

NOTA BIBLIOGRÁFICA
SALINIDAD EN SUELOS CULTIVADOS
CON CAÑA DE AZÚCAR EN VENEZUELA

Pedro Monasterio¹
Luis Rodríguez²
Jacinto Tablante³

RESUMEN

En Venezuela algunos suelos cultivados con caña de azúcar se están deteriorando, debido a causas tales como: agua con alto contenido de sales, deficiente volumen de agua aplicado al suelo, lejanía de las fuentes de agua dulce, equipos obsoletos y falta de capacitación en la utilización de los métodos de riego. Además la importancia que el Estado Venezolano ha dado al cultivo como rubro bandera, promoverá un incremento en el área cultivada con caña de azúcar y un aumento del problema de la salinidad en el suelo. Esta situación ha motivado a realizar una compilación y análisis sobre trabajos realizados en Venezuela en el tema de la salinidad de los suelos en este rubro agrícola.

Palabras claves: sales, bibliografía, citas, salinidad, riego, caña.

Recibido: 18/07/06. Aceptado: 15/09/06

GROUND SALINITY CULTIVATED
WITH SUGARCANE IN VENEZUELA

ABSTRACT

In Venezuela some grounds cultivated with sugarcane are being deteriorated to causes: water with high content of salts, deficient volume of water applied to the ground, distances of the water sources, obsolete

¹ Investigador. INIA Yzacuy, Venezuela (pmonasterio@inia.gob.ve)

² TAI. INIA Yzacuy, Venezuela (lrodriguez@inia.gob.ve)

³ TAI. INIA Yzacuy, Venezuela (jtablante@inia.gob.ve)

equipment and low of qualification in the use of the irrigation methods. In addition the importance that the Venezuelan state has given to the culture like red flag, will promote an increase in the area cultivated with sugar cane and an increase of the problem of salinity in the ground. This situation has motivated to us to make a compilation on works of investigation in the magazines Sugarcane and Tropical Agronomy like an alternative in the task of the search of scientific references in salinity ground.

Key words: salts, bibliography, appointments, salinity, irrigation, sugarcane.

INTRODUCCIÓN

Los problemas causados por la presencia de las sales en el suelo, son variados, pero generalmente afectan negativamente en el suministro de agua para las plantas y cuando hay concentraciones dañinas del ión sodio produce deterioro físico del suelo, causando disminución en la penetración y almacenamiento de agua en el mismo. Así mismo, las sales pueden provocar desbalances en la nutrición vegetal y producir efectos tóxicos directos por la acumulación excesiva en la planta de iones como cloruros, sodio (Pla, 1969).

En Venezuela, aparte de la existencia de más de un millón de hectáreas de suelos afectados por salinidad primaria, originada durante los procesos que dieron origen al suelo, se han desarrollado problemas de salinidad secundaria en prácticamente todas las zonas con desarrollo de agricultura de riego (Zérega, 1971). Así mismo, desde el punto de vista químico, se señala que la causa principal de la salinización de los suelos explotados con caña de azúcar se debe: al uso irracional del agua de riego con altas concentraciones de sales, por las condiciones de clima semiárido y subhúmedo, textura fina y media de los suelos mal drenados y al manejo inadecuado del cultivo (Wagner 1995). Este mismo autor considera que la caña de azúcar es un cultivo exigente en agua, se corre el riesgo de que los suelos cañameleros actuales y po-

tenciales, disminuyan su productividad por efecto de las sales de las aguas de riego, si no se toman las previsiones como la aplicación de prácticas integrales de manejo del cultivo, suelo, clima y agua de riego. Esto cobra importancia, porque en Venezuela se tiene programado en los próximos años, desarrollar 200.000 ha de caña de azúcar para producir etanol para la industria petrolera.

Por la importancia antes descrita, creemos pertinente hacer esta compilación, de acuerdo con el año de publicación en las Revistas Venezolanas, con la finalidad de darle al usuario mayor facilidad en el quehacer de la búsqueda bibliográfica.

METODOLOGIA

La información contenida en este trabajo corresponde a una recopilación de artículos publicados en revistas científicas venezolanas.

RESULTADOS

Gómez (1952) logra demostrar que el alto contenido de sales en los jugos de la caña de azúcar, en algunas zonas cañameleras de Venezuela, es causado fundamentalmente por el sulfato de potasio presente en el agua freática, el cual interfiere en la cristalización de la sacarosa al dificultar su secado. Como solución probable a esta problemática sugiere la construcción de canales subterráneos con obús, canales abiertos de drenaje y buenas labores de fondo.

Sequera (1955) presenta un trabajo que trata sobre la recuperación de terrenos improductivos, afectados por el nivel freático y alta concentración de sales. En el trabajo se describen paso a paso los diferentes puntos ejecutados, desde el estudio del problema y la corrección de los daños. Se evaluó el porcentaje de sal desalojada, así como también el cultivo sembrado con indicador del cambio.

Mago (1969), indica que los problemas de alcalinidad y salinidad están fundamentalmente vinculadas con las propiedades químicas de las aguas de riego, por lo que resulta esencial determinar su calidad, con la finalidad de obtener consistentemente rendimientos elevados de los cultivos y conservar la productividad de los suelos. En este trabajo se apreció: (a) en su inmensa mayoría las aguas analizadas pueden considerarse como de dudosa calidad para los tipos de suelos de la región; (b) se sospecha que las aguas provocan problemas de salinidad, pero no alcalinidad de suelos; (c) las aguas con mayor salinidad están ubicadas en la parte baja del valle; (d) todo lo anterior induce a prestar especial atención a las recomendaciones sobre el manejo de los suelos, especialmente en aquellas fincas donde las aguas presentan mayor peligro.

Partiendo de las premisas que indican que el uso de aguas salinas con fines de riego, debe ir acompañado de normas que permitan a la vez el riego eficiente de los cultivos y el lavado de excesos de sales acumuladas, el autor concluyó lo siguiente:

- Gran parte del valle El Rodeo se está salinizando, como consecuencia del riego de la caña de Azúcar con aguas salinas, mala utilización de las mismas y problemas de drenaje.
- En otra parte del valle, caracterizada por poseer aguas menos salinas y mejores condiciones de drenaje superficial, no se observan problemas de salinización. Esto puede ser atribuido a la menor acumulación de sales con el riego y, en parte, a un eficiente lavado de sales durante el período de lluvias.
- Es indispensable mejorar las condiciones de drenaje superficial, especialmente en la zona que se ha caracterizado como salina.
- Con la finalidad de complementar el lavado de sales efectuado por la lluvia, sería conveniente regar durante el invierno con aguas del río Turbio, que en esa época son abundantes y de buena calidad. Sin embargo, esto requiere un efectivo control del nivel freático y mejorar las condiciones de drenaje superficial, especialmente en la zona donde el problema es más crítico.
- Cubrir en los riegos las necesidades de lavado, sobre la base del contenido de sales en el agua y el que puede soportar el cultivo en

el agua de drenaje. La alta proporción del catión Ca^{++} en el agua lo permite, sin peligro de alcanzar altas concentraciones relativas de Na^+ .

- Seleccionar las variedades de caña más tolerantes a condiciones salinas y con ello reducir considerablemente las necesidades de lavado.
- Cambio de la fuente de abastecimiento de agua, mediante la construcción de un embalse al río Turbio (Mago, 1969).

Montenegro (1974) y Pla (1971) presentaron trabajos sobre la base de deducciones teóricas, pero basados firmemente en observaciones y datos experimentales, los cuales indican claramente que en suelos con malas condiciones físicas y escasa aireación, durante el proceso de recuperación, los efectos del agua de lluvia intensa y concentrada en sólo parte del año pueden ser insignificantes, y los efectos de enmiendas orgánicas pueden ser contraproducentes. Así mismo, demuestra que dadas las condiciones adecuadas, es posible la recuperación natural sin enmiendas de suelos salino-sódicos desarrollados con precipitación de carbonato de Ca y Mg.

Zérega (1991) realizó un trabajo en la zona cañera del valle del río Turbio (estado Lara, Venezuela), en el cual se presentan áreas donde la caña de azúcar tiene un crecimiento pobre, denominadas por los agricultores "peladeros" o "calvicies". En el mismo se demuestra que las principales causas de esta situación son: 1) alto grado de salinidad del suelo; 2) pendiente excesiva de los surcos, y 3) alto grado de compactación del subsuelo. Con el objeto de caracterizar las áreas cañameleras afectadas por sales en la zona de influencia de la Azucarera Río Turbio, se procedió a delimitar el área de trabajo, sobre la base los estudios agro ecológicos realizados por el FONAIAP y un trabajo de clasificación de suelos realizado por el MARNR. En todos los tablones con problemas para el crecimiento de la caña de azúcar, para cinco fincas seleccionadas en cuatro unidades cartográficas de suelo representativas, se procedió a realizarle al suelo determinaciones químicas y físicas sucesivas para identificar las causas de las limitaciones para la germinación, crecimiento y desarrollo de este cultivo, complementa-

do con la calificación de las fuentes de agua de riego de esas fincas. Los resultados permiten afirmar, en términos generales, que en el área de influencia inmediata de la Azucarera Río Turbio, los problemas más graves de suelos se ubican en las fincas regadas con las aguas de la quebrada Guardagallo y las localizadas en el valle El Rodeo y zonas adyacentes, por la presencia de sodio que origina muy mala calidad del agua de riego. Las limitaciones edafoclimáticas más comunes en el área cañera de la Azucarera Río Turbio son: suelos salinos con predominio de sulfato de calcio; texturas fina y media; compactación; mal drenaje interno; mala calidad, insuficiente y uso irracional del agua de riego; clima semiárido a subhúmedo; y uso de variedades de caña de azúcar y manejo general del cultivo en forma no adecuada. Se recomienda el uso de métodos de riego de alta frecuencia, aplicar enmiendas químicas y orgánicas en los suelos sódicos y/o compactados, emplear maduradores fisiológicos en el cultivo, laboreo profundo con arado de cincel o subsolador, aplicar los principios de mínima labranza, enmendar con yeso las aguas de riego de la quebrada Guardagallo y sembrar, preferentemente, las variedades de caña de azúcar: My5514, PR692176, V68-78, PR61632, PR980 y/o V74-7.

Este mismo autor, con la finalidad de seleccionar genotipos de caña de azúcar tolerantes a suelos afectados por sales y determinar niveles críticos de sales en el suelo, instaló un experimento en potes bajo condiciones de umbráculo, en el FONAIAP Yaracuy en Yaritagua. Se empleó un suelo salino, con conductividad eléctrica en el extracto saturado (CEes) de 5,4 dS/m a 25°C y otro, salino-sódico con CEes de 27 dS/m, con relación de adsorción de sodio de 25,1; ambos franco arcilloso-limonosos, extraídos de dos fincas cañameleras del área de influencia de la Azucarera Río Turbio. Las variedades de caña de azúcar empleadas en este estudio han sido señaladas por investigadores y cunicultores como tolerantes a salinidad y/o sequía.

Así mismo expresó que los cultivares V74-7, PR692176, B64129 y B49119, fueron los que registraron los mayores rendimientos de materia fresca y seca y los mejores índices de relación: peso seco/peso fresco o porcentaje de humedad en la planta, para su selección como

tolerantes a salinidad, las variables PR980, PR013, PR1028, PR61632, Co421, Caña Blanca, V68-78, y B7549 resultaron susceptibles a la salinidad del suelo, bajo las condiciones en que se condujo este experimento.

Zérega (1993;1995) indicó que el grado de deterioro creciente de los suelos cañameleros del Valle del Turbio se realizó este estudio donde se obtuvieron los siguientes resultados para un periodo de un año, bajo las condiciones edafoclimáticas y de manejo dado a este experimento:

Los niveles de conductividad eléctrica (CE) y relación adsorción de sodio (RAS) registrados en el suelo original y después de la cosecha, en todos los tratamientos y profundidades, estuvieron muy por debajo de los niveles críticos estimados para el cultivo y el suelo respectivamente.

La conductividad eléctrica (CE) 1:5 de 0 a 20 cm. de profundidad del suelo, a los 55 días después de la siembra y de aplicados los fertilizantes, casi se duplicó, sin sobrepasar el nivel crítico para el cultivo. Pero después de la cosecha ésta descendió por debajo de los niveles registrados en el suelo original.

El pH 1:2,5 disminuyó hasta en cinco décimas de unidad, con relación al suelo original, sin diferencias estadísticas entre tratamientos y profundidades del suelo, después de la cosecha.

Los tratamientos fertilizados que incluyeron las fuentes de nutrimentos con el mas alto índice de salinidad (KCl, urea y sulfato de amonio), entre todos los abonos químicos que se expenden en Venezuela, fueron los que presentaron los mayores niveles de CE en el suelo después del corte de la caña, sin diferenciación estadística con el resto.

Se detectó el incremento de los valores de CE, RAS, Na, Ca, Mg y $SO_4^{=}$ con la profundidad del suelo. En tanto que las concentraciones de HCO_3^- , P y K tuvieron una dinámica totalmente inversa; con diferencias estadísticas a nivel del 5% entre profundidades, excepto en el caso del

RAS. Con los cloruros no se observó una tendencia definida en este sentido.

Después de la cosecha se registró disminución del pH, CE, SO_4^- , Na y Mg en el suelo; donde este último fue el más lixiviado, con relación a los valores obtenidos en el suelo original. Con el K, P, Cl y HCO_3^- , ocurrió todo lo contrario, para la mayoría de tratamientos y profundidades. Con el RAS y Ca, este comportamiento fue muy variable.

El sulfato de calcio fue la sal predominante en el agua de riego, en el suelo original y después de la cosecha en todos los tratamientos y profundidades.

Las más altas concentraciones de nitratos y en mayor número de tratamientos se obtuvieron de 40 a 60 cm de profundidad, las cuales representaron 385 de las unidades experimentales del ensayo. De 0 a 20 cm no se encontró este anión.

Entre los iones que presentaron la mayor concentración después de la cosecha, el calcio fue el menos lixiviado de 0 a 20 cm y los bicarbonatos de 20 a 60 cm de profundidad. La mezcla de fosfato diamónico + urea + KCl, fue el tratamiento que presentó la mayor deficiencia en lixiviación de sales de 0 a 20 cm y de 40 a 60 cm.

Las concentraciones de P y K en el suelo aumentaron, pero solamente el primero superó el nivel crítico en el suelo establecido para el cultivo de la caña de azúcar. Sin embargo, el P foliar se ubicó por debajo de éste, con el potasio ocurrió todo lo contrario. Estos resultados están relacionados con los fenómenos de adsorción, desorción, cinética de reacción y a los significativos aportes de N-P-K que proporcionó el agua de riego al suelo experimental.

Los tratamientos fertilizados presentaron diferencias estadísticas a nivel de 5% en toneladas de caña por hectárea (TCH) y en tonelada de pol por hectárea (TPH) con relación al testigo. En pol% en caña no se

registraron tales diferencias. No obstante, los niveles de TCH y TPH del testigo fueron relativamente altos, de 126 y 16,4 t/ha respectivamente, debido a que el agua de riego aportó o fertilizó al suelo experimental con 379, 85 y 33 kg de N-P-K por ha, respectivamente, en un total de diez riegos que se aplicaron al ensayo.

No se detectó ninguna influencia de los tratamientos en la composición química del suelo, ni en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar. Estos resultados fueron determinados por el agua de riego, por sus aportes de sales (predominantemente sulfato de calcio) y nutrientes. Aunque no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos, la mezcla física de fosfato diamónico + urea + cloruro de potasio, por ser la de menor costo se presenta como la más conveniente a corto plazo, bajo las condiciones agroecológicas y de manejo del experimento permitieron concluir:

- Con estos resultados se concluye que las enmiendas no tuvieron ninguna influencia importante en la composición química final del suelo. Ésta fue determinada por las sales presentes en el agua freática y no varió con relación a las propiedades químicas determinadas antes de iniciar el experimento.
- La CE fue la variable del suelo que explicó entre 63 y 79% las TCH obtenidas en los ciclos plantilla y soca 1, respectivamente. Los coeficientes de correlación de estas dos variables en los dos ciclos de cultivo considerados resultaron obviamente negativos. Aunque las TCH registraron coeficientes de variabilidad muy altos, las tendencias indican que las variedades de caña de azúcar que más resistieron esas condiciones de suelo fueron: My5514, B7549, V74-7, PR980, V75-6 y PR692176.

Wagner (1995) en este trabajo evaluó factores limitantes de sales y aguas como pH, capacidad de intercambio catiónico, presencia de microelementos como Zn, Cu y Fe, plasticidad del suelo, macroporosidad, módulo de ruptura y el desarrollo radical del cultivo. En lo refe-

rente a la salinidad los valores de conductividad eléctrica en todas las parcelas evaluadas fueron bajos; por lo cual los autores aseguran que no existen en estos suelos, niveles de sales solubles que puedan interferir en el desarrollo y producción de la caña de azúcar; sin embargo, el agua de riego utilizada presentó una conductividad eléctrica que la califica como altamente salina. Igualmente identifica a las aguas de muy mala o de mala calidad, cuando la relación de adsorción de sodio es baja.

Villafañe (1995; 1996) en estudios de los datos de suelo y agua obtenidos, conjuntamente con la información recopilada de suelo, clima y cultivo, permitió localizar suelos actual o potencialmente afectadas por sales y detectar la influencia de otras fuentes de sales diferentes a las aguas de riego en uso.

En este estudio de campo el autor analizó la respuesta a la salinidad y al sodio midiendo los parámetros de altura de plantas a los seis y siete meses de edad, valores medio de conductividad eléctrica y relación de adsorción de sodio alcanzado en el extracto de saturación del suelo. Las variedades SP711406, B64129 y CP711210 mostraron mayor tolerancia a la salinidad y las variedades B75403, PR692176 y CP711210 la mayor tolerancia al sodio. El autor presume que la tolerancia al sodio puede estar relacionada con los requerimientos de calcio de las variedades.

Zérega (1997) también indica que los resultados de los tratamientos no tuvieron ninguna influencia en la composición química del suelo, ni en los niveles de productividad del cultivo, aunque el testigo absoluto siempre presentó los más bajos rendimientos, excepto en pol% caña. También se presentan los resultados de conductividad eléctrica (CE) 1:5 del suelo en el ciclo soca 1, CE 1:5 y concentraciones de P y K en soca 2, características salinas en el extracto saturado del suelo en soca 3 y productividad por tratamiento en todos los ciclos.

Zérega (1998) hace resaltar la importancia que viene tomando la salinidad de los suelos en Venezuela, sobre todo en aquellas zonas de agri-

cultura bajo riego, haciendo una caracterización de los suelos salinos, salino-sódicos, sódicos y salinos. Por otra parte, establece los criterios de diagnóstico de sales directamente en el campo y los criterios de diagnóstico definitivo de un problema de salinidad. Finalmente indica los lineamientos para el manejo del problema de salinidad.

Villafañe (1998) propone un método para obtener la composición salina del agua y definir las estrategias de manejo del riego, partiendo de la composición iónica del agua, la tolerancia del cultivo a la salinidad, las condiciones de drenaje del suelo y la cantidad de lluvia del lugar.

El método provee la dosis de enmienda requerida para atenuar los riesgos de sodificación del suelo, la fracción de lavado que puede controlar la salinidad del suelo, así como las necesidades de cambio de cultivo, uso de riego de alta frecuencia o descanso del suelo para su recuperación de manera natural. Un programa en QBASIC para computadoras personales fue elaborado, con el propósito de facilitar el uso del método.

Zérega (2002) concluyó que no se observó ningún problema de salinidad actual o potencial en estos suelos ni en el agua de riego, excepto en dos parcelas donde se registraron valores relativamente altos con relación a la adsorción de sodio.

CONCLUSION

Los 18 trabajos citados desde 1952 hasta la actualidad, indican que las sales en el agua de riego y la baja eficiencia en la aplicación del agua de riego, conjuntamente con las prácticas de riego (lámina usada, métodos de riego y calidad de agua), son la causa del deterioro y aumento de los problemas de salinidad asociados al cultivo de la caña de azúcar. Asimismo destacan la necesidad de aplicación de prácticas integrales de manejo de cultivo para que éste sea sustentable y sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Gómez Álvarez, F. 1952. Influencia del agua del subsuelo en la composición de la caña de azúcar. Boletín No. 35, Estación Experimental de Occidente. División de Caña de Azúcar. MAC. 34 p.
- Sequera Tamayo, P. 1955. Recuperación de suelos salinos. Boletín No. 58. Estación Experimental de Caña de Azúcar de Occidente. MAC. Dirección de Agricultura. División de Investigación: 30 p.
- Mago, P. y Chirinos, S. 1964. Uso de las características químicas de las aguas del valle El Rodeo de Yaritagua, para la evaluación de su calidad para el riego. Boletín No. 70. Estación Experimental de Occidente. Yaritagua, Ven. MAC. 39 p.
- Mago, P. 1969. Consideraciones sobre las aguas de riego y la salinización de los suelos del valle El Rodeo. Boletín No. 87. Estación Experimental del Occidente. Yaritagua. Ven. MAC. 30 p.
- Pla Sentis, T. 1971. Evaluación de la influencia de factores naturales y artificiales en la recuperación y prevención del desarrollo de suelos afectados por sales. Revista Agronomía Tropical, Ven. 13 p.
- Pla, I. 1969. Metodología de laboratorio recomendada para el diagnóstico de salinidad y alcalinidad de suelos, aguas y plantas. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Ven. 117 p.
- Montenegro, R. y Gómez Álvarez, F. 1974. Posibles causas de los "peladeros" o "calvicies", en zonas cultivadas con caña de azúcar. Boletín No. 103. Estación Experimental de Occidente. Yaritagua, Ven. MAC. 10 p.
- Zérega, L.; Hernández, T.; Valladares, J. F. 1991. Evaluación de 14 variedades de caña de azúcar en dos suelos afectados por sales, bajo condiciones de umbráculo. Revista Caña de Azúcar 9 (2): 98 p.
- Zérega, L. Hernández, T. Valladares, J. F. 1991. Caracterización de suelos y aguas afectadas por sales en zonas caña-meleras de la Azucarera Río Turbio. Revista Caña de Azúcar 9 (1): 52 p.
- Zérega, L. 1993. Influencia de la fertilización química en la salinización del suelo y en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar a corto plazo. Revista Caña de Azúcar 11 (1): 44 p.

- Zérega, L.; Hernández, T.; y Valladares, J. F. 1995. Efecto de tres enmiendas sobre un suelo salino sódico con ocho variedades de caña de azúcar. *Revista Caña de Azúcar* 13 (2): 51-63 p.
- Villafañe, P Y Guarisma, R. 1998. Propuesta para calificar y manejar el agua de riego según su salinidad. *Revista Agronomía Tropical*. Vol. 48, No. 3, 251-273 p.
- Zérega, L.; L. Rojas y Hernández, T. 2002. Caracterización y sugerencias de manejo de los recursos agroecológicos para la producción de caña de azúcar en la Unión de Prestatarios La Esperanza, Estado Yaracuy. *Revista Caña de Azúcar* 16(1) 18-40 p.
- Wagner, H; C. Rincones; R. Borrego y G. Medina. 1995. Evaluación de factores limitantes de suelos y aguas en áreas cañameleras de la región central de Venezuela. *Revista Caña de Azúcar* 13(2) 65-82 p.
- Villafañe, R. 1995. Detección de suelos afectados por sales en áreas bajo riego de los estados Portuguesa, Barinas y Lara. Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*. Vol. 45, No. 3, 457- 472 p.
- Villafañe, R. 1996. Tolerancia a la salinidad y al sodio de seis variedades de caña de azúcar en Venezuela. *Revista Agronomía Tropical*. Vol. 46, No. 1, 81-100 p.
- Zérega, L.; Hernández, T. 1997. Influencia de la fertilización química en la salinización del suelo y en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar a mediano plazo. *Revista Caña de Azúcar*. 15 (2) 53-68 p.
- Zérega, L. 1998. Caracterización y manejo de suelos afectados por sales. Mimeografiado. Biblioteca INIA Yaritagua. Yaracuy, Ven. 18 p.