau, H. and Ben-Hur, M. 2014. Forest fire effects on soil chemical and physicochemical properties, infiltration, runoff, and erosion in a semiarid Mediterranean region. *Geoderma* 221: 131-138.

- 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.
- Kaveh, H., Nemati, H., Farsi, M. and Jartoodeh, S. 2011. How salinity affect germination and emergence of tomato lines. *J. Biol. Environ. Sciences* 5: 159-163.
- Kollas, C., Kersebaum, K., Nendel, C., Manevski, K., Müller, C., Palosuo, T., Armas, C., Beaudoin, N., Bindi, M., Charfeddine, M., Conratt, T., Constantin, J., Eitzinger, J., Ewert, F., Ferrise, R., Gaiser, T., Garcia, I., De Cortazar, G., Hlavinka P., Hoffmann, H., Hoffmann, M., Launay, M., Manderscheid, R., Mary, B., Mirschel, W., Moriondo, M., Olesen, J., Öztürk, I., Pacholski, A., Ripoche, D., Roggero, P., Roncossek S., Rötter, R., Ruget, F., Sharif, B., Trnka, M., Ventrella, D., Waha, K., Wegehenkel, M., Weigel, H. and Wu, L. 2015. Crop rotation modelling - a European model intercomparison. *European Journal of Agronomy* 70: 98-111.
- Liu, J., Shi, B., Jiang, H., Bae, S. and Huang, H. 2009. Improvement of water-stability of clay aggregates admixed with aqueous polymer soil stabilizers. *Catena* 77:175-179.
- Liu, D., She, D., Yu, S., Shao, G. and Chen, D. 2015. Rainfall intensity and slope gradient effects on sediment losses and splash from a saline-sodic soil under coastal reclamation. *Catena* 128:54-62.
- Martins, M., Angers, D. and Corá, J. 2012. Carbohydrate composition and water-stable aggregation of an Oxisol as affected by crop sequence under no-till. *Soil Science Society of America Journal* (76):475-484.
- Melo, D., Almeida, B., Souza, E., Silva, L. and Jacomine, P. 2014. Structural quality of polyacrylamide-treated cohesive soils in the coastal tablelands of Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38(2): 476-485.
- Mendoza, B., Florentino, A., Hernández, R., Aciego, J., Torres, D. y Vera, E. 2013. Atributos biológicos de dos suelos de Quíbor con aplicación de abono orgánico y soluciones salinas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 4(3):409-421.
- Mendoza, B., Vera, E., Chasaigne, A. y Torres, D. 2015. Propiedades físicas y biológicas de un suelo bajo dos posiciones fisiográficas en Turén, Venezuela. *Suelos ecuatoriales* 45(1):1-9.
- Mogollón, J., Martínez, A. y Torres, D. 2015. Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Acta Agronómica* 64 (4):315-320.
- Muñoz, J., Quintero, R., Pérez, J., Valdés, E., Garcia, B. y Rojas, M. 2015. Comportamiento de la actividad enzimática del suelo al aplicar mucílago de nopal (*Opuntia spp.*). *Terra Latinoamericana* 33: 161-167.
- Nascente, A., Li, Y. and Crusciol, C. 2015. Soil aggregation, organic carbon concentration, and soil bulk density as affected by cover crop species in a no-tillage system. *Rev Bras Cienc. Solo* 39:871-879.
- Nharingo, T. and Moyo, M. 2016. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review. *Journal of Environmental Management* 166: 55-72.
- Njaimwe, A., Mnkeni, P., Chiduza, C., Muchaonyerwa, P. and Wakindiki, I. 2016. Tillage and crop rotation effects on carbon sequestration and aggregate stability in two contrasting soils at the Zanyokwe

- Irrigation Scheme, Eastern Cape province, South Africa. South African Journal of Plant and Soil 1-8.
- Olivero, R., Mercado, I. y Montes, L. 2013. Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*. Producción + Limpia 8(1): 19-27.
- Pérez, J., Schargel, R., Gómez, J. y Ohep, C. 1995. Estudio semidetallado de suelos a nivel de series del Valle de Quibor. SHYQ-UCLA. Barquisimeto. 78 p.
- Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo de conservación de los suelos en condiciones tropicales. Alcances. Revista de la Facultad de Agronomía. UCV 11: 31-40.
- 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.
- Quiñónez, E. y Dal Pozzo, F. 2008. Distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en el estado Lara, Venezuela. Geoenseñanza 13(1): 59-70.
- Raphael, J., Calonego, J., Milori, D. and Rosolem, C. 2016. Soil organic matter in crop rotations under no-till. Soil & Tillage Research 155:45-53.
- Rengasamy, P., Tavakkoli, E. and McDonald, G. 2016. Exchangeable cations and clay dispersion: net dispersive charge, a new concept for dispersive soil. European Journal of Soil Science 67(5): 659-665.
- Rodríguez, O. 1983. Minerales y arcillas de los suelos del estado Lara I. Microscopía electrónica. Biagro 1 (1): 17-32.
- Rodríguez, O. y Perkins, H. 1984. Turbio soils of Northwestern Venezuela. Properties and placement in ustropeptic subgroup. Soil Science 138:33-39.
- Rodríguez, O. 1991. Minerales y arcillas de los suelos del estado Lara II. Disfractometría de Rayos X. Biagro 3(3): 91-96.
- Rodríguez, N., Florentino, A., Torres, D., Yendis, H. y Zamora, F. 2009. Selección de indicadores de calidad de suelo en tres tipos de uso de la tierra en la planicie de Coro estado Falcón. Revista de la Facultad de Agronomía 26(3):340-361.
- Shainberg, I., Warrington, D. and Rengasam, P. 1990. Effect of soil conditioner and gypsum application on rain infiltration and erosion. J. Soil Sci. 149:301-307.
- Spargo, J., Mirsky, M., Maul, S. and Meisinger, J. 2011. Mineralizable soil nitrogen and labile soil organic matter in diverse long-term cropping systems. Nutrient Cycling in Agroecosystems 90: 253-266.
- Toll, J., Martín, G., Fernández, M., Nicosia, M., Plasencia, A., Olea, L., González, A. and Agüero, S. 2016. Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide, en la Llanura Deprimida del límite Tucumán-Santiago del Estero. Revista agronómica del noroeste argentino 36(1): 65-70.
- Torres, D., Florentino, A. y López, M. 2006. Indicadores e índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. Revista Bioagro 18 (2): 83-91.
- Torres, D., Mogollón, J., Lázaro, Y., González, M., López, M. y Yendis, H. 2015. Uso de acondicionadores orgánicos y biopolímeros para Biorremediación de suelos salinos-sódicos de la llanura de Coro, Falcón, Venezuela. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 33: 36-45.

Torres, L., Carpinteyro, S. y Vaca, M. 2012. Use of *Prosopis laevigata* seed gum and *Opuntia ficus-indica* mucilage for the treatment of municipal waste waters by coagulation-flocculation. Nat. Resour3: 35-41.

Zuber, S., Behnke, G., Nafziger, E. and Villamil, M. 2015. Crop rotation and tillage effects on soil physical and chemical properties in Illinois. Agronomy Journal 107 (3): 971-978.