

Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela durante un periodo de tres años

Behavior of the electrical conductivity of two soil series from Caño San Miguel sector, Mara municipality, Zulia State, Venezuela for a period of three years

Raquel Elena RODRÍGUEZ PÉREZ ✉, **Miguel Herminio LARREAL RÍOS** y **José Joaquín MORENO LARREAL**

Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería, Suelos y Agua, Avenida 16 (Guajira). Ciudad Universitaria "Dr. Antonio Borjas Romero". Núcleo Agropecuario. Maracaibo, 4005, estado Zulia, Venezuela. E-mails: lenorodri@hotmail.com, raqrodriguez@fa.luz.edu.ve, miguellarreal@cantv.net, miguellarreal@fa.luz.edu.ve, joaquinml1@hotmail.com, jmoreno@fa.luz.edu.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 28/05/2012

Fin de arbitraje: 11/07/2012

Revisión recibida: 03/09/2012

Aceptado: 03/12/2012

RESUMEN

El estudio se realizó en suelos con problemas de salinidad, ubicado en el área de influencia del Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, con un clima subecuatorial continental, bosque muy seco tropical. Se estudió la evolución de la conductividad eléctrica en dos series de suelos de importancia agrícola en la zona, durante un período de tres años (1997, 1999 y 2003). Se seleccionaron las series Caño San Miguel (L1-3) y el Derrote (L1-4) con base a su desarrollo agrícola, con tres y dos niveles de salinidad respectivamente. Se tomaron 120 muestras de suelo por año a cuatro profundidades para la determinación de la conductividad eléctrica. Se utilizó un modelo correspondiente a un Arreglo Factorial Jerarquizado, bajo un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones. Los resultados evidencian un descenso significativo ($p < 0,01$) de la conductividad eléctrica en ambas series, causadas principalmente por la lixiviación de las sales, como consecuencia de las altas precipitaciones registradas en los dos primeros años (1997-1999). Para el año 2003 se observó un incremento del nivel de sales, como consecuencia de las bajas precipitaciones para los años 2000-2003. El nivel de salinidad en el perfil de suelo se incrementó a mayor profundidad en ambas series, evidenciándose la redistribución o traslocación de sales en el suelo en relación con la precipitación.

Palabras clave: Precipitación, salinidad de suelos, lixiviación de sales, dinámica salina

ABSTRACT

The study was carried out in soils with salinity problems, located in the influence area of caño San Miguel, municipality Mara, Zulia State, with a climate continental subequatorial, very dry tropical forest. The evolution of electric conductivity was studied in two soils series of agricultural importance in the area, during a three years period (1997, 1999 y 2003). The series caño San Miguel (L1-3) and El Derrote were selected based on their agricultural development, with three and two salinity levels respectively. In order to measure electric conductivity, 120 samples were taken at different depths into the soil. A factorial nested design totally at random with six repetitions was applied. Results evidence a significant decrease ($p < 0,01$) in the electric conductivity for both series, mainly caused by salts lixiviation, as a consequence of the high precipitations registered 1997-1999 period. During 2003, an increase of salt level was observed as a consequence of low precipitations registered for 2000-2003 period. The salinity level increased to more depth into the soil profile according with precipitations.

Key words: Precipitation, soil salinity, salt leaching, dynamic saline

INTRODUCCIÓN

La salinidad es sin duda uno de los principales problemas que afecta al recurso suelo; estimaciones indican que los suelos afectados por sales ocupan 1 billón de ha, 7,7% de la superficie de la tierra (Massoud, 1990). Por otra parte las zonas bajo riego pueden ser objeto del proceso de salinización, hasta el punto que 1.7 millones de ha al

año son afectadas (ISRIC, 1990). Traduciéndose este proceso en una limitante de la producción agrícola, porque causa la disminución del crecimiento de muchos cultivos no tolerantes y provoca la reducción del rendimiento por toxicidad ocasionando incluso en algunos casos, si no hay medidas adecuadas de control, el abandono de la agricultura en las zonas afectadas (Forsythe, 1989 y Awasthi *et al.*, 1997).

Los problemas resultantes de la cantidad o tipo de sales presentes en la solución de suelo, pueden ser muy diferentes, dependiendo de los procesos geoquímicos que intervengan en el desarrollo de la salinización, ya sea de origen primario (procesos naturales) o secundario (intervención del hombre). (Shainberg and Levy, 2005, Rengasamy, 2010).

En ambos casos los factores responsables son la concentración y la composición relativa de las sales en las aguas superficiales y subterráneas, y los cambios que puedan sufrir en la solución del suelo como consecuencia de la influencia del clima, riego y drenaje sobre el régimen hídrico del suelo (Pla-Sentís, 1997). En líneas generales, los suelos salinos usualmente tienen altas concentraciones de Na^+ , Mg^{+2} , Cl^- y SO_4^{-2} en la solución de suelo y cuando se presenta una evaporación excesiva, estos iones forman costras de sales y eflorescencia sobre la superficie de los suelos (Howari *et al.*, 2002).

En Venezuela, la cantidad de suelos con problemas de sales se hace cada vez mayor sobre todo en las zonas áridas y semiáridas, específicamente en la cuenca del Lago de Maracaibo, se presenta un repunte de dicha problemática, debido al crecimiento agrícola de la zona y a la necesidad de instrumentar el riego para mantener una producción constante durante todo el año. La expansión del riego, ha aumentado la superficie de suelos salinizados en la cuenca del Lago de Maracaibo a unas 44.020 ha que representan un 5,74% de la superficie total de la cuenca. (Mata, 1996). Una de las zonas más afectadas por sales en la cuenca, es la zona del Caño San Miguel, municipio Mara, objeto de estudio de la presente investigación, en la cual se han realizado dos estudios semi-detallados de suelos (MARNR, 1988; Planimara, 1998); el primero abarcó una superficie de 4.472 ha de las cuales el 71,7% (3.207,2 ha) correspondieron a suelos afectados por sales, un 2,6% (118,0 ha) a suelos salinos sódicos; un 18,1% a suelos no salinos y el resto (7,6%) correspondieron a asociaciones de suelos salinos y no salinos (MARNR, 1988). Mientras que el segundo estudio; abarco una superficie de 3.690,11 ha, de las cuales el 57,94% (1961,06 ha) correspondieron a suelos afectados por sales debido a la influencia de varios factores dentro de los cuales se pueden mencionar: un sustrato salino, suelos con alto contenido de limo y arcilla, capa freática alta, manejo del agua de riego, predominio de la evapotranspiración sobre la precipitación. Por otra parte, en las zonas cercanas a las áreas inundables (ciénagas) existe un incremento

en la salinidad de los suelos, que se agrava por la utilización de las aguas provenientes de la penetración de la cuña salina del Lago de Maracaibo (Planimara, 1998).

Observaciones llevadas a cabo en el área, muestran los efectos de las sales que se manifiestan en cambios en el patrón de uso de la tierra, por ejemplo, suelos sin problemas de sales bajo cultivos hortícolas, por su mal manejo pasan a ser suelos salinizados, generando el cambio del uso de la tierra, de una producción hortícola a una producción pecuaria.

En tal sentido, se considera necesario evaluar el comportamiento de la salinidad mediante la medición de la conductividad eléctrica en los suelos de la zona para caracterizar dicha problemática, y así plantear soluciones y alternativas de manejo a muchos productores que actualmente están abandonando sus unidades de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

Ubicación condiciones agroecológicas

El estudio se realizó en la zona del Caño San Miguel, ubicada en la parroquia Luis de Vicente, municipio Mara, estado Zulia. Se localiza al suroeste y sureste de la población de Carrasquero, en la margen derecha del río Limón. Geográficamente se encuentra entre las coordenadas $10^{\circ} 58' 02.81''$ N; $71^{\circ} 55' 40.52''$ O; ocupa una superficie de aproximadamente 3.500 ha, con una elevación menor de 10 msnm en la planicie aluvial y 20-25 msnm en la altiplanicie del Lago de Maracaibo (MARNR, 1988).

El área se ubica dentro del bosque muy seco (Holdrige, 1978). Con temperaturas mínima de 23°C máxima de 29°C y precipitaciones que varían entre un mínimo de 500 y un máximo de 1000 mm.año^{-1} , lo cual implica que la misma es dos a cuatro veces menor que la evapotranspiración potencial (Planimara, 1998). Para los años de estudio la precipitación anual fue 923,6, 1594,1 y 326,4 mm en 1997, 1999 y 2003 respectivamente.

En cuanto a la vegetación natural esta ha sido intervenida casi en su totalidad, existiendo pequeños sectores donde es posible observar parte de la misma en equilibrio con el medio. En la vegetación

secundaria se observa un predominio de especies espinosas reflejando condiciones de un pedoclima seco.

Descripción del estudio

Selección de las series de suelo

Las series de suelo fueron seleccionadas, considerando su superficie y su importancia desde el punto de vista agrícola; entre las series de suelo descritas por Planimara en 1998; se seleccionaron dos series:

Serie: L1-3

Clasificación taxonómica: Serie caño San Miguel, Ustifluventic Haplocambids, limosa fina, mixta, isohipertérmica. (USDA, 1993)

Localización y superficie: se muestreo en el margen del caño San Miguel y sus cauces abandonados que cubriendo una superficie de 284,17 ha.

Geomorfología: Ocupa una posición geomorfológica de napa alta de limo de desborde, depositada en el Holoceno. Corresponde a una posición fisiográfica de banco con pendiente entre 0,5 % a 1%, microrelieve liso.

Drenaje: Externo e interno: mediano. De acuerdo a la clase de drenaje se clasificó como bien drenado. No está sometida a inundación. No existe problema con el nivel freático.

Vegetación natural: Bosque alto denso, en la actualidad casi toda el área está deforestada quedando resto de Coco de mono (*Lecythis longifolia* H.B.K.), Guásimo (*Rhynchosia mínima* (L) DC), Ceiba (*Ceiba pentadra* Gaertn), Apamate (*Tabebuia pentaphylla* (L) Hemsl), Vera (*Bulnesia arborea* (Jacq.) Engler), entre otras.

Características generales de los suelos: texturas dominantes franco-arcillosa-limosa y franco-limosas; colores en húmedo, marrón amarillento oscuro; moteado de marrón grisáceo, tenues en el último horizonte; estructura blocosa subangular, débil y moderada, media; consistencia dura, firme, adhesiva y plástica; permeabilidad, moderadamente lenta; pH neutro y suavemente alcalino en los dos últimos horizontes; carbono orgánico mediano en el primer horizonte, bajo a mayor profundidad; fósforo bajo;

capacidad de intercambio catiónico moderado; potasio alto en el primer horizonte y bajo en los restantes; calcio y magnesio alto; saturación con base muy alta; carbonato de calcio y magnesio alto; sodio medio, primer horizonte y muy bajo los restantes.

Serie L1-4

Clasificación taxonómica: Serie El Derrote, Ustifluventic Haplocambids, francosa fina, mixta, isohipertérmica. (USDA, 1993)

Localización y superficie: ubicada en al estación experimental El Derrote a lo largo de gran parte del caño San Miguel y su afluentes, ocupa una extensión de 535,15 ha.

Geomorfología: ocupa una posición geomorfológica de napa alta de limo de desborde, depositada en el Holoceno. Corresponde a una posición fisiográfica del banco con pendiente entre 0,5 a 1 %. microrelieve liso.

Drenaje: Externo e interno, mediano de acuerdo a la clase de drenaje, se clasificó como bien drenado. No está sometida a inundaciones.

Vegetación natural: Bosque alto denso que en su mayoría ha sido deforestado. Existiendo la presencia de algunos árboles, tales como samán (*Pithecolobium samán* (Jacq.) Benth), coco de mono (*Lecythis longifolia* H.B.K.), cauajaro (*Cordia alba* (Jacq.) R.& S.), Ceiba (*Ceiba pentadra* Gaertn), vera (*Bulnesia arborea* (Jacq.) Engler), aceituno (*Vitex compressa* Turcz), entre otros.

Características generales de los suelos: texturas dominantes francas y franco limosa; colores en húmedo amarillento oscuro; moteado de marrón amarillento, frecuente, media, tenue en el último horizonte; estructura blocosa subangular, débil, media; consistencia blanda, muy friable débilmente adhesivo y débilmente plástico; permeabilidad moderada; pH, neutro; carbono orgánico, mediano en el primer horizonte, bajo a mayor profundidad; fósforo bajo; capacidad de intercambio catiónico mediano en los tres primeros horizontes y bajo en los restantes; potasio alto en el primer horizonte, bajo en los restantes; calcio alto; magnesio alto en la mayoría de horizontes, mediano en el segundo y último horizonte; saturación con bases muy alta; la presencia de conductividad eléctrica en el último horizonte de 2,02 dS.m⁻¹ nos indica que el rendimiento de cultivos sensibles puede ser afectado.

Ubicación de los puntos de muestreos

Para la recolección de datos se partió de los puntos muestreados en el estudio semidetallado de la zona para el año 1997 y 1999 (Rodríguez, R *et al.*; 2006). De estos puntos se seleccionaron seis para cada uno de los siguientes niveles de salinidad:

Serie Caño San Miguel (L1-3): S0 (0 a 2 dS.m⁻¹), S2 (2 a 4 dS.m⁻¹) y S3 (4 a 8 dS.m⁻¹).

Serie El Derrote (L1-4): S0 (0 a 2 dS.m⁻¹), S3 (4 a 8 dS.m⁻¹).

Posteriormente se procedió a ubicar cada punto en las fotografías aéreas tomadas en 1997 y luego fueron trasladados al plano a escala 1:10.000. Una vez ubicados cada uno de los puntos en el plano, se realizaron viajes exploratorios a la zona, con la finalidad de chequear la ubicación de dichos puntos en el terreno.

Toma de muestras de suelo

Se realizó la toma de muestra (4 kg) en los puntos seleccionados para los 3 niveles de salinidad: S0, S2 y S3, tomando cada uno de los puntos a cuatro profundidades: 0-30; 30-60; 60-90 y 90-120 cm.

Procesamiento de las muestras.

Las muestras se desmenuzaron y se secaron al aire durante unas 72 horas y fueron tamizadas por malla de 2 mm para separar la tierra de los fragmentos gruesos. El fraccionamiento de la tierra se ha realizado mediante homogeneización y cuarteos sucesivos hasta obtener submuestras representativas.

Análisis de las muestras

A cada una de las muestras (120 anuales) se le realizaron determinaciones de conductividad eléctrica, con un conductímetro HANNA Instrument H1 8819N, siguiendo la metodología recomendada por el laboratorio de Salinidad de Riverside (USDA, 2010)

Análisis estadístico

Se realizó en base a un modelo correspondiente a un arreglo factorial jerarquizado, totalmente al azar con 6 repeticiones, en el cual se tiene: factor serie en 2 niveles. Dentro de la serie L1-3

se tienen 3 niveles de salinidad y dentro de la Serie L1-4, se tiene 2 niveles de salinidad. Además se analizó el factor año de estudio donde se consideraron 3 muestreos, en el año 1997, 1999 y 2003 y el factor profundidad de muestreo con cuatro niveles: 0 a 30cm, 30 a 60cm, 60 a 90cm y 90 a 120cm. El programa estadístico con el cual se evaluaron los datos fue Statistical Analysis System (SAS) versión 8,1; se aplicó el PROC GLM y para la comparación de medias el LSMEANS. (SAS, 2009)

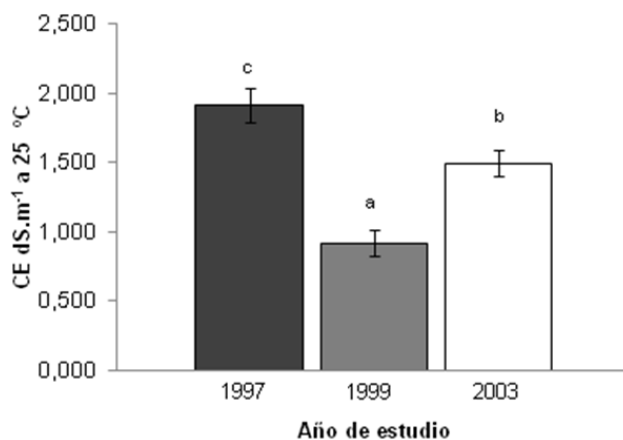
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del factor año de estudio sobre la salinidad del suelo

El factor año de estudio es el más importante ya que determina la evolución de la salinidad en el tiempo, en tal sentido, se observa diferencias estadísticas altamente significativas en las tres épocas consideradas ($p < 0,01$).

En la Figura 1 se observan los valores medios de la variable CE y su respectiva desviación estándar para los años de estudio. La CE muestra descenso significativo entre el año 1997 y 1999, presentando luego un incremento para el 2003.

El descenso de la CE de 1,91 dS.m⁻¹ a 0,92 dS.m⁻¹ en el transcurso de los dos primeros años puede ser ocasionado por un lavado o movimiento de



a,b,c: Letras distintas para un mismo nivel de salinidad dentro de una serie indican diferencias estadísticas diferente ($p < 0,05$) entre los años de estudio

Figura 1. Efecto del año de estudio sobre la conductividad eléctrica (CE) en los suelos del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

sales debido a la irregularidad en la cantidad de precipitación durante este lapso de tiempo en la zona del caño San Miguel e igualmente el aumento de la CE de $0,92 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a $1,49 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ para el año 1999 y 2003 respectivamente, puede ser debido a la poca precipitación para esos años y al uso de la tierra. En los 3 años de evaluación se observaron cambios en el uso de la tierra en las dos series de suelo, por ejemplo para el año 1997 se observaron parcelas bajo producción de cultivos (pimentón (*Capsicum annuum*) y guayaba (*Psidium guajava* L.)) con sistema de riego por surcos, para el año 1999 en parte de estas la producción se mantuvo pero en algunos puntos de muestreo se observaron parcelas abandonadas; mientras que para el año 2003 se evidenció mayor producción de pasto bajo riego por inundación con aguas que en líneas generales presenta tendencia a ser salobre sobre todo en los años de menor precipitaciones.

En la Figura 2, se muestra la distribución de la precipitación ocurrida en el transcurso de los años de evaluación. Según datos del ICLAM se tiene para el año 1997 una precipitación anual en la zona de 525,4 mm, aumentando a 925,6 mm anuales para el 1998 y triplicándose a 1595,1 mm anuales para el 1999, valor éste atípico para la zona. Es importante mencionar que valores parecidos de precipitación se han observado en cuatro ocasiones durante un período de 20 años en la zona, datos suministrados por el Instituto para la conservación del Lago de Maracaibo ICLAM. Por otra parte para el año 2003 el valor de precipitación anual fue de 326,4 mm; antecedido por un valor de precipitación menor para el año 2002 de 269,2 mm y valores parecidos para 2000 y 2002; es decir, las precipitaciones anuales durante este intervalo de tiempo 1999-2003 fueron escasas.

Las diferencias de precipitación anual entre cada uno de los años; de 400,2 mm entre los años 1997 y 1998 y de 669,5 mm entre 1997 y 1999, aunado a que la zona bajo estudio presenta una posición geomorfológica de napa alta de limo de desborde, con suelos bien drenados de textura franca, franca arcillo limosa y franco limosa, son factores que han influido en el movimiento o lavado tanto vertical como horizontal de las sales. Por otra parte, es esencial considerar que si la zona durante los años de precipitaciones normales se ve afectada por inundaciones, en los dos últimos años 1998 y 1999 cuando las precipitaciones fueron mayores éste fenómeno se vio intensificado; incluso se han llegado a cubrir las zonas altas, situación que ha favorecido el

lavado horizontal y vertical de las sales en el perfil, ya que, cuando el agua aplicada se incrementa y la humedad del suelo excede la capacidad de campo, el drenaje y el escurrimiento de las sales se inicia (Caballero *et al.*, 2001).

Situaciones análogas fueron reportadas en las marismas del Guadalquivir (España), donde se evaluó el efecto del lavado de las sales debido a las precipitaciones desde el año 1959 al 1964; el total de milímetros aportados fue de 4140,5 mm y las sales extraídas en dicho período fue de $263,41 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Pizarro, 1978). En el mismo sentido, en Israel dependen de la lluvia para el lavado, siendo suficiente entre 200-300 mm, de igual manera en Quibor, estado Lara- Venezuela, donde la lámina de agua de lluvia podría ser suficiente para lavar el suelo, pero habría que mejorar la conductividad hidráulica (Shainberg, 1993).

Para el año 2003, en el cual se observa un aumento de la CE en relación con el año 1999 es preciso acotar que al disminuir las lluvias, los suelos se van secando por evaporación; es entonces cuando comienza a generarse el proceso de salinización. En este proceso, se pueden reconocer tres fases; la primera de ellas se relaciona con el ascenso de las sales por capilaridad; la segunda consiste en la concentración salina en el horizonte superficial y la tercera fase del proceso es la formación de costra salina en superficie, que es particularmente visible en épocas calurosas, ventosas y secas (Casas, 2003).

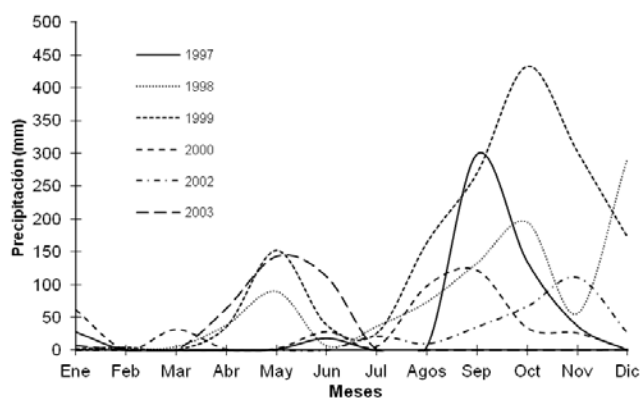


Figura 2. Distribución anual de la precipitación durante los años 1997, 1998, 1999, 2000, 2002 y 2003 en el sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

Efecto de la profundidad sobre la salinidad del suelo

En la Figura 3, se puede observar el comportamiento de la variable CE con relación a la profundidad en el perfil del suelo. La variable CE se incrementa a medida que aumenta la profundidad; esto producto del lavado o desplazamiento de las sales provocado por el movimiento del agua de lluvia en el perfil. Comportamiento similar fue descrito en un suelo Typic Haplusterts del estado Aragua, Venezuela, en el cual la CE se mantuvo alrededor de 2 dS.m⁻¹ hasta los 40 cm de profundidad, aumentando luego hasta 4,5 - 4,6 dS.m⁻¹ para los 100 cm por efecto del riego y la lluvia (Villafañe y Pla, 1994).

La variabilidad temporal de la salinidad puede ponerse de manifiesto estudiando los perfiles salinos en distintas épocas ya que las lluvias provocan un flujo descendente del agua en el suelo y con él un lavado de sales. En este sentido en un suelo de Lalueza-Huesca (España), se observó que los primeros 10 cm pueden llegar a tener una salinidad aproximadamente diez veces mayor en el mes de

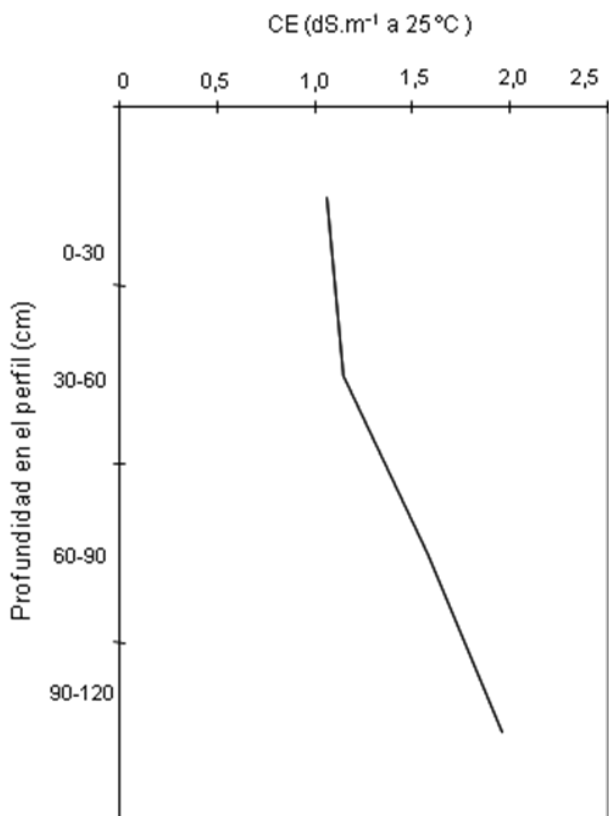


Figura 3. Comportamiento de la conductividad eléctrica (CE) en relación a la profundidad de los suelos en el sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

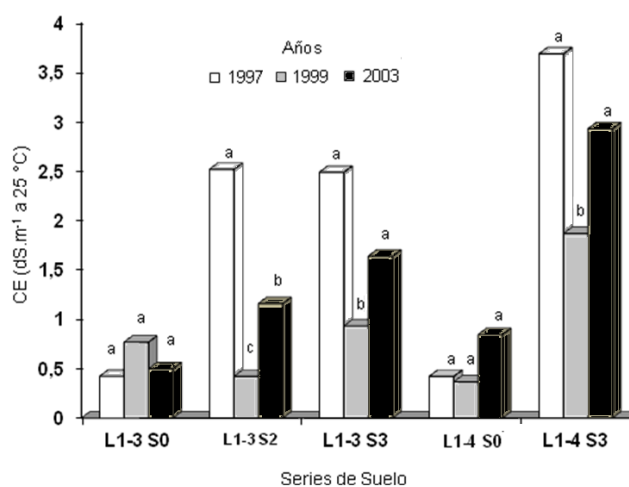
mayo que a finales del mes de octubre después de las lluvias de otoño cuando la conductividad eléctrica se mantiene alrededor de 6 dS. m⁻¹ a 25 °C hasta los 60 cm, a partir de los cuales empieza a incrementar (Porta *et al.*, 1994), comportamiento muy parecido a la de la CE en los perfiles de suelo en el Caño San Miguel.

Por otra parte, en un estudio sobre la dinámica de las sales en un suelo arcilloso, salino-sódico se pone de manifiesto que los valores más bajos de salinidad y sodicidad se encontraron en los primeros 40 cm de suelo, coincidentemente por encima de la profundidad de penetración del agua de lluvia y riego. (Pla, 1993)

Efecto de la interacción de época y serie de suelo sobre el factor nivel de salinidad

En la Figura 4, se pueden observar los cambios que se han producido en el tiempo para las dos series de suelo bajo estudio.

En la serie caño San Miguel (L1-3) para el año 1999, los valores de CE para S2 y S3 fueron 0,452 dS.m⁻¹ y 0,933 dS.m⁻¹ respectivamente; valores éstos que corresponden al nivel de salinidad S0 (0-2 dS.m⁻¹); ratificando el lavado natural o movimiento de sales en el suelo. El movimiento de sales observado fue producto de las altas precipitaciones ocurridas en



a,b,c: Letras distintas para un mismo nivel de salinidad dentro de una serie indican diferencias estadísticas diferente (p<0,05) entre los años de estudio

Figura 4. Efecto de la interacción año de estudio y serie de suelo según el nivel de salinidad (Conductividad eléctrica dS.m⁻¹ a 25 °C) en en el sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

la zona durante los años 1997 y 1999, favorecido por la condición de buen drenaje de la serie de suelo y por la posición geomorfológica de la misma (napa alta de limo de desborde). La ubicación geomorfológica de la serie de suelo puede ser uno de los factores más influyentes en el lavado o movimiento de las sales que posiblemente hayan sido desplazadas hacia las zonas bajas: cubetas de desborde, cubetas de decantación y depresión marginal, zonas en las cuales se han detectados niveles altos ($4-8 \text{ dS m}^{-1}$) y extremadamente altos ($8-16 \text{ dS m}^{-1}$) de salinidad (Planimara, 1998).

Para el año 2003, los valores de CE para S2 y S3 fueron $1,16 \text{ dS.m}^{-1}$ y $1,64 \text{ dS m}^{-1}$ respectivamente; se corresponden con el nivel de salinidad S0 ($0-2 \text{ dS m}^{-1}$) que se acercan más al límite superior, es decir, que los niveles de salinidad se han incrementado en esta serie de suelo debido a la poca precipitación que ha ocurrido en la zona y además a que los suelos que están en producción bajo riego, se riegan con agua salobre proveniente del río Limó, que en la época muy seca incrementa su salinidad porque penetra una cuña salina del Lago de Maracaibo (Planimara, 1998), resultados similares se reportan en un estudio realizado en el Valle de Quibor donde se señala que algunos suelos en posición de napas presentaron valores altos de salinidad, debido probablemente al uso intenso del riego con aguas salinas (Villafañe, 1997).

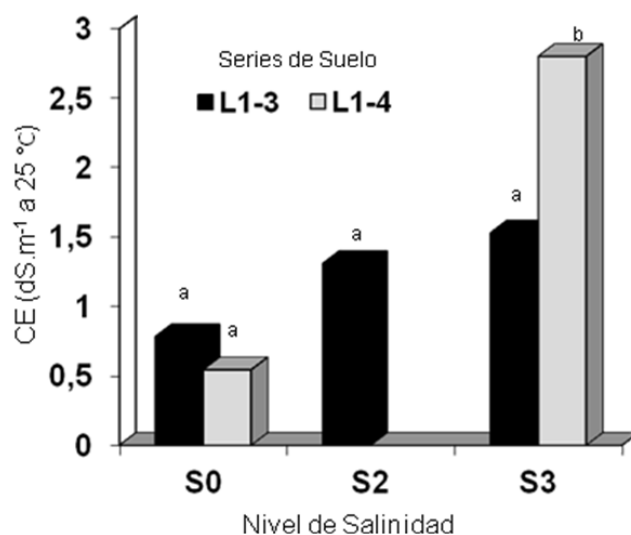
Cabe destacar que aún cuando a nivel estadístico este valor no presentó diferencias significativas, se observa en esta serie de suelo un leve aumento del valor de CE para el nivel de salinidad S0, pasando de $0,43 \text{ dS m}^{-1}$ en el año 1998 a un valor de $0,769 \text{ dS.m}^{-1}$ en el año 1999 ocasionado posiblemente por el factor riego ya que algunos puntos muestreados en este nivel se encontraban cultivados. Sin embargo para el año 2003 este valor de S0 disminuye a $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ debido a que algunos puntos correspondientes a este nivel de salinidad estaban abandonados, es decir, no estaban bajo cultivos.

En la serie el Derrote (L1-4), los valores de CE para el nivel de salinidad S0 en el 1998, 1999 y 2003 fueron $0,422 \text{ dS m}^{-1}$, $0,367 \text{ dS m}^{-1}$ y $0,845 \text{ dS m}^{-1}$ y para el nivel de salinidad S3 fueron $3,306 \text{ dS m}^{-1}$, $1,869 \text{ dS m}^{-1}$ y $2,930 \text{ dS m}^{-1}$ para el 1997, 1999 y 2003 respectivamente. Se observa una disminución en el valor medio para el nivel de S3 entre los años 1997 y 1999 debido, al igual que en la serie Caño San

Miguel (L1-3), al movimiento o lavado de sales por la precipitación pero por otra parte al igual que en la serie L1-3 se observa un aumento de este nivel para el año 2003 debido a la escasa precipitación en esa época. Es importante señalar que tal vez el descenso en la CE del nivel S3 en la Serie El Derrote para el año 1999 fue menor que en la Serie caño San Miguel como consecuencia de la ubicación de los puntos de muestreo de cada serie de suelo. Los puntos de muestreo de la Serie El Derrote se encontraban más alejados del cauce principal de agua (caño San Miguel), que pudo haber servido como drenaje natural y por el contrario se encontraban ubicados en las cercanías de ramificaciones del caño. Inclusive el aumento de la salinidad entre los años 1999 y 2003 para S3, es mayor para la serie El Derrote (L1-4) que para la serie caño San Miguel (L1-3), reforzando esto lo antes expuesto.

Efecto del nivel de salinidad dentro de series de suelo

En la Figura 5, se pueden observar los datos obtenidos para la variable CE en cada nivel de salinidad dentro de cada una de las series, así para la Serie L1-3, S0 presentan un valor de $0,786 \text{ dS m}^{-1}$, S2 de $1,531 \text{ dS m}^{-1}$ y S3 de $1,309 \text{ dS m}^{-1}$. Estos valores de CE corresponden todos a nivel de salinidad S0 cuyo rango es $0-2 \text{ dS m}^{-1}$, es decir, en esta serie se ha



a,b,c: Letras distintas para un mismo nivel de salinidad indican diferencias estadísticas diferente ($p < 0,05$) entre las dos series de suelo

Figura 5. Respuesta de las series de suelo según el nivel de salinidad (conductividad eléctrica (dS.m^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$) en el sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

evidenciado una mayor disminución de la salinidad. De igual manera, se observa en la Serie L1-4 para la cual el nivel S0 tiene un valor de 0,544 dS m⁻¹ y S3 de 2,802 dS m⁻¹, valores diferentes ($p < 0,05$), aunque es importante destacar que el valor de S3, ha disminuido su media en los años de estudio que según este valor, se ubicaría en un nivel de salinidad de S2, esto demuestra que los suelos de la serie, han tendido a disminuir su heterogeneidad en relación a los niveles de salinidad, esto ocasionado probablemente a que durante los años de estudio se observó la tendencia a que los puntos muestreados que presentaron mayor CE para un año, posteriormente se encontraban bajo barbecho de desalinización.

CONCLUSIONES

La conductividad eléctrica del suelo en la zona ha presentado un descenso para los dos primeros años de estudio (1997 y 1999), posteriormente para el año 2003 se presentó un incremento de la conductividad eléctrica; ocasionado principalmente por la variación de las precipitaciones en la zona, para los primeros años se evidenció translocación vertical de sales a causa del lavado con las aguas de lluvia, mientras que durante el 2003 las bajas precipitaciones y el riego ocasionaron el aumento de la salinidad. Los valores de Conductividad eléctrica se incrementaron a medida que era mayor la profundidad del suelo.

LITERATURA CITADA

- Awasthi, O.; R. Pathak and S. Pandey. 1997. Sodicity and salinity on survival and nutrient status of four scion cultivars budded on Indian Jujube (*Zyzyphus mauritiana* Lam.). *Tropical Agriculture* 74 (3): 192-195.
- Caballero, R.; A. Bustos y R. Román. 2001. Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1210-1218.
- Casas, R. 2003. Estrategias de recuperación post-emergencia de los suelos afectados por las inundaciones en la Región Pampeana. Documento en línea: [http://www.produccion-animal.com.ar/inundacion/14-estrategias de recuperacion.htm](http://www.produccion-animal.com.ar/inundacion/14-estrategias-de-recuperacion.htm). Consultado: mayo 2012.
- Empresa Regional Sistema Hidráulico Planicie de Maracaibo (PLANIMARA). 1998. Estudio detallado de suelos del Caño San Miguel. Distrito Mara, Maracaibo-Venezuela. 137 p.
- Forsythe, W. M. 1989. El manejo de suelos salinos para el cultivo de caña de azúcar. *In: X Congreso Anual Azucarero de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica. Memorias Guanacaste, Costa Rica.*
- Howari, F.; P. Goodell and S. Miyamoto. 2002. Spectral properties of salt crust formed on saline soils. *Journal of Environmental Quality* 31: 1453-1461.
- Holdrige, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Traducción de Humberto Jiménez Soa. XX ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 216 p.
- International Soil Reference and Information Center (ISRIC). 1990. World map of the status of human-induced soil degradation. United Nations Environmental Program, Wageningen, the Netherlands.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 1988. Estudio semi-detallado de suelos Sector Caño San Miguel-El Sargento. Maracaibo, Venezuela. 190 p.
- Massoud, I. 1990. Salinity and alkalinity as soil degradation hazards. FAO, Rome.
- Mata, D. 1996. Problemática de salinidad de suelos y aguas en áreas ubicadas en la región noroccidental del estado Zulia. Trabajo de Ascenso. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela. 20 p.
- Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Agrícola Española C.A. Madrid, España. 521 p.
- Pla Senti, I. 1993. Dinámica de las sales en un suelo salino-sódico del sistema de riego Suata-Taiguaiguay, Estado Aragua. Tesis de Doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 142 p.
- Pla Senti, I. 1997. Evaluación, manejo y recuperación de suelos afectados por sales. *In: XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Núcleo Universitario Rafael Rangel (NURR), Universidad de Los Andes (ULA) del 02 al 07 de Noviembre de 1997.*

- Porta, J.; M. López y C. Roquero. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 645 p.
- Rengasamy, P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology* 37: 613-620.
- Rodríguez, R.; J. Moreno, J. Díaz y M. Larreal. 2006. Comportamiento de la conductividad eléctrica de dos series de suelo del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, durante un periodo de 2 años. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 23: 395-406.
- Shainberg, I. 1993. Manejo y rehabilitación de suelos salinos y sódicos bajo riego. Curso de Actualización Profesional. Posgrado de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Akvarado (UCLA). Barquisimeto, Venezuela. 56 p.
- Shainberg, I. and G. J. Levy. 2005. Salination processes. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. p. 429-435
- Statistical Analysis System (SAS). 2009. Version 9.1.3. Statistical Analysis System Institute. SAS Institute, Inc. Cary, New York, United States of America.
- United State Department of Agriculture (USDA). 1993. Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. U. S. Dept. Agriculture Handbook No. 18 Natural Resources Conservation Service. Washington, D.C. United States of America. 503 p.
- United State Department of Agriculture (USDA). 2010. Keys to soil taxonomy. Natural Resource Conservation Service. 10th Edition. Washington, D. C. United States of America. 331 p.
- Villafañe, R. e I. Pla Senti. 1994. Efectos del riego y la lluvia sobre el desplazamiento vertical de sales en un suelo arcilloso de Venezuela. *Agronomía Tropical* 44 (4): 707-729.
- Villafañe, R. 1997. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. *Agronomía Tropical* 47 (2): 131-139.