

Comportamiento de la salinidad del suelo en la Depresión de Quíbor con el manejo agrícola

Georyelys González¹, Roberto Villafañe² y Santiago Marrero³

¹Escuela de Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 1053. Distrito Capital, Venezuela

²Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579

³Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad Central de Venezuela. Apdo. 1053. Distrito Capital, Venezuela

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de datos de suelo y agua de riego en la Depresión de Quíbor, Venezuela para precisar los efectos que tienen los factores posición geomorfológica, actividad agrícola y profundidad de captura de las muestras sobre la dinámica de la salinidad del suelo. Las variables numéricas seleccionadas fueron la conductividad eléctrica del extracto de saturación de la pasta (CEe), el pH de la pasta (pHp), la relación de adsorción de sodio del extracto de saturación de la pasta (RASE) y el contenido de yeso (Y). En las tres primeras variables fue utilizada la prueba de Wilcoxon en observaciones apareadas para determinar la influencia en ellas de la profundidad de captura de las muestras. El contenido de yeso fue analizado para cada profundidad por separado porque en esta variable hubo que descartar los valores de cero que se encontraron en una o ambas profundidades de muestreo. Las cuatro variables numéricas indicadas se analizaron en un diseño completamente aleatorizado bajo arreglos de tres factores para las tres primeras variables y dos factores para la última. Los resultados permitieron concluir que el descanso de los suelos (“barbecho”) es una práctica efectiva en la disminución de la salinidad con el agua de lluvia; las posiciones geomorfológicas retrasan o aceleran los procesos de lixiviación y acumulación de sales según su drenabilidad; el contenido de yeso se asocia tanto a la salinidad primaria como a la secundaria, y todas las aguas analizadas tienen riesgo de salinización pero el riesgo es mayor con las aguas subterráneas.

Palabras clave: Calidad del agua de riego, clima, drenaje.

Behaviour of soil salinity in Quíbor Depression with agricultural management

ABSTRACT

A study of the soil and irrigation water data was conducted in the Quíbor Depression, Venezuela to assess the effects of the factors geomorphological position, agricultural activity and soil sampling depth under the soil salinity dynamic. The chosen numerical variables were the electrical conductivity of saturated soil paste extract (ECe), the pH of saturated soil paste (pHp), the sodium adsorption ratio of saturated soil paste extract (SARE) and the gypsum content (Y). In the first three variables it was used the Wilcoxon signed

*Autor de correspondencia: Georyelys González

E-mail: georyelys@gmail.com

rank test to determine the influence of soil sampling depth on them. Gypsum content was analyzed for each depth separately because there had to be discarded values of zero in one or both depths. The four numerical variables were analyzed in a completely randomized design under arrangements of three factors for the first three variables and two factors for the latest. The results allowed to conclude that the fallow practice of the soils is an effective practice to decrease the salinity with rainwater; geomorphological positions may accelerate or delay the processes of leaching and accumulation of salts according to drainage condition; gypsum content is associated with both primary and secondary salinization, and all the analyzed waters may cause salinization, but the hazard is greater with the groundwaters.

Key words: Irrigation water quality, climate, drainage.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las limitaciones que presentaban los suelos de la Depresión de Quíbor (estado Lara, Venezuela) para su manejo agrícola bajo riego destacaban los problemas de erosión, evidentes en cárcavas y surcos de erosión, y la salinidad (Zinck y Suárez, 1972). Otra limitación que condujo a suponer la imposibilidad de su manejo bajo riego fue la tasa baja de infiltración del agua, debido a los contenidos altos de limo y al poco desarrollo estructural (Pérez, 1993). No obstante, los productores que se establecieron en el lugar por la década del 60 del siglo pasado, lograron superar poco a poco estas limitaciones. Ellos rellenaron cárcavas, mejoraron la topografía mediante movimientos de tierra con maquinaria pesada y disminuyeron la salinidad natural de los suelos con el aumento de la infiltración del agua embalsada en surcos cortos cerrados denominados “canteros”.

Particularmente el problema de afectación de los suelos por sales en la Depresión de Quíbor fue abordado en varios estudios, dentro de los cuales destacan los realizados por Pla (1971, 1979, 1983, 1986, 1989), por Zinck y Suárez (1972), por Dappo (1975), por Pla y Dappo (1975, 1977), por Pla *et al.* (1984), el incluido en el estudio taxonómico de suelos (Pérez, 1993) y el ejecutado por Villafañe *et al.* (1999a). En ellos se señalan la influencia de la calidad del agua de riego, el manejo agrícola y las posiciones geomorfológicas de los suelos sobre la dinámica de la salinidad. El objetivo del presente trabajo fue corroborar, con análisis estadísticos de datos de suelo y agua disponibles, la incidencia de las posiciones geomorfológicas y la actividad agrícola en la dinámica de la salinidad de los suelos de la Depresión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Salinidad de las aguas de riego

Se tomaron datos de aguas del informe SHYQ (1995) y de un trabajo de Villafañe (1995). Con ellos se realizó una calificación de las aguas utilizando el modelo Sosalriego (Villafañe, 2011). Este modelo utiliza la magnitud de la necesidad de lavado (NL) como indicador del riesgo de salinización del suelo con el agua de riego. Un valor de NL superior a 0,2 ya indica riesgo alto de salinización. La necesidad de lavado la define este autor como la relación de la conductividad eléctrica promedio del agua que infiltra en el suelo con la conductividad eléctrica del extracto de saturación que se pretende mantener en promedio en el suelo, ajustada según la eficiencia de lavado del perfil. Por otra parte, el nivel de salinidad esperado en la parte superior del suelo explorado por las raíces debe ser igual o menor al umbral de tolerancia del cultivo a la salinidad (Maas y Hoffman, 1977).

Salinidad de los suelos

Se revisó detalladamente el estudio de salinidad realizado por Villafañe *et al.* (1999a), el cual abarcó una superficie de 19500 ha (una muestra compuesta cada km²), donde las muestras georeferenciadas fueron obtenidas a dos profundidades (0 a 20 cm y 20 a 40 cm). Se complementó la revisión con el trabajo publicado por Villafañe *et al.* (1999b). De este estudio se seleccionaron algunas variables de suelo y manejo agrícola en diferentes posiciones geomorfológicas.

Las variables numéricas de suelo seleccionadas fueron las siguientes:

1. Conductividad eléctrica del extracto de saturación de la pasta (CEe)

2. pH de la pasta (pHp)
3. Relación de adsorción de sodio del extracto de saturación de la pasta (RASE)
4. Contenido de yeso en el suelo (Y)

La conductividad eléctrica del extracto de saturación de la pasta (CEe) es una variable indicadora de la salinidad del suelo. Un valor superior a 4 dS m⁻¹ califica al suelo como salino (Richards, 1954); sin embargo, un valor mayor de 2 dS m⁻¹ ya es problemático para cultivos sensibles (Richards, 1954; Van Hoorn y Van Alphen, 1994).

El pH de la pasta (pHp) es una variable indicadora de la fertilidad del suelo, pero también de afectación de los suelos por sales de sodio de reacción alcalina. Si su valor es superior a 8,5 se puede presumir riesgo de alcalización por sales de sodio (Richards, 1954) aunque Chhabra (1996) sugiere utilizar un valor de 8,2 que es el punto donde se encuentra el mayor porcentaje de bicarbonato en la solución y comienza a aparecer el carbonato.

La relación de adsorción de sodio del extracto de saturación de la pasta (RASE) es una variable indicadora de alcalinidad por sodio junto con el pHp. Si su valor es mayor que 13 y el pHp superior a 8,5, el suelo califica como sódico-alcalino (Richards, 1954). Esta relación tiene la expresión siguiente:

$$\text{RASE} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}}{2}}}$$

donde:

RASE: relación de adsorción de sodio del extracto de saturación de la pasta en mmol_c^{0,5} l^{-0,5}

Na⁺: contenido de sodio en extracto de saturación de la pasta en mmol_c l⁻¹

Ca⁺²: contenido de calcio en el extracto de saturación de la pasta en mmol_c l⁻¹

Mg⁺²: contenido de magnesio en el extracto de saturación de la pasta en mmol_c l⁻¹

Si el RASE es superior a 13 pero el pHp es inferior a 8,5 el suelo no es sódico-alcalino pero probablemente es salino (Pla, 1985).

Un valor de RASE de 13 es equivalente a un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 15 (Richards, 1954).

El yeso (Y) es una sal de mediana solubilidad, frecuente de manera natural en suelos salinos de las regiones de clima seco del mundo y posiblemente presente en los suelos de la Depresión de Quíbor antes de su manejo agrícola (Zinck y Suárez, 1972; Pla et al., 1984). Por otra parte, las aguas de riego superficiales y subterráneas contienen sulfato de calcio y algunos productores aplican yeso para aumentar la infiltración del agua porque esta sal mejora la estabilidad de los agregados del suelo superficial; además, es una fuente de azufre, nutrimento altamente demandado por la cebolla (*Allium cepa* L.) que es el cultivo por excelencia en el lugar. En consecuencia, el yeso y las otras sales solubles presentes en los suelos de la Depresión son producto tanto del proceso de acumulación natural de sales (salinización primaria) como del aporte de sales con el agua de riego y los fertilizantes (salinización secundaria).

Las posiciones geomorfológicas consideradas fueron las napas, las cubetas de desborde y las cubetas de decantación. No se consideraron los puntos de muestreo ubicados en los vallecitos coluviales, abanicos de explayamiento y conos de deyección.

Las actividades agrícolas escogidas fueron las áreas bajo cultivo para el momento del muestreo, las que estaban iniciando su descanso (barbecho 1) y las que tenían uno o más años de descanso (barbecho 2). Se descartaron los puntos de muestreo ubicados en los suelos bajo vegetación natural, los sometidos a movimientos de tierras y los manejados bajo pasto.

Una vez que las variables se organizaron en una hoja de cálculo, se analizó la diferencia entre las profundidades de muestreo en las variables CEe, pHp y RASE, aplicando la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras apareadas, revisada en Walpole y Myers (1982). Esta prueba se realizó con los datos agrupados por actividad agrícola. Los resultados de la prueba indicaron diferencias de significación en algunos casos de las variables CEe y RASE, y en ningún caso de la variable pHp. Esto condujo a que la profundidad se considerara como otra variable de agrupamiento. Luego a estas variables, igualmente agrupadas por actividad agrícola, se le extrajeron los datos atípicos, utilizando el método de los cuartiles.

Las variables de agrupamiento (posición geomorfológica, actividad agrícola y profundidad de muestro) se organizaron en un arreglo factorial para analizar las tres primeras variables numéricas seleccionadas bajo un diseño completamente aleatorizado. Se procedió a los análisis de la varianza para evaluar el efecto de los agrupamientos y la interacción entre ellos. Luego se realizó la comparación de medias con la prueba de rango múltiple de Tukey para los casos de variables con diferencias de significación en el análisis de la varianza.

La variable yeso se trató de manera diferente porque presentó valores de cero en algunos puntos de muestro, en una o ambas profundidades. Los puntos con valores de cero fueron descartados y luego se constató que en cada punto de muestro con yeso el valor de CEE superara los 2,2 dS m⁻¹ ya que una solución saturada con esta sal debe corresponder a ese valor (Richards, 1954). A esta variable también se le extrajeron los datos atípicos utilizando el método de los cuartiles. Con los datos organizados en un arreglo factorial (posición geomorfológica y actividad agrícola) se procedió al análisis de la varianza utilizando igualmente un diseño completamente aleatorizado y luego la prueba de medias de rango múltiple de Tukey. Cada profundidad fue analizada por separado.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el programa Statistix versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de las aguas disponibles

El Cuadro 1, muestra la composición salina de algunas aguas utilizadas por los productores así como su nivel de salinidad en términos de la conductividad eléctrica (CEr). Todas contienen sulfato de calcio lo que permite presumir que no conducirán a problemas de alcalinización del suelo por sodio (Richards, 1954; Pla, 1983, 1985).

Los cultivos más utilizados en la Depresión de Quíbor son cebolla y pimentón, ambos sensibles a la salinidad. Si se considera una salinidad en el suelo de 2 dS m⁻¹, la necesidad de lavado (NL) que supere un valor de 0,3 exige la implementación de otras prácticas de manejo como el descanso de los suelos y/o el uso de cultivos más tolerantes a la salinidad (Villafañe, 2011, 2017). Tanto las aguas superficiales derivadas

de quebradas (Qda) como las subterráneas indicadas en el Cuadro 1, no presentan riegos de alcalinización por sodio por su composición salina, pero por la magnitud de la CEr todas excepto la de la quebrada Barrancos presentan riesgos de salinización porque la NL es superior a 0,3. A mayor valor de CEr, mayor NL y en consecuencia mayor riesgo de salinización. En estos casos un valor de NL de 0,3 se corresponde con un valor de CEr de más o menos 0,7 dS m⁻¹, que es el valor que Ayers y Westcot (1987) indican como valor por encima del cual hay riesgos de salinización del suelo.

Los productores de Quíbor practican el descanso de los suelos cuando los rendimientos comienzan a mermar y en ciertos casos hacen rotación con cultivos menos sensibles como melón, tomate y pasto bermuda (Villafañe *et al.*, 1999 a,b).

Salinidad de los suelos

Conductividad eléctrica en el extracto de saturación de la pasta (CEE)

El Cuadro 2, muestra los valores medios de CEE en cada una de las posiciones geomorfológicas y actividades agrícolas; así como, en cada una de las combinaciones. Existen diferencias altamente significativas en las posiciones geomorfológicas ($P=0,0015$) y las actividades agrícolas ($P=0,0000$), y ausencia tanto en la profundidad como en las interacciones. En las tres posiciones geomorfológicas, los suelos menos salinos son aquellos que han estado un tiempo importante bajo descanso para su lavado natural con el agua de lluvia (barbecho 2). En cuanto a las posiciones geomorfológicas en sí, la esperanza era que la salinidad fuera menor en las napas por sus mejores condiciones de drenaje interno. Los factores que pueden estar incidiendo en el comportamiento algo diferente de lo esperado es, por una parte, la calidad de las fuentes de agua utilizadas por los productores (Pla *et al.*, 1984). No todas las aguas aprovechadas en la Depresión tienen el mismo tenor salino y además, ciertos agricultores utilizan agua subterránea y agua superficial, separadas o mezcladas (Villafañe *et al.*, 1999 a,b). Por otro lado, algunos han practicado por años el uso del yeso para mejorar la estabilidad del suelo superficial pero también, como fuente de azufre para la cebolla, que es el cultivo más sembrado en el lugar. Todo esto contribuye a la variabilidad del proceso de salinización.

Cuadro 1. Composición salina de aguas de riego en la Depresión de Quíbor y necesidad de lavado.

Fuente	CEr (dS m ⁻¹)	NL	Sales y sus contenidos (mmol _e l ⁻¹)				
			Ca(HCO ₃) ₂	CaSO ₄	MgSO ₄	NaCl	MgCl ₂
Qda. Barrancos	0,43	0,22	1,40	0,80	1,60	0,50	0
Qda. Atarigua	0,84	0,42	3,00	3,80	1,20	0,40	0
Qda. Las Guardias	1,16	0,57	8,50	1,80	0,60	0,70	0
Qda. Botucal	1,31	0,64	9,50	1,60	1,60	0,20	0,20
Pozo 6070122	0,79	0,39	3,72	2,33	1,33	0,30	0,19
Pozo 6070130	0,89	0,44	3,62	2,70	1,56	0,41	0,56
Pozo 6071007	0,91	0,45	5,69	2,56	0,29	0,55	0,60
Pozo 6070049	1,12	0,55	4,21	4,49	1,87	0,60	0
Pozo 6070036	1,36	0,67	0,07	10,69	0	0,34	2,45
Pozo 6070121	1,48	0,72	5,78	3,16	4,72	0,76	0,29
Pozo 6170047	1,97	0,96	7,35	6,03	2,88	0,54	2,92
Pozo 6170037	2,47	1,20	6,50	9,79	4,38	0,84	3,14
Pozo Los Jebes	2,60	1,26	6,00	12,90	9,10	1,10	0,20

Fuente: Los valores señalados en el cuadro fueron calculados con datos de SHYQ, 1995 y Villafañe, 1995.

Cuadro 2. Valores medios de conductividad eléctrica del extracto de saturación de la pasta (CEe) en cada posición geomorfológica y actividad agrícola, y en sus combinaciones.

Posición geomorfológica	Actividad agrícola			\bar{X}
	Cultivado	Barbecho 1	Barbecho 2	
Napas	3,27	3,89	3,02	3,39 b
Cubeta de desborde	2,50	4,27	2,32	3,03 b
Cubeta de decantación	3,70	4,74	3,43	3,96 a
\bar{X}	3,16 b	4,30 a	2,93 b	

Medias con letras diferentes en una misma columna o fila indican diferencias significativas. Tukey ($P < 0,05$).

Los valores medios contenidos en el Cuadro 2, muestran que las posiciones geomorfológicas tienen cierto efecto sobre el proceso de salinización y particularmente las cubetas junto con las actividades agrícolas indican claramente un efecto importante en la dinámica de la salinidad de los suelos; es decir, a mayor limitación en el drenaje (caso de las cubetas de decantación) mayor acumulación de sales, y a mayor tiempo de descanso (barbecho 2) mayor lixiviación de sales.

Por otra parte, todos los valores medios superan los 2 dS m⁻¹, lo que denota que gran parte de los

suelos están afectados por sales para el caso de su aprovechamiento con cultivos sensibles a la salinidad. De los 150 puntos de muestreo considerados en esta variable, el 16% muestra valores inferiores a 2 dS m⁻¹, el 56% valores entre 2 y 4 dS m⁻¹ y el 33% valores superiores a los 4 dS m⁻¹. En otras palabras, el 89% presenta limitaciones para su manejo con cultivos agrícolas sensibles y el 33% para cultivos moderadamente tolerantes.

Otro aspecto que se puede señalar respecto a la CEe es que del total de los puntos de muestreo con valores inferiores a 2 dS m⁻¹, el 69% corresponde

a los suelos bajo barbecho 2. Esto muestra la incidencia de esta actividad en el control del proceso de salinización.

pH de la pasta (pHp)

El Cuadro 3, muestra los valores de pHp. Esta variable resultó similar en todos los agrupamientos; es decir, la posición geomorfológica, la actividad agrícola y la profundidad de muestreo no inciden en su comportamiento. La razón es la predominancia de sales de hidrólisis neutra.

Los valores de pHp califican en general como ligeramente alcalino pero son inferiores a 8,5 e incluso a 8,2; de manera que los valores obtenidos descartan la calificación de alcalinidad de los suelos por sales de sodio en el sistema de clasificación de Richards (1954). La razón es la presencia de aniones de sales de hidrólisis neutras como sulfatos y cloruros.

Relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación de la pasta (RASE)

El Cuadro 4, muestra los valores medios de RASE en cada una de las posiciones geomorfológicas y actividades agrícolas; así como, en cada una de las combinaciones de ambas variables de agrupamiento. Existen diferencias altamente significativa tanto para posición geomorfológica ($P = 0,0004$) como para actividad agrícola ($P = 0,008$), y ausencia de significación tanto en la profundidad de muestreo como en las interacciones. La RASE es relativamente baja por la presencia de los aniones sulfato y cloruro

que garantizan sales disueltas de calcio y magnesio en cantidades suficientes en solución. El pH inferior a 8,5 (incluso a 8,2) y los valores de RASE muy por debajo de 13 (15 PSI) confirman que en la Depresión de Quíbor, el proceso de alcalinización por sales de sodio no está presente.

El comportamiento de la RASE es similar al de la CEE; es decir, el barbecho 1 muestra el mayor valor en las tres posiciones geomorfológicas y la cubeta de decantación muestra el mayor valor dentro de las tres posiciones geomorfológicas.

Contenido de yeso en el suelo (Y)

La observación conjunta de los datos de CEE y contenido de yeso en los 150 puntos de muestreo permitió apreciar lo siguiente:

1. Existen puntos sin yeso con valores muy altos de CEE; es decir, hay otras sales más solubles que el yeso.
2. Hay puntos con yeso en sólo una de las profundidades y puntos con yeso en ambas profundidades.
3. Hay puntos sin yeso en ambas profundidades que se ubican principalmente en las napas y cubetas de desborde; es decir, en los suelos con mejores condiciones de drenaje.

Los 62 puntos de muestreo con yeso en los primeros 20 cm de profundidad se encuentran distribuidos en las tres posiciones geomorfológicas

Cuadro 3. Valores medios de pH de la pasta (pHp) en cada posición geomorfológica y actividad agrícola, y en sus combinaciones.

Posición geomorfológica	Actividad agrícola			\bar{X}
	Cultivado	Barbecho 1	Barbecho 2	
Napa	7,89	7,77	7,79	7,82 a
Cubeta de desborde	7,79	7,79	7,81	7,79 a
Cubeta de decantación	7,85	7,78	7,84	7,82 a
\bar{X}	7,85 a	7,77 a	7,80 a	

Medias con letras diferentes en una misma columna o fila indican diferencias significativas. Tukey ($P < 0,05$).

Cuadro 4. Valores medios de relación de adsorción de sodio en el extracto de saturación de la pasta (RAS_e) en cada posición geomorfológica y actividad agrícolas, y en sus combinaciones.

Posición geomorfológica	Actividad agrícola			\bar{X}
	Cultivado	Barbecho 1	Barbecho 2	
Napa	1,16	1,45	0,91	1,21 b
Cubeta de desborde	0,91	1,59	1,01	1,16 b
Cubeta de decantación	1,82	3,01	2,05	2,19 a
\bar{X}	1,33 b	1,93 a	1,31 b	

Medias con letras diferentes en una misma columna o fila indican diferencias significativas. Tukey (P<0,05).

y en las tres actividades agrícolas. El análisis de la varianza indica que no existe efecto de la posición geomorfológica y de la actividad agrícola sobre el contenido de yeso en los primeros 20 cm. Tampoco se encontró interacción entre las variables de agrupamiento. Los valores medios por agrupamiento se ilustran en el Cuadro 5. Valores tanto altos como bajos se distribuyen en todas las posiciones geomorfológicas y actividades agrícolas, posiblemente por las diferencias de las aguas de riego utilizadas y porque no todos los productores han practicado el uso del yeso como enmienda o fertilizante. Aun cuando la prueba de Tukey indica que las medias son iguales en ambas variables de agrupamiento, llama la atención que la posición geomorfológica de cubeta de decantación presenta el mayor valor medio y en el caso de las actividades agrícolas el barbecho 1; lo que hace presumir que las condiciones de drenaje y el manejo agrícola podrían estar incidiendo en esta variable.

Los 72 puntos de muestreo con yeso entre los 20 y 40 cm de profundidad se encuentran igualmente en las tres posiciones geomorfológicas y en las tres actividades agrícolas. El análisis de la varianza indica que sólo hay significación en la posición geomorfológica (P = 0,0076). Los valores medios por variables de agrupamiento se indican en el Cuadro 6. Este comportamiento parece guardar más relación con la salinidad natural de los suelos. De hecho los suelos más salinos se ubicaban en las cubetas de decantación (Zinck y Suárez, 1972; Dappo, 1975; Villafañe *et al.*, 1999b). Esta sal, por su solubilidad intermedia, no es fácil de lavar como el sulfato de magnesio y los cloruros de calcio, magnesio y sodio, y mucho menos en suelos de baja permeabilidad como las cubetas de decantación.

Originalmente la Depresión de Quíbor no tenía salida; de manera que fue el receptáculo de todos los detritos y químicos aportados por las diferentes cuencas de ablación (Zinck y Suárez, 1972).

Cuadro 5. Valores medios del contenido de yeso en los primeros 20 cm de suelo, agrupados por posición geomorfológica y actividad agrícola.

Posición geomorfológica	Yeso (tm ha ⁻¹)	Actividad agrícola	Yeso (tm ha ⁻¹)
Napa	8,61 a	Cultivado	7,78 a
Cubeta de desborde	7,17 a	Barbecho 1	11,79 a
Cubeta de decantación	11,32 a	Barbecho 2	7,53 a

Medias con letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas. Tukey (P<0,05).

CONCLUSIONES

El descanso de los suelos en la Depresión de Quíbor es una práctica de manejo efectiva en el control del proceso de salinización en la capa arable, profundidad donde se encuentra el mayor porcentaje de las raíces de los cultivos del lugar. Esta práctica se facilita porque los productores disponen de más tierra que agua.

Las características de infiltración y permeabilidad de los suelos de la Depresión de Quíbor, inferidas a través de las características texturales de las diferentes posiciones geomorfológicas inciden en la efectividad del lavado de sales durante el descanso (Pla *et al.*, 1984). Los suelos mejor drenados como las napas y las cubetas de desborde mostraron menores restricciones para el lavado.

Los riesgos de salinización de los suelos de la Depresión de Quíbor con el uso de las aguas de riego disponibles son mayores con las fuentes subterráneas debido a su mayor tenor salino ya que las limitaciones del recurso hídrico y el drenaje deficiente de los suelos restringen las posibilidades de lavado con el agua de riego.

En los suelos de la Depresión de Quíbor, el proceso de sodificación-alcalinización no está presente debido a la presencia de yeso en los suelos y de sulfato de calcio en las aguas de riego (Pla y Dappo, 1977; Pla, 1986).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayers, R.; D. Westcot. 1987. La calidad del agua en la Agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29. Roma, Italia. 174 p.
- Chhabra, R. 1996. Soil salinity and water quality. A. A. Balkema Publishers. Brookfield, USA. 284 p.
- Dappo, F. 1975. La salinidad de los suelos del Valle de Quíbor. FUDECO. Barquisimeto, Venezuela. 17 p.
- Maas, E.; G. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance – Current Assessment. J. Irrig. and Drain. Div., ASCE. 103: 115-134.
- Pérez, J. 1993. Agrupación y clasificación taxonómica de las unidades de suelos mapeadas en el estudio edafológico (1970) del Valle de Quíbor. Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor, C.A. Barquisimeto, Venezuela. 300 p.
- Pla, I. 1971. Problemática de la salinidad de suelos y aguas en las zonas de regadío de Venezuela. En “Memorias IV Jornadas Venezolanas de Riego”. 127-133. MOP. Caracas, Venezuela.
- Pla, I. 1979. Calidad y uso de agua para riego. Suelos Ecuatoriales. 10: 26-40. SCCS. Bogotá, Colombia.
- Pla, I. 1983. Sistema integrado agua-cultivo-suelo-manejo para evaluar la calidad de agua de riego. En “Isotopes and Radiation Techniques en Soil Physics and Irrigation Studies”. 191-206. IAEA. Viena (Austria) (ISBN 92-0-010083-x).
- Pla, I. 1985. Origen, distribución y diagnóstico de suelos afectados por sales en Venezuela. Rev. Fac. de Agronomía (Maracay). 14: 125-150.
- Pla, I. 1986. Diagnostic criteria for soil and water salinity in Venezuela. Agrokémia és Talajtan. 35: 431-440.
- Pla, I. 1989. Riego y desarrollo de suelos afectados por sales en condiciones tropicales. Soil Technology. 1: 13-35.
- Pla, I.; F. Dappo. 1975. Sistema Racional para la evaluación de calidad de aguas para riego. Ed. FUDECO. Segunda edición. Barquisimeto, Venezuela. 49 p.
- Pla, I.; F. Dappo. 1977. Field testing of a new system for qualifying irrigation waters. En “Proceedings of the International Conference on Managing Saline Waters for Irrigation”. 376-387. Lubbock, Texas, USA.
- Pla, I.; J. R. Alvarez; R. Sucre. 1984. Eficiencia de lixiviación en la recuperación de dos suelos afectados por sales en Venezuela. En “Proceedings International Workshop on Salt-Affected Soils in Latin-America”. 183-194. SVCS. ISSS. Maracay, Venezuela.
- Richards, L. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook 60. Washington, USA. 160 p.

- SHYQ (Sistema Hidráulico Yacambú-Quíbor). 1995. El uso del agua en el Valle de Quíbor. Barquisimeto, Venezuela. 69 p.
- Van Hoorn, J.; J. Van Alphen. 1994. Salinity control. In: Drainage principles and application. H.P. Ritzema (Ed.) International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen, The Netherlands. pp. 533-600.
- Villafañe, R. 1995. Detección de suelos afectados por sales en áreas bajo riego de los estados Portuguesa, Barinas y Lara, Venezuela. *Agronomía Tropical*. 45: 457-472.
- Villafañe, R. 2011. Sosalriego: Un procedimiento para diagnosticar los riesgos de sodificación y salinización del suelo con el agua de riego. *Bioagro* 23: 57-64.
- Villafañe, R. 2017. Calificación y manejo de aguas de riego. Editorial Académica Española. BeauBassin, Mauritius. 43 p.
- Villafañe, R.; M. Azpúrua; O. Abarca; T. Ruiz. 1999a. Determinación de la variabilidad espacial de las sales en el Valle de Quíbor. Renfagro, S. A. UCV. Maracay, Venezuela. 61 p.
- Villafañe, R.; M. Azpúrua; O. Abarca; T. Ruiz; J. Dugarte. 1999b. Distribución espacial de la salinidad en los suelos de Quíbor y su relación con las limitaciones de drenaje y la calidad del agua. *Bioagro* 11: 43-50.
- Walpole, R.; R. Myers. 1982. Probabilidad y estadística para ingenieros. Nueva Editorial Interamericana. México, D.F., México. 578 p.
- Zinck, A.; C. Suárez. 1972. Condiciones de salinidad y alcalinidad en la Depresión de Quíbor, estado Lara. *Agronomía Trop.* 22: 405-428.