

# Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector Caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia durante un período de dos años

R. Rodríguez, J. Moreno, J. Díaz y M. Larreal

Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología, Maracaibo estado Zulia

## 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 dos años (97-99). 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 a cuatro profundidades para la determinación de la conductividad eléctrica (CE). Se utilizó un diseño de tratamientos jerarquizado, bajo un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones. Los resultados obtenidos 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 el período de estudio. El nivel de salinidad en el perfil de suelo se incrementó a mayor profundidad.

**Palabras clave:** serie de suelo, salinidad, CE, lixiviación.

## Introducción

La incorporación de una considerable superficie de tierras a la producción agrícola y pecuaria, ha ocasionado en muchos casos la disminución de la capacidad productiva de los suelos, debido a un manejo ineficiente de este recurso. Esta situación ha conducido a la manifestación de diferentes pro-

blemas, entre los que se destacan la erosión de los suelos, pérdida de estructura, compactación y salinidad. Este último, es sin duda uno de los principales problemas, ya que ha llegado a afectar a nivel mundial el 30% de los suelos cultivados (9).

Los beneficios derivados de la

---

Recibido el 20-2-2004 • Aceptado el 26-1-2006

Autor para correspondencia email: lenorodriguez@Hotmail.com; jjmoreno@luz.edu.ve; jesus\_diaz\_ve@latinmail.com; mlarreal@luz.edu.ve

agricultura de riego frecuente no han sido sostenibles, debido a la salinización o desarrollo de suelos afectados por sales, denominándose así aquellos suelos que resultan adversos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos, por la presencia de sales más solubles que el yeso, de sodio intercambiable o de ambos (15).

En este sentido, los suelos afectados por sales se clasifican y definen de la siguiente manera (13): 1) suelos salinos o potencialmente salinos ( $CE > 2$  mmhos.cm<sup>-1</sup>;  $PSI < 15$ ), cuya concentración, composición y distribución de sales en el perfil de suelo, asociado a condiciones climáticas, drenaje, composición de sales en el agua disponible, provoquen o puedan provocar, al introducir el riego, problemas en los cultivos derivados de la concentración total de sales en la solución de suelo; 2) suelos salinos sódicos o potencialmente salinos sódicos ( $CE > 2$  mmhos.cm<sup>-1</sup>,  $PSI > 15$ ), cuya concentración, composición y distribución de sales en el perfil de suelo, asociados a condiciones de drenaje, clima y de composición y concentración de sales en las aguas de uso potencial para riego, provoquen o puedan provocar al introducir el riego, problemas de deterioro físico del suelo derivados de la acumulación de sodio intercambiable (8).

Existen también los suelos salinos ácidos o potencialmente salinos ácidos, los cuales conservando niveles, tipo y localización de sales totales que los ubicarían como salinos, presentan pequeñas cantidades de hidroaluminio en solución, lo que hace que su reacción sea ácida con pH inferior a 5 (7).

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 la salinización, ya sea de origen primario (procesos naturales) o secundario (con intervención del hombre). 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 pueden sufrir en la solución de suelo como consecuencia de la influencia del clima, riego y drenaje sobre el régimen hídrico del suelo. Los principales factores climáticos a considerar son la lluvia y la evapotranspiración (11).

En Venezuela, el problema de la salinidad en los suelos se intensifica más en zonas áridas y semiáridas, específicamente en la Cuenca del lago de Maracaibo, donde se ha observado un repunte, debido al ensanchamiento de la frontera agrícola y a la introducción del riego, a fin de mantener una producción constante durante todo el año.

Según investigaciones realizadas, la zona de estudio se encuentra severamente afectada por los excesos de sales en el suelo, debido al bajo desnivel de la zona, la presencia de estratos salinos enterrados y a la presencia de ciénegas a ambos márgenes del río Limón, que dificultan el drenaje interno y que no tiene en la práctica ninguna salida natural. Todos estos factores unidos a las condiciones climáticas de la zona y al uso y manejo de los suelos, específicamente al riego en exceso, contribuyen al as-

censo del nivel freático haciendo mas patética esta problemática (2, 3, 6, 14).

Observaciones llevadas a cabo en el área indican los efectos del mal manejo de los suelos sobre los patrones de uso de la tierra, donde áreas bajo cultivos hortícolas en suelos inicialmente sin problemas o con bajos niveles de salinidad han tenido que cambiarse a la producción pecuaria (3, 14).

Considerando lo antes mencio-

nado en relación al problema de sales en le sector Caño San Miguel se planteó realizar dicho estudio para evaluar el comportamiento de la conductividad eléctrica de dos serie de suelos representativas desde el punto de desarrollo agrícola en la zona y que a su vez presentarán problemas de salinidad, con la finalidad de aportar soluciones y propuestas en el área.

## Materiales y métodos

1. Características del área de Estudio

1.1 Ubicación y condiciones agro ecológicas del área de estudio.

El estudio se realizó en la zona del caño San Miguel, ubicada políticamente 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 N-1215.000 y N-1223.000; E-179.500 y E-181.500, ocupa una superficie de aproximadamente 3500 ha, con una elevación de 10 msnm en la planicie aluvial y 20-25 msnm en la Altiplanicie (6).

El área de estudio corresponde a un clima subecuatorial continental, bosque muy seco tropical, según la clasificación de zonas de vidas en la metodología de Holdrige (5). El promedio anual de temperatura mínimo es de 23°C y máximo de 29°C y el promedio anual de precipitación varía generalmente entre 500 y 1000 mm, la cual es dos o cuatro veces menor que la evapotranspiración potencial (14).

En la zona de estudio la vegetación natural ha sido intervenida casi en su totalidad, existiendo pequeños sectores donde la vegetación se encuentra en equilibrio con el medio. En la vegetación secundaria predominan especies espinosas, lo que refleja condiciones de un pedoclima seco.

2 Descripción del estudio

2.1 Selección de las series de suelo

Se seleccionaron dos series de suelos con problemas de salinidad, la serie Caño San Miguel (L1-3) y la serie el Derrote (L1-4), en función de la superficie cubierta y de su uso agrícola. Estas series de suelo presentaron las siguientes características (14).

Serie: L1-3

Clasificación taxonómica: Serie Caño San Miguel, Ustifluentic Haplocambids, Limosa fina, mixta, isohipertérmica.

Localización y superficie: se mapeó en sectores en el margen del Caño San Miguel y sus cauces abandonados. Cubre una extensión 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.

**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 bases, muy alta; carbonato de calcio y magnesio, alto; carbonato calcio, bajo; sodio, medio primer horizonte y muy bajo los restantes.

Serie L1-4

**Clasificación taxonómica:** Serie El Derrote, Ustifluventic Haplocambids, francosa fina, mixta, isohipertérmica.

**Localización y superficie:** ubicada en la 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.

**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<sup>-1</sup> lo cual indica que el rendimiento de cultivos muy sensibles puede ser afectado.

2.2 Ubicación de los puntos de muestreos

Para la recolección de datos se partió de los puntos muestreados en el estudio de Planimara (15). 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<sup>-1</sup>), S2 (2 a 4 dS.m<sup>-1</sup>) y S3 (4 a 8 dS.m<sup>-1</sup>).

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

Los puntos de muestreo se ubicaron en fotografías aéreas del año 1997 y posteriormente se trasladaron a un plano a escala 1:10.000. Una vez ubicados los puntos en el plano, se realizaron viajes exploratorios a la zona, con la finalidad de ubicarlos en el terreno.

### 2.3 Toma, procesamiento y análisis de muestras de suelo

Las muestras fueron tomadas en el año 1999 sobre los puntos seleccionados en el estudio de 1997 realizado por Planimara; a cuatro profundidades: 0 a 30cm; 30 a 60cm; 60 a 90cm y 90 a 120cm, se tomaron con barreno Perrin, se secaron a temperatura ambiente durante 7 días, se tamizaron y posteriormente se determinó su conductividad eléctrica (CE), siguiendo la metodología recomendada por el laboratorio de salinidad de Riverside (5, 17).

### 3 Análisis estadístico de la información experimental

Se realizó en base a un modelo correspondiente a un diseño de tratamientos jerarquizado, bajo un diseño

experimental totalmente al azar con 6 repeticiones, en el cual se evaluó: al factor serie con 2 tipos de series (L1-3 y L1-4). Dentro de la serie L1-3 se estudiaron 3 niveles de salinidad (S0, S2, S3) y dentro de la Serie L1-4, se estudiaron 2 niveles de salinidad (S0, S3). Para el factor época se consideraron 2 muestreos, uno en el año 97 y el otro en el año 99 y además 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.

## Resultados y discusión

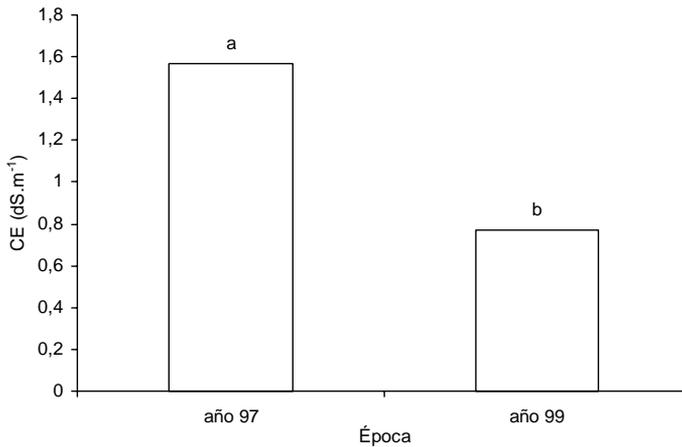
Efecto del factor época sobre la salinidad del suelo

Se encontró una disminución significativa en la CE ( $P < 0,01$ ) durante el período de evaluación (figura 1). El descenso en esta variable de 1,57  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  en el año 97 a 0,77  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$  en el año 99, es atribuible al lavado o movimiento de sales debido a la cantidad de lluvia caída en la zona de estudio (figura 2). En efecto para el año 97 se presentó un promedio de precipitación anual de 525,4 mm, aumentando a 925,6 mm anuales en el 98 y triplicándose a 1595,1 mm anuales en el 99, valor éste atípico para la zona; aún cuando es importante mencionar que valores parecidos de precipitación se han observado en cuatro ocasiones durante un período de 20 años en la zona, situación que permite deducir

que probablemente en la zona ocurran ciclos de lavados naturales de las sales en el suelo por efecto de la lluvia.

Con respecto a esto; varios autores han señalado que el agua de lluvia fue excelente para lavar las sales del suelo, debido a su bajo contenido de sales. La eficiencia en el lavado dependió de que las lluvias torrenciales no se eliminaron superficialmente en su mayor parte; además naturalmente de la existencia de un buen drenaje en el suelo (16, 18, 19).

En este sentido; las diferencias de 400,2 mm de precipitación del año 97 al 98 y de 669,5 mm de precipitación del 98 al 99, aunado a que la zona bajo estudio presentó una posición geomorfológica de Napa Alta de Limo de Desborde, con suelos bien drenados de textura franca, franca arcillo



Columnas con letra distinta son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ )

**Figura 1. Efecto de la época sobre la conductividad eléctrica (CE) en los suelos de la zona del caño San Miguel.**

limosa y franco limosa, sugiere que ocurrió un lavado o desplazamiento vertical u horizontal de sales debido al agua de lluvia. 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 98 y 99 cuando las precipitaciones han sido mayores éste fenómeno se ha intensificado; llegando incluso a cubrir las zonas altas, situación está que pudo haber favorecido el lavado horizontal o vertical de las sales en el perfil (1).

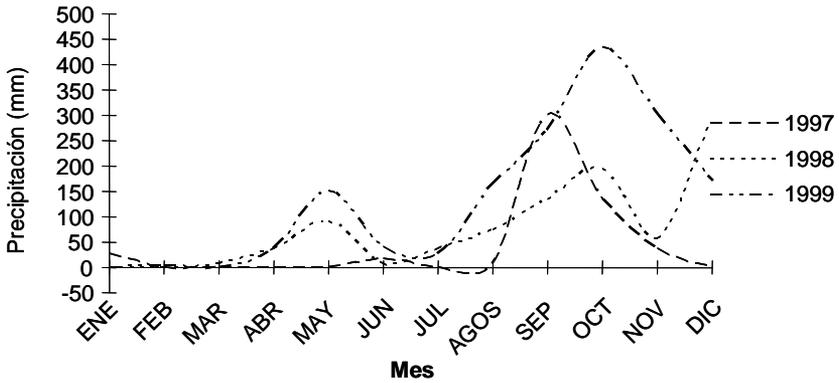
Situaciones análogas fueron reportadas en los Marismas del Guadalquivir, España, donde se evaluó el efecto de lavado de las sales debido a las precipitaciones desde el año 1959 al 1964, donde las lluvias alcanzaron los 4140,5 mm.ha<sup>-1</sup> y la cantidad de sales extraídas en dicho período fue de 263,42 kg.ha<sup>-1</sup> (10). En el mismo sentido, algunos estudios señalan que

en Israel se depende de la lluvia para proveer el requerimiento de lavado y aún con 200 a 300 mm de lluvia es suficiente para lograrlo (16). De igual manera en Quibor, estado Lara, la lámina de lluvia pudiera ser suficiente para lavar el suelo, pero habría que mejorar la conductividad hidráulica.

La incidencia de la lluvia tuvo su influencia en el lavado de sales, ya que la práctica de dejar en descanso las tierras salinizadas en las zonas áridas permitió que la lluvia produjera cierto desplazamiento de las sales, recuperándose los suelos en 2 o 3 años (18). Esta situación concuerda con los resultados obtenidos en la evolución de la salinidad durante el período de estudio.

Efecto de la profundidad sobre la salinidad del suelo

La conductividad eléctrica se incrementó a medida que la profundidad en el perfil del suelo fue mayor (fi-



**Figura 2. Distribución anual de la Precipitación en la zona Caño San Miguel durante los años 1997,1998 y 1999.**

gura 3). Esto fue producto del lavado o desplazamiento de las sales provocado por el movimiento del agua de lluvia en el perfil. Comportamiento similar fue reportado en un suelo Typic Haplustert del estado Aragua, Venezuela, en el cual la CE se mantuvo alrededor de  $2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  hasta los 40 cm de profundidad, aumentando luego hasta  $4,5$  a  $4,6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  para los 100 cm por efecto del riego y la lluvia (18).

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 (15). Por otro lado en un suelo de Lalueza (Huesca), se observó que los primeros 10 cm tuvieron una salinidad aproximadamente diez veces mayor en el mes de mayo que a finales del mes de octubre después de las lluvias de otoño cuando la CE se mantuvo alrededor de  $6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  a  $25^\circ\text{C}$  hasta los 60 cm, a partir de los cuales empezó a incrementar, comportamiento similar fue observado en los

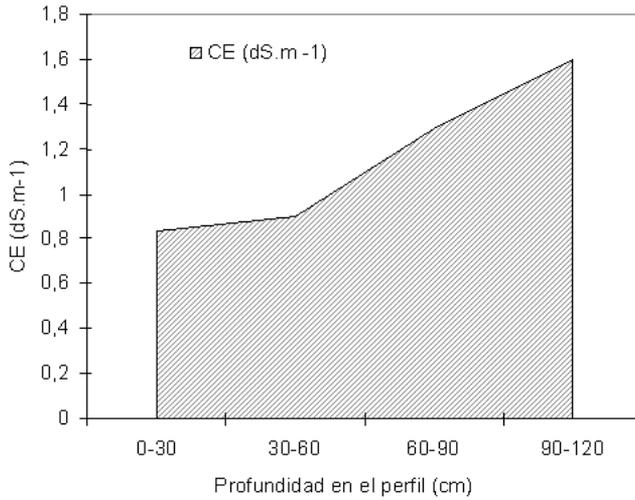
perfiles evaluados en este estudio.

En la dinámica de las sales en un suelo arcilloso, salino-sódico se encontró que los valores más bajos de salinidad y sodicidad se obtuvieron en los primeros 40 cm de suelo, es decir por encima de la profundidad de penetración del agua de lluvia y riego; la muy baja permeabilidad del suelo por debajo de los 40 cm, no permitió un desplazamiento de sales a mayor profundidad (12).

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

La acción conjunta de la época y la serie de suelo se presenta en la figura 4. Se encontraron diferencias en la interacción época y serie de suelo ( $P < 0,05$ ). Los niveles de salinidad disminuyeron en ambas series de suelo durante el período de estudio, evidenciándose que hubo un descenso mayor en los niveles S2 y S3 de la serie L1-3 que en los niveles de la serie L1-4.

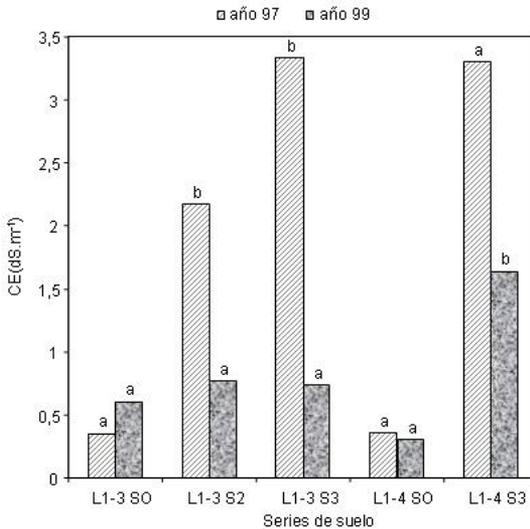
Los niveles de salinidad S2 y S3 de la serie L1-3 descendieron de  $2,17 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $3,33 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  en el año 97 a  $0,77 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  y  $0,74 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  en el año 99, res-



**Figura 3. Comportamiento de la CE en relación a la profundidad en suelos de la zona del Caño San Miguel.**

pectivamente; mientras que, en la serie L1-4 los niveles de salinidad S0 y S3 bajaron de 0,36 dS.m<sup>-1</sup> y 3,30 dS.m<sup>-1</sup> en

el año 97 a 0,30 dS.m<sup>-1</sup> y 1,64 dS.m<sup>-1</sup> en el año 99, respectivamente. Este comportamiento pudo deberse a la posición



Columnas con letra distinta son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ )

**Figura 4. Efecto de la interacción época y serie de suelo según el nivel de salinidad en la conductividad eléctrica (dS.m-1).**

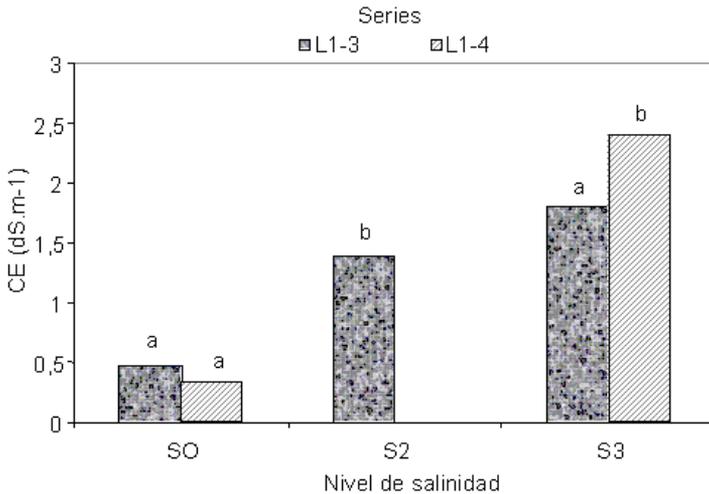
geomorfológica ocupada por las series (Napa de Limo de Desborde) (20), lo cual infiere que las sales se hayan desplazado a posiciones geomorfológicas más bajas (cubetas de desborde, cubetas de decantación y depresiones marginales), donde en estudios anteriores Porta *et al.* (15) encontraron niveles fuertes (4 a 8  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) y extremadamente fuertes (8 a 16  $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) de salinidad. Bajo condiciones particulares el mayor descenso de los niveles de salinidad de la serie L1-3 pudo ser debido a las condiciones de drenaje ya que en esta serie no hubo problemas con el nivel freático y quizás también porque, los puntos de muestreo de la Serie L1-4 (El Derrote) se encontraban más alejados del cauce principal de agua (Caño San Miguel) que en tal caso pudo haber servido como drenaje natural; los puntos de la Serie L1-3 se

encontraban un poco más cercanos a ramificaciones del Caño que no conducían la misma cantidad de agua.

Efecto del nivel de salinidad dentro de la serie de suelo

El nivel de salinidad S0 difirió significativamente ( $P < 0,01$ ) de los niveles de salinidad S2 y S3 de la serie L1-3; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas ( $P < 0,01$ ) entre los niveles S2 y S3, lo que indicó que en esta serie la diferencia entre los valores correspondientes a estos niveles (S2 y S3) tendió a una disminución durante el período de estudio (figura 5). De igual manera en la serie L1-4 los resultados obtenidos en los niveles S0 y S3 son estadísticamente diferentes ( $P < 0,01$ ).

Es importante destacar que los valores de la CE encontrados en los niveles S0, S2 y S3 de la serie L1-3 se correspondieron con el rango del nivel



Columnas con letra distinta son estadísticamente diferentes ( $P < 0,05$ )

**Figura 5. Respuesta de las series de suelos según el nivel de salinidad a la conductividad eléctrica ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ).**

inicial de salinidad S0 (0 a 2 dS.m<sup>-1</sup>) lo que ratifica la ocurrencia de un lava-

do natural. En la serie L1-4 se presenta un comportamiento similar.

## Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se condujo la investigación y en función de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

·El nivel de salinidad en ambas series de suelo disminuyó significativamente como resultado de las altas precipitaciones ocurridas en la zona durante los dos últimos años.

·Se encontró un mayor descenso del nivel de salinidad en la serie Caño San Miguel (L1-3) que en la serie El Derrote (L1-4).

·El nivel de salinidad en el perfil de suelo se incrementó a mayor profundidad. Esto fue producto del lavado o desplazamiento de las sales pro-

vocado por el movimiento del agua de lluvia en el perfil.

·Se recomienda darle continuidad al estudio durante años sucesivos para así obtener una predicción de la salinización de los suelos de la zona con mayor exactitud a fin de aportar soluciones y alternativas a muchos productores del área.

·Uno de los factores que afecta la concentración de sales en el perfil de suelo, es la aplicación de agua de riego, en tal sentido se recomienda en futuros estudios en la zona, evaluar con mayor precisión, época, frecuencia y método de riego.

## Literatura citada

1. Ajhuacho, E. y S. Tanaka. 2003. Recuperación y disminución de la salinidad del suelo. En: Artículos de Investigación Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia. No. 2 Santa Cruz Bolivia. P. 31-36.
2. González, J. 1965. La Salinidad en la Zona del Río Limón. MOP-LUZ (V Memorias de la Jornadas Agronómicas de la Facultad de Agronomía). Maracaibo Venezuela. 13 p.
3. Gutiérrez, O., H. González y J. de Gaubeca. 1965. La calidad de las aguas del Río Limón y su relación con la salinidad de los suelos de la región. MOP-LUZ. Maracaibo Venezuela. 15 p.
4. Holdrige, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Trad. de Humberto Jiménez Soa. XX ed. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.
5. ISRIC. 1993. Procedures for soil analysis. Fourth Edition. L.P. Van Ed. 13-1p.
6. MARNR. 1988. Estudio Semidetallado de suelos Sector Caño San Miguel- El Sargento. Maracaibo Venezuela. 190 p.
7. Mata, D. 1996. Problemática de salinidad de suelos y aguas en áreas ubicadas en la región noroccidental del estado Zulia. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela. 20 p.
8. Phillip, A. y J. Carter. 2004. Dispersion of saline and non-saline nature Moltisol and Alfisols. Soil Science 169(8):40-45.
9. Pilar, A., A. Ortiz y A. Cerda. 1994. Implications of calcium nutrition on the response of *Phaseolus vulgaris* L. to salinity. Plant and Soil 159:205-212.

10. Pizarro, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española C.A. Madrid. 521 p.
11. Pla S., I. 1993. Dinámica de las sales en un suelo salino-sódico del sistema de riego Suata-Taiguaiquay, Estado Aragua. Tesis de Doctorado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 142 p.
12. Pla S, I. 1997. Evaluación, manejo y recuperación de suelos afectados por sales. En: XIV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Universidad de Lleida. España. 42 p.
13. Pla, I. y F. Dappo. 1974. Sistema racional para la evaluación de la calidad de aguas para riego. FUDECO. Boletín Informativo. Suplemento Técnico No 12.
14. Planimara. 1998. Estudio Detallado de suelos del Caño San Miguel. Distrito Mara, Maracaibo Venezuela. 137 p.
15. Porta, J., M. López y C. Roquero. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 645 p.
16. Shaiberg, I. 1993. Manejo y rehabilitación de suelos salinos y sódicos bajo riego. Curso de Actualización Profesional dictado por el Posgrado de Agronomía de la UCLA. Barquisimeto, Venezuela. 56 p.
17. USDA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No. 60 L.A. Richards, Ed.160 p.
18. Villafañe, R. 1997. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. *Agronomía Tropical* 47(2):131-139.
19. Villafañe, R. y I. Pla. 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.
20. Villafañe, R., O. Abarca, M. Azpúrua, M., T. Ruiz, y J. Dugarte. 1999. Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quibor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. *Biagro* 11(2):43-50.