

Efecto de la aplicación de una lámina de riego a diferentes temperaturas y frecuencias sobre un andisol salino tratado con corriente eléctrica

Effect of applying irrigation water to different temperatures and frequencies on saline Andean soil treated with electric current

Javier Giovanni Álvarez¹, Carlos Alberto Luengas² y Jaime Torres³

Resumen: El presente trabajo se desarrolló en los laboratorios de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con el propósito de estudiar la respuesta de un suelo salino a la aplicación de agua de riego con diferentes tratamientos de temperatura y frecuencia. El suelo utilizado es un Humic Haplustands tomado del lote 4 del Centro Agropecuario Marengo. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, en el que el primer factor fue la temperatura del agua de riego (18, 23 y 30 °C) y el segundo factor, el fraccionamiento de la lámina de riego (lámina fraccionada y lámina total aplicada). Todos los tratamientos fueron sometidos a una corriente directa de 2 V. Las variables analizadas para cada tratamiento fueron: pH, conductividad eléctrica, sulfatos, cloruros, carbonatos, bicarbonatos y bases totales (Ca, Mg, Na, K), medidas en el extracto de saturación, antes y después de aplicar los tratamientos. El análisis de resultados permitió concluir que la mayor reducción en los contenidos de Ca y Mg se presentó cuando el agua de riego se encontraba a 30 °C; en las demás variables medidas no se presentó respuesta a los cambios de temperatura. La aplicación de 2 V de corriente directa disminuyó significativamente los contenidos de Ca, Mg, Na, K y Cl, así como los valores de la conductividad eléctrica. En cuanto a las frecuencias de aplicación de las láminas de riego, ninguna de las variables mostró respuesta.

Palabras claves adicionales: salinidad, suelos, conductividad eléctrica, sulfatos, cloruros, carbonatos

Abstract: This work was carried out in the Universidad Nacional de Colombia's Soil laboratory to study a saline soil's response to irrigation water being applied having different temperature and frequency treatments. The soil used was a Humic Haplustands taken from lot 4 on the Marengo Farm Centre. A totally random experimental design used a 3 x 2 factorial arrangement, the first factor being irrigation water temperature (18, 23 and 30 °C) and the second dividing the irrigation water up (partial and total applied water). 2 V direct current was applied to all treatments. The variables analysed for each treatment were pH, electric conductivity, sulphates, chlorides, carbonates, bicarbonates and total bases (Ca, Mg, Na, K) measured in saturation extract before and after applying the treatments. The results led to concluding that the greatest reduction in Ca and Mg content was presented when irrigation water was 30 °C. There was no response to changes of temperature in the other variables measured. Applying 2 V direct current significantly reduced Ca, Mg, Na, K and Cl content, as well as electric conductivity values. None of the variables presented a response regarding frequency of applying irrigation water.

Additional key words: salinity, soils, electric conductivity, sulphates, chlorides, carbonates

Introducción

LA SALINIDAD DE LOS SUELOS en cualquiera de sus manifestaciones ha sido la causante, en mayor o menor grado,

de la reducción en la capacidad productiva de muchas regiones del mundo. Estudios de la FAO (1985) indican que debido a la salinización existe hoy 1,5 veces más tierra improductiva que la que se maneja bajo riego.

Fecha de recepción: 01 de septiembre de 2005

Aceptado para publicación: 21 de noviembre de 2005

¹ Profesor asistente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. e-mail: jagial@mail.com

² Profesor ocasional, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá (Colombia). e-mail: carlfabus@yahoo.com

³ Profesor asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: jtorresb@unal.edu.co

En general, la presencia de suelos salinos y/o salino-sódicos obedece a la meteorización de los minerales primarios, que liberan cationes; éstos son transportados a otros lugares de depósito, en donde pasan a ser constituyentes de nuevos suelos, los cuales seguramente tendrán limitaciones para los cultivos.

En Colombia no se tiene información precisa y actualizada sobre el incremento de la salinidad. Se sabe que en los suelos ha alcanzado valores preocupantes, tanto en áreas bajo riego, como en zonas con regímenes áridos o ústicos (Mejía, 1981). Tenorio (1979) reporta que, en el caso del valle del Cauca, la tasa de salinización se incrementa en 7% cada año y las áreas sometidas a recuperación son relativamente insignificantes. Se estima que un 3% del total del área cultivable en Colombia presenta problemas de sales (33.600 km²), y, en general, estas áreas se encuentran en zonas de producción intensiva, como es el caso de la Costa Atlántica, en donde más de 25.000 km² manifiestan salinidad.

Algunos suelos de la Sabana de Bogotá presentan problemas de drenaje debido a la presencia de arcillas lacustres en sus horizontes subsuperficiales: adicionalmente, la calidad del agua usada en el riego, proveniente del río Bogotá, ha inducido la presencia de altos contenidos de sales en el suelo, lo que ha generado una limitación para la productividad de ciertos cultivos sensibles a los suelos salinos, disminuyéndose así la competitividad del sector agrícola de esta región.

La situación que actualmente presenta el Centro Agropecuario Marengo (CAM) es preocupante, ya que, del área total de 0,97 km², un 87% presenta salinidad; esta situación ha traído como consecuencia la disminución en la producción de cultivos que tradicionalmente se han sembrado y la búsqueda de cultivos tolerantes, como la remolacha azucarera que, aunque presenta buenos rendimientos en producción, no genera resultados económicos comparables a otros cultivos con mejores perspectivas de mercado.

Para la corrección de la salinidad existe una serie de prácticas de riego que pueden ayudar a resolver estos problemas, entre ellas, el manejo de la frecuencia de riego y el riego en presiembrado, cuyo fin es mantener un nivel de humedad constante a través de todo el ciclo del cultivo, para evitar sequías entre riegos que permitan la acumulación superficial de sales en forma de costras, que afectan la mayoría de los cultivos (Ayers y Wescot, 1987). Estas prácticas buscan inducir un lavado de la

mayor parte de las sales hasta profundidades lo suficientemente alejadas de la zona radicular de los cultivos; esta operación es factible, si se dispone de suficiente agua de buena calidad (baja en sales), a bajo costo y con una infraestructura de drenaje adecuada.

Watts (1971) realizó en el Departamento de Irrigación e Ingeniería Agrícola de la Universidad de Utah (Estados Unidos) un estudio de recuperación de suelos salinos en las zonas planas del Atlántico colombiano influenciadas por los sedimentos marinos; se aplicaron láminas de agua de hasta 500 mm con el fin de realizar un lavado de las sales del suelo. Según Donahue *et al.* (1977), cuando se va a hacer un lavado por inundación, se requiere una lámina de aproximadamente 300 mm de agua (baja en sales) para remover de 70% a 80% de las sales a una profundidad de 30 cm.

Así mismo, el uso de adiciones fraccionadas de agua ha demostrado ser un método más eficiente para el lavado de las sales y aparentemente reduce en un 70% la cantidad de agua que normalmente se requiere por el método de inundación o lavado continuo. Según Reeve (1974), citado por Mejía (1981), para remover un 90% de las sales del suelo, debe aplicarse una lámina de 900 mm.

En áreas salinas en donde se dispone de una irrigación muy limitada por la escasez o el precio elevado del agua, es necesario recurrir a otro tipo de técnicas para la corrección de los suelos salinos, como es el caso de la utilización de corriente eléctrica. Estudios realizados por Somani (1985) demostraron la eficiencia de la aplicación de corriente eléctrica al suelo en la corrección de suelos salinos y sódicos. Del mismo modo, algunos autores han trabajado recientemente (Job *et al.*, 1998 y Robinson *et al.*, 2004) en metodologías para perfeccionar la corrección de la salinidad de los suelos mediante inducción electromagnética y corriente eléctrica.

Torres (2002) encontró, en estudios sobre recuperación de suelos salinos con corriente eléctrica, que tratamientos con 2 y 4 V mostraron los mejores resultados, y que para efectos de estudios posteriores se podría replicar el tratamiento de 2 V, que demostró ser más eficiente en la disminución de sales en el suelo.

De acuerdo a lo expuesto, se hace necesario buscar e implementar alternativas de manejo, viables desde el punto de vista económico, ambiental y operacional, que reduzcan los niveles de sales en el suelo. Por tal motivo, el objetivo principal de esta investigación fue determinar,

bajo una corriente eléctrica directa de 2 V, la frecuencia de riego y la temperatura del agua de riego adecuadas para corregir con mayor eficiencia el problema de sales en el lote 4 del Centro Agropecuario Marengo.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en los laboratorios de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, con muestras disturbadas no mezcladas de suelos tomadas al azar a una profundidad de 15 a 50 cm, en el lote 4 del CAM, ubicado en Mosquera (Cundinamarca), a 4° 42' de latitud norte y 74° 12' de longitud oeste, a una altitud de 2.643 msnm, con temperatura promedio de 13 °C, humedad relativa de 78% y precipitación promedio anual de 650 mm. Estos suelos están clasificados taxonómicamente como Humic Haplustands.

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, en donde el primer factor fue la temperatura del agua de riego (18, 23 y 30 °C) y el segundo factor, el fraccionamiento de la lámina de riego: lámina fraccionada en dos riegos (LF), uno por día durante dos días, y lámina total aplicada en un solo riego (LT); para un total de seis tratamientos (tabla 1) con tres repeticiones, correspondientes a 18 unidades experimentales.

Se utilizaron cilindros de 25 cm de diámetro por 60 cm de largo recubiertos internamente con polietileno negro calibre 3 perforado en el fondo, en donde se colo-

có el suelo (50 kg aproximadamente); se dejó en reposo con el fin de que éste se acomodara por su propio peso y poder simular las condiciones naturales de drenaje de campo. Previo al llenado de los cilindros, se tomaron 500 g de suelo de cada muestra para preparar el extracto de saturación, en los que se midieron los valores iniciales de las variables de respuesta (conductividad eléctrica, pH, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros y bases totales). Se calculó la razón de absorción de sodio (RAS), a partir de la fórmula:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

donde, Na, Ca y Mg son las concentraciones en meq · L⁻¹.

Las muestras se llevaron a capacidad de campo (10 kPa), utilizando agua de la bocatoma del CAM, que presenta en promedio las características señaladas en la tabla 2. Luego de una semana, se realizó la aplicación de los tratamientos, a los que se les calculó la lámina de lavado total (LT), dependiendo de los resultados de salinidad obtenidos en laboratorio con las pastas de saturación. Los volúmenes hallados coinciden con los reportados por Torres (2002), quien aplicó un volumen de 6.010 mL para lograr dicha lámina. Adicionalmente, a todas las muestras se les aplicó una corriente eléctrica directa de 2 V.

Posterior a la aplicación de los tratamientos, se recogió el agua drenada y 500 g de suelo de cada muestra para elaborar el extracto de la pasta de saturación y así conocer los valores finales de las variables medidas, tanto en el agua, como en la pasta.

Se hizo un análisis de varianza y una prueba de Tukey para la comparación múltiple con los promedios de las diferentes variables de respuesta, a un nivel de confianza de 5%. También se determinó si era significativa la reducción entre los valores iniciales y finales de cada una de las variables tomadas .

Resultados y discusión

En la tabla 3 se muestra el efecto de los diferentes tratamientos sobre las propiedades del suelo, evaluadas en la

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el ensayo.

Tratamiento	Temperatura del agua (°C)	Lámina
T1	Ambiente (18 °C)	LT
T2	Ambiente (18 °C)	LF
T3	23	LT
T4	23	LF
T5	30	LT
T6	30	LF

LF: lámina fraccionada en dos riegos y LT: lámina total aplicada en un solo riego.

Tabla 2. Características químicas del agua de riego utilizada en los tratamientos.

pH	Conductividad eléctrica (dS · m ⁻¹)	Ca (meq · L ⁻¹)	Mg (meq · L ⁻¹)	K (meq · L ⁻¹)	Na (meq · L ⁻¹)	SO ₄ = cualitativo	Cl (meq · L ⁻¹)
7,07	0,93	1,81	1,93	0,71	14,17	(-)	6,67

Tabla 3. Análisis del extracto de saturación antes y después de los tratamientos.

Tratamiento	pH		Conductividad eléctrica (dS · m ⁻¹)		Cloruros		Ca		Mg		Na		K	
	A	D	A	D	A	D	A	D	(meq · L ⁻¹)		A	D	A	D
									A	D				
1	5,5	5,6	17,8	8,1	121,6	29,0	5,3	3,8	31,7	15,0	64,2	20,9	4,2	2,9
2	5,7	5,9	26,5	13,1	180,1	29,3	5,6	4,4	47,5	26,3	106,4	41,4	6,9	4,3
3	5,8	5,9	23,4	13,1	150,7	35,3	5,6	5,1	58,5	31,7	120,5	44,2	8,4	5,5
4	5,7	5,7	20,4	6,2	104,7	22,3	5,7	4,6	32,4	21,0	79,9	32,4	8,6	4,5
5	5,9	5,6	17,6	5,2	94,6	26,1	5,5	2,5	31,8	14,1	62,7	20,9	6,6	3,2
6	6,0	6,0	21,4	5,2	94,7	22,4	5,4	0,8	37,7	14,8	80,3	22,8	7,2	3,2

A: antes del tratamiento y D: después del tratamiento.

pasta de saturación. El pH no presentó diferencias entre tratamientos ni tampoco entre los valores iniciales (5,76) y finales (5,77), tal vez debido a que el agua de riego disminuye los contenidos de los elementos presentes en la solución del suelo al lixiviarlos, haciendo que los iones H⁺ ligados al complejo de cambio pasen a la solución del suelo; no obstante, este efecto se ve disminuido por varias razones, entre ellas, el hecho de realizar el riego con agua de la misma finca, que contiene cantidades considerables de sales y un pH más alto, y restituye buena parte de los elementos en la solución del suelo.

Así mismo, la alófana y la materia orgánica presentes en el suelo hacen que el pH muestre una gran estabilidad y sea difícilmente susceptible a cambios; la aplicación de una corriente eléctrica de 2 V no afectó el pH, contrario a lo descrito por Torres (2002), quien encontró reducciones en el pH cuando se aplicó en el suelo una corriente de 2 V.

La conductividad eléctrica no se vio afectada por la temperatura del agua ni por la frecuencia de riego ni por su interacción, pero disminuyó significativamente después de la aplicación de los tratamientos, ya que pasó de 2,2 a 0,8 dS · m⁻¹, un 61% menos en promedio (figura 1), lo que hace que suelos clasificados como salinos, según el *United States Salinity Laboratory*, Riverside (Estados Unidos), pasen a ser suelos normales; esto indica un efecto del lavado y, al aplicar una corriente eléctrica de 2 V, una disminución de la conductividad eléctrica del suelo de manera significativa, haciéndolo apto para el desarrollo óptimo de cualquier cultivo comercial.

El contenido de sulfatos (SO₄⁼) no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni tampoco entre los valores iniciales y finales. La estimación de los sulfatos se realizó de manera cualitativa, sin encontrarse

diferencia antes y después de la aplicación de los tratamientos; se presentaron valores muy altos, indicando que en este suelo se puede encontrar altas concentraciones de sales formadas a partir de sulfatos. Por su parte, la presencia de carbonatos y bicarbonatos fue muy baja y no hubo diferencias entre los valores iniciales y finales, debido a la poca concentración de éstos, tanto en el suelo como en el agua de riego.

La presencia de cloruros (Cl⁻) tampoco mostró diferencias significativas entre temperaturas del agua de riego ni entre frecuencias de aplicación; a pesar de ello, los valores de los cloruros disminuyeron en un promedio de 78%, al pasar de 12,4 a 2,74 meq · L⁻¹, lo que indica que la aplicación de una corriente eléctrica de 2 V favorece el lavado del cloro del suelo. Lo anterior está

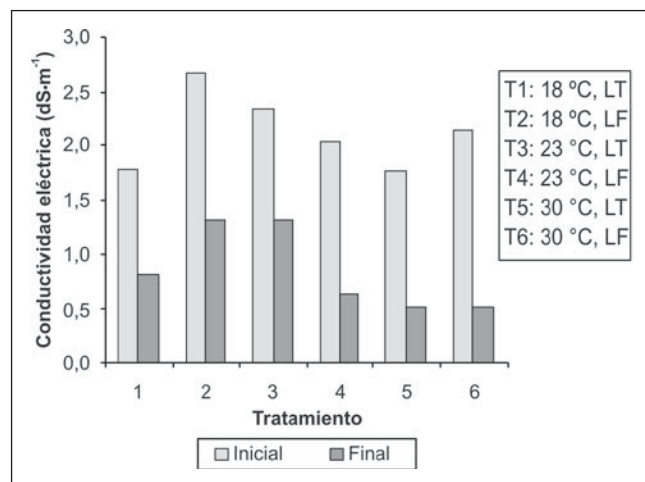


Figura 1. Conductividad eléctrica de un suelo sometido a diferentes frecuencias y temperaturas del agua de riego. LF, lámina fraccionada en dos riegos, uno por día; LT, lámina total aplicada en un solo riego; inicial, antes de aplicar la corriente eléctrica y final, después de la aplicación.

de acuerdo con lo reportado por Torres (2002), quien encontró que corrientes de 2 V fueron las que más desplazaron cloruros.

El análisis estadístico del Ca presentó diferencias altamente significativas entre las temperaturas del agua de riego aplicadas; sin embargo, no hubo efecto de las frecuencias de riego. La temperatura de 30 °C disminuyó el contenido de Ca en 69%, mientras que temperaturas de 18 y 23 °C lo hicieron en 25% y 14%, respectivamente (figura 2). Esto indica que, cuando la temperatura del agua de riego es 30 °C, se realiza un muy buen lavado del Ca presente en el suelo, ya que a esta temperatura se solubilizan formas en las que se encuentra el elemento, permitiendo que pueda ser liberado y lixiviado con más facilidad. Esta condición no es favorable para el desarrollo de cultivos, ya que los porcentajes de saturación de cationes no estarían en su relación ideal.

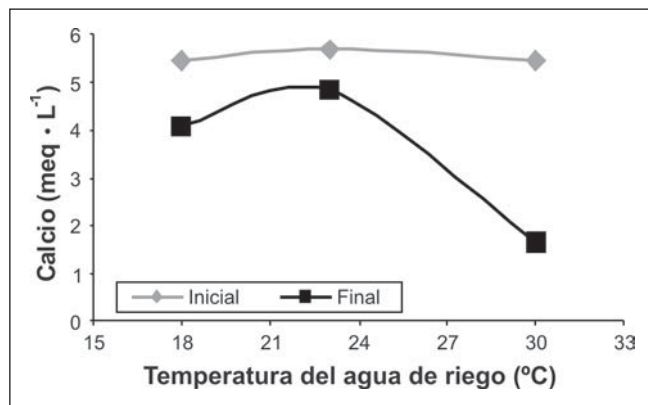


Figura 2. Efecto de la temperatura en los contenidos de Ca de un suelo sometido a diferentes frecuencias y temperaturas del agua de riego. Inicial, antes de aplicar la corriente eléctrica, y final, después de la aplicación.

Al promediar los tratamientos antes y después de las aplicaciones, los contenidos de Ca presentaron valores de 5,5 y 3,5 meq · L⁻¹, respectivamente, indicando una disminución de 36%; este porcentaje se debe a la aplicación de una corriente eléctrica directa de 2 V. De lo anterior se deduce que la mayor disminución en el contenido de Ca se obtiene cuando la temperatura del agua de riego es 30 °C y se aplica una corriente eléctrica de 2 V, de acuerdo con lo descrito por Torres (2002), quien encontró que con esta corriente se presentan también las mayores disminuciones en el contenido de Ca en el suelo.

El Mg, según el análisis estadístico, mostró diferencias significativas entre las temperaturas del agua de riego

aplicada, más no así entre tratamientos ni frecuencias de aplicación. En la figura 3 se observa la influencia de la temperatura del agua de riego sobre el lavado del Mg: el agua a 30 °C redujo el contenido de Mg en 58%, mientras que para temperaturas de 23 y 18 °C, la reducción fue de 42% y 47%, respectivamente.

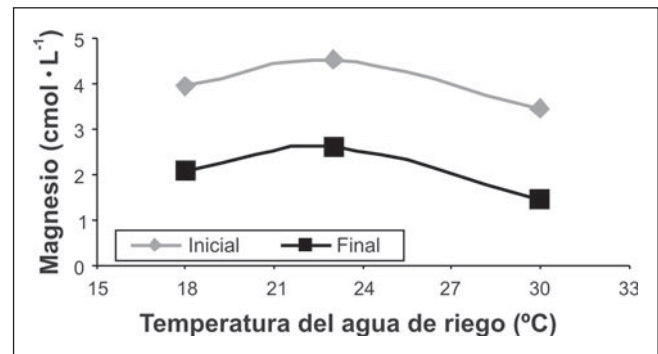


Figura 3. Efecto de la temperatura en los contenidos de Mg en el suelo sometido a diferentes frecuencias y temperaturas del agua de riego. Inicial, antes de aplicar la corriente eléctrica, y final, después de la aplicación.

En general, la disminución promedio para todos los tratamientos entre los contenidos iniciales y finales fue de 48%, al pasar de 3,99 a 2,04 meq · L⁻¹, lo que indica que para obtener un mayor lavado del Mg, la corriente eléctrica de 2 V tiene una mayor influencia (82%) que la temperatura del agua de riego a 30 °C (18%). Estos resultados son acordes a lo encontrado por Torres (2002), Duque y Rincón (1978) y Lince (1990), quienes afirman que los contenidos de Mg en el suelo disminuyen con la aplicación de corriente eléctrica, mientras que aumentan en el extracto de saturación.

Se podría decir que la temperatura del agua de riego influye levemente en el desplazamiento de Mg, pues, como se evidencia en la figura 3, el desplazamiento del elemento fue proporcional al contenido inicial en el suelo, pero no indica el efecto real de los tratamientos. Esto podría deberse a que el Mg no presenta problemas de lavado con aumentos graduales de la temperatura del agua de riego (Mejía, 1981).

Al realizar el análisis del lixiviado (tabla 4), se ven claramente las cantidades desplazadas de los diferentes iones del suelo por efecto del lavado y la corriente eléctrica. En general, los valores obtenidos indican reducciones en los contenidos de Na del suelo, pero al mismo tiempo una pérdida de Ca, Mg y K que sugiere la disminución de los niveles de fertilidad.

Tabla 4. Resultados del análisis del lixiviado.

Tratamiento	Muestra (n°)	pH	Conductividad eléctrica (dS · m ⁻¹)	Cloruros	Ca	Mg	Na	K
				(meq · L ⁻¹)				
1	13	6,0	5,65	26,0	0,96	27,09	44,91	5,21
	17	6,1	15,01	26,0	1,03	35,08	77,08	4,01
	18	5,9	24,58	29,0	1,23	48,52	109,59	5,69
2	14	6,6	38,64	18,0	1,37	50,33	125,19	9,39
	2	6,5	28,54	32,0	1,28	45,70	120,13	8,89
	12	5,9	41,62	29,0	1,26	49,34	106,48	7,34
3	1	7,0	26,75	24,0	1,21	47,55	120,33	8,06
	11	7,2	17,84	28,0	1,13	29,48	60,78	4,99
	3	7,1	47,56	26,0	1,3	67,49	219,7	0,56
4	6	6,8	22,60	24,0	1,14	35,00	73,27	8,69
	7	6,8	30,91	30,0	1,27	48,48	125,69	9,27
	16	6,9	13,08	21,0	1,18	16,94	35,19	4,24
5	5	7,5	7,73	26,0	0,95	20,24	47,05	4,94
	8	6,6	8,32	24,0	3,29	26,69	48,48	7,30
	15	6,8	1,13	23,0	1,12	18,31	38,12	3,77
6	4	6,8	4,16	33,0	1,64	9,59	23,89	2,38
	9	6,7	29,73	40,0	1,22	46,8	109,35	8,50
	10	7,3	3,86	32,0	0,96	9,77	15,06	2,86

De lo anterior se puede inferir que los aumentos en la temperatura del agua de riego generan el desplazamiento y la lixiviación del Ca presente en el suelo. Esto podría explicar en parte la formación de suelos magnésicos en zonas de clima cálido, donde se aplican riegos con aguas a temperaturas cercanas a 30 °C ó se realizan en días muy calurosos, produciéndose la pérdida del catión predominante en los suelos para dar esta función al Mg; esta apreciación podría ser el punto de partida de futuras investigaciones con el fin de corroborarla.

De otra parte, García y González (2000) afirman que, además de la temperatura del agua de riego, el Mg de por sí influye en la pérdida de Ca de varias formas, ya que forma calcitas magnésicas cuya actividad es varias veces mayor que la de la calcita, lixivando más fácil el Ca; además, el ion Mg⁺² favorece la precipitación de aragonita al inhibir la transformación de aragonita diagenética a calcita. El ion Mg⁺² también puede afectar el equilibrio del carbonato por interacción con la fase sólida, debido a la adsorción superficial de los iones Mg⁺² y SO₄⁼ y de los iones constitutivos del CaCO₃ sobre la superficie del cristal, aumentando su solubilidad.

El contenido de Na no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni entre las temperaturas y frecuencias de riego; aun así, el contenido de Na en el suelo pasó de 85,6 a 30,43 meq · L⁻¹, lo que equivale a una reducción significativa de 62% en promedio e indica que la aplicación de corriente eléctrica favorece el lavado de este elemento.

El K, al igual que el Na, no presentó diferencias significativas para ninguno de los factores analizados; sin embargo, su reducción entre los contenidos iniciales y finales fue en promedio de 43%, al pasar de 0,69 a 0,39 meq · L⁻¹. Esta situación indica que la aplicación de 2 V de corriente directa disocia las diferentes formas en las que se asocia el K en el suelo, generándose la lixiviación de este nutriente.

En cuanto a la razón de absorción de Na (RAS), al comparar los valores inicial y final (39,15 y 18,26) mostró una disminución de 53%, valor que supera lo encontrado por Torres (2002) e indica que la lámina de lavado más la temperatura y la aplicación de corriente directa son una buena combinación para reducir este parámetro.

Así mismo, los porcentajes de reducción de todos los elementos evaluados al aplicar los tratamientos fueron altos, aunque no lo suficiente para el caso del Na, dado que el valor que quedó de este elemento en el suelo siguió siendo excesivo y se expresó en el alto valor de RAS. A pesar de esto, los resultados muestran una tendencia positiva en la reducción de la salinidad en el suelo, que coincide con lo encontrado por Torres (2002), quien trabajó con la misma lámina de lavado, el mismo voltaje y el mismo suelo, pero las reducciones que logró no fueron tan altas como en este trabajo.

Con base en todo lo anterior, se puede afirmar que el fraccionamiento de la lámina de riego no afectó el lavado de las sales debido a que la frecuencia de riego manejada fue alta; así mismo, la corriente eléctrica de 2 V ayudó a disminuir la conductividad eléctrica y los contenidos de Ca, Mg, Na, K y Cl, siendo la temperatura de 30 °C la que logró el mayor lavado de Ca y Mg.

Literatura citada

- Ayers R.S. y D.W. Wescot. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Riego y Drenaje N° 29, revisión 1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. 174 p.
- Bernstein, L. y L.E. Fracois. 1973. Leaching requirement studies: sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37, 931-943.
- De Jong, E., A.K. Ballantyne, D.R. Cameron y D.W.L. Read. 1979. Measurement of apparent electrical conductivity of soils by electromagnetic induction probe to acid salinity surveys. Soil Sci. Soc. Amer. J. 43, 810-812.
- Donahue, R.L., R.W. Millar y J.C. Shickuna. 1977. Soils. An introduction to soils and plant growth. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 626 p.
- Duque, M.F. y O.L. Rincón. 1978. Estudio de algunas variables en el electromejoramiento de suelos salinos y salino-sódicos. Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- García, A. y A. González. 2000. Química de los carbonatos y génesis de suelos magnésicos. Programa y resúmenes. X Congreso nacional de la Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS) "El suelo, un componente del medio natural".
- Job, J., M. Rivera y J. González. 1998. Algunos usos de la inducción electromagnética en el estudio de los suelos salinos. Terra 16(4), 309-315.
- Lince, A. 1990. Evaluación de la técnica de electrodiálisis en el mejoramiento de doce suelos de Colombia con problemas de sales y/o sodio. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1985. Water quality for agriculture irrigation and drainage paper. Vol. 29. 387 p.
- Robinson, D.A., I. Lebron, S.M. Lesch. y P. Shouse. 2004. Minimizing drift in electrical conductivity measurements in high temperature environments using the EM-38. Soil Sci. Soc. Amer. J., Soil Physics 68(2), 339-345.
- Somani L.L. 1985. Electromelioration of saline. Alkali soils: a review. Anales de Edafología y Agrobiología 44(7-8), 1009-1014.
- Tenorio, M. 1979. Ponencia de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (Cvc). VI Coloquio de suelos sobre el problema de la salinidad y/o sodio en el Valle del Cauca. VI Coloquio de suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Palmira (Colombia).
- Torres, J. 2002. Mejoramiento de suelos salinos con el empleo de corriente eléctrica. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Van Horn, J. y R. van Aart. 2002. The use of saline water for irrigation. En: <http://www.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub27/pub27-h12.pdf>.