

AVANCES DE LA INVESTIGACION REALIZADA EN EL PERU
SOBRE LOS EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LA PRODUCCION
DE LA CAÑA DE AZUCAR¹ /

SERGIO VALDIVIA V.*

Abstract

In the present work principal results obtained in 5 years of field research with sugarcane cultivated on saline and saline-sodic soils are reported.

All the experiments were carried out with cultivar H32-8560 under field conditions (clime extremely arid) and on alluvial soils of the Peruvian northern coast.

The results indicate that, in order to obtain a good sprouting of sugarcane (better than 85 percent), salinity must be less than 5 mmhos/cm. Furthermore, that on saline fields with a deep water-table (more than 2 m), sugarcane behaves as a salt sensible crop (15% reduction in yield with salinity of 2 mmhos/cm); on the contrary, in saline fields with a shallow water-table (0.80 to 1.10 m) sugarcane behaves as a salt semi-tolerant crop (15 percent reduction in yield with salinity of 8 mmhos/cm).

It was also found that in slightly saline soils (from 2 to 8 mmhos/cm) high rates of nitrogenous fertilizers, more than 180 kg N/ha, did not increase cane nor recoverable sugar yield; however, the lowest rate of N used (180 kg/ha) produced higher yields than the control plot (no N).

Likewise, it was found that with 15 percent of exchangeable sodium (ESP) cane or sugar yield decreased in 15 percent and that yield was reduced by one half when the ESP varied between 25 to 26.

Introducción

Antes de la creación del Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA) en el Perú se había dado relativamente poca importancia al estudio del efecto de la salinidad del suelo en el cultivo de la caña de azúcar, debido a que la Hacienda Casa Grande que contaba con su Estación Experimental, igual que otras Haciendas Azucareras que realizaban experimentación agrícola, tenían una su-

perficie reducida con problemas de salinidad. Hasta esta época, únicamente se disponía de un método gráfico para determinar el potencial osmótico de los suelos salinos de la costa norte del Perú a partir de la conductividad eléctrica del extracto de saturación y del contenido de humedad del suelo (6). Además, se había desarrollado una relación (para suelos del valle Chicama) que permitía calcular la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe) a partir de la conductividad eléctrica de la pasta saturada y del porcentaje de saturación (13).

Con la creación del ICIA (Octubre de 1970), la experimentación en el cultivo de la caña de azúcar se centralizó, comenzando dicho Instituto a realizar trabajos de investigación en todas las Cooperativas Azucareras del Perú.

¹ Recibido para publicación el 7 de enero de 1981.

* Jefe de la Sección Química de Suelos del Instituto Central de Investigaciones Azucareras (ICIA), Apartado 1071, Trujillo, Perú.

Al comienzo, se detectaron algunas zonas salinas y se propuso la necesidad de investigar los diversos problemas de suelos salinos y sódicos, además de determinar límites críticos para el desarrollo de los cultivares de caña bajo las condiciones del suelo y clima del Perú (14). Además, se encontró que bajo condiciones de extrema aridez (costa peruana) la evaluación morfológica de los suelos salinos y sódicos da lugar a múltiples equivocaciones y que la evaluación química de suelos salino-sódicos y sódicos es errónea en cuanto a la estimación del porcentaje de sodio intercambiable, el cual es sobreestimado (7). En consecuencia, se propuso como una condición necesaria la presencia de los aniones solubles CO_3^{2-} y HCO_3^- , para que tales suelos de esa zona árida fueran considerados sódicos o salino-sódicos. Paralelamente, se había observado que la evaluación de la producción de caña en suelos salinos es difícil cuando intervienen otros factores, principalmente el sodio, concluyéndose que el límite de afectación por sales para la caña es bastante estrecho y que la extracción del agua por las raíces de la caña que se desarrolla en suelos salinos, se realiza principalmente de la capa menos salina (8).

Un trabajo de investigación más detallado fue realizado por Valdivia y Pinna (17), quienes al integrar la curva del potencial total del suelo y el porcentaje de espacio aéreo, encontraron un límite teórico de afectación por sales para la caña de azúcar de 3.5 y 2.2 mmhos/cm de conductividad eléctrica del extracto de saturación para las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm respectivamente.

Por último, se debe recalcar que los altos precios del azúcar en el mercado internacional durante los años 1974-1975, causaron una fuerte tendencia para la expansión de la superficie de cultivo de la caña a zonas vírgenes, generalmente salinas, o a campos anteriormente cultivados con plantas tolerantes a la salinidad como arroz, algodón, sorgo o gramalote. Esta mayor importancia que adquieren los suelos salinos, principalmente en los valles del Tambo, Nepeña, Chicama, Zaña y Chancay-Lambayeque, dio origen en 1974 a la proposición de un proyecto de investigación para el mayor conocimiento del efecto de las sales y el sodio en la caña bajo las condiciones de la costa árida peruana, de modo que se pudiera dilucidar la política a seguir para la expansión de dicho cultivo.

Los principales objetivos de la investigación propuesta fueron: a) Conocer el efecto de las sales en el brotamiento de la caña; b) Encontrar los límites críticos de afectación por sales y sodio y los porcentajes de reducción del rendimiento, con el fin de poder determinar la factibilidad económica del

cultivo de la caña en nuevas áreas de expansión; c) Estudiar el efecto del abonamiento nitrogenado en campos ligeramente salinos; d) Conocer el efecto de la interacción salinidad del suelo-profundidad del nivel freático en la producción de la caña de azúcar.

Materiales y métodos

Los experimentos cuyos resultados se presentan a continuación, han sido realizados en el cultivar de caña H32-8560 y en los valles Chancay-Lambayeque (Tumán), valle de Zaña (Cayalti) y valle Chicama (Cartavio), ubicados en la costa norte del Perú.

Esta zona tiene un clima extremadamente árido con temperatura promedio de 20.6 a 22.2°C, precipitación anual de 20 a 34 mm y evaporación anual promedio de 4.5 a 5.8 mm. Los suelos se caracterizan por ser de formación aluvial, son suelos jóvenes de textura media a moderadamente fina, calcáreos, con una capacidad total de intercambio catiónico de 20 meq/100 g, pobres en N, medios a ricos en P y bien provistos de K.

Para la delimitación de las parcelas, se trató de agrupar áreas uniformes con las siguientes características: a) Zonas donde la caña no brotó; b) Zonas con caña muy chica o escaso brotamiento; c) Zonas con caña chica; d) Zonas con crecimiento regular; e) Zonas con buen crecimiento; y f) Zonas con crecimiento muy bueno. Este sistema también fue usado en Sud-Africa por la South African Sugar Association (11). Para asegurar la representatividad de la salinidad del suelo de cada parcela estudiada, se tomó de 8 a 10 puntos (cada uno a 3 profundidades 0-30, 30-60 y 60-90 cm) por parcela. Todas las muestras de igual profundidad fueron unidas para formar una muestra compuesta representativa de la parcela, la cual fue analizada en el laboratorio. Para el análisis de correlación y regresión en todos los casos se usó la conductividad eléctrica promedio de las capas 0-30 y 30-60 cm.

Resultados y discusión

Efecto de la salinidad en el brotamiento de la caña de azúcar

En la Figura 1 puede apreciarse que el brotamiento relativo de la caña de azúcar está inversamente correlacionado con la salinidad de la capa promedio 0-60 cm que fue la que mejor se relacionó.

El coeficiente de correlación fue altamente significativo ($R = 0.80$).

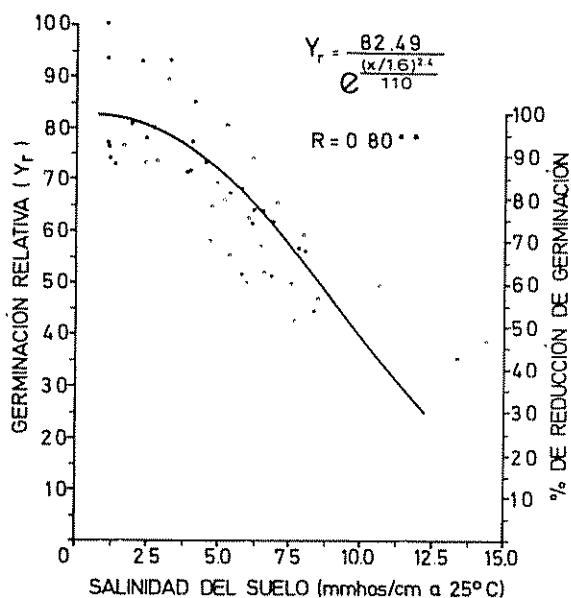


Fig. 1. Relación entre el número relativo de brotes con la conductividad eléctrica del extracto de saturación, bajo condiciones de campo.

Como puede observarse, el brotamiento disminuyó 10 y 15 por ciento cuando la conductividad eléctrica del extracto de saturación fue de 4.5 y 5.2 mmhos/cm respectivamente. Una fuerte reducción de la germinación (50%) se observó cuando la salinidad del suelo fue de 9.7 mmhos/cm (18). Este valor está próximo al descrito por Bernstein *et al.* (1), quienes encontraron aproximadamente un 50 por ciento de reducción del brotamiento en una C.E_e de 8.6 mmhos/cm.

Se pudo observar que mucha caña que brotó en suelos con alta salinidad se quedó pequeña y no desarrolló normalmente.

Efecto de la salinidad en la producción de la caña de azúcar

a. Relación entre producción y salinidad

En la Figura 2 se observa resultados de 4 experimentos en los cuales se relaciona el rendimiento relativo en porcentaje, con la salinidad del suelo (\bar{x} 0-60 cm) en mmhos/cm (16).

Las ecuaciones de regresión encontradas fueron:
 Campo Santa Rosa (caña planta):

$$Y = 93.4231 - 13.6738X + 0.5225X^2$$

$$R = 0.71^{**}$$

[1]

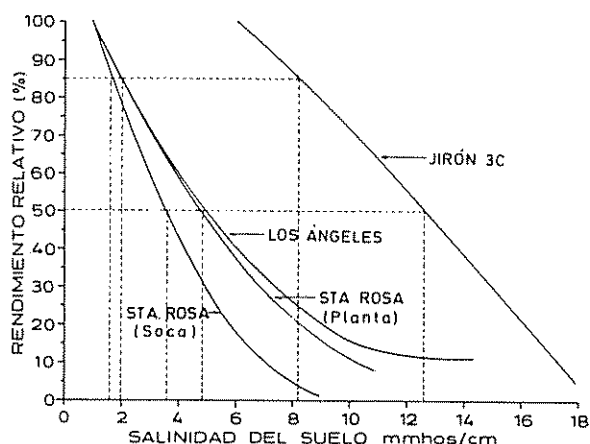


Fig. 2. Efecto de la salinidad del suelo en el rendimiento relativo de la caña de azúcar.

Campo Santa Rosa (caña soca):

$$Y = 108.4431 - 21.8313X + 1.0665X^2$$

$$R = 0.83^{**}$$

[2]

Campo Los Angeles

$$Y = 101.4719 - 14.2489X + 0.5462X^2$$

$$R = 0.93^{**}$$

[3]

Campo Jirón 3C:

$$Y = 97.9471 - 3.7760X - 0.08699X^2$$

$$R = 0.79^{**}$$

[4]

Como se puede apreciar, en todos los casos el coeficiente de correlación es altamente significativo.

Bernstein, citado por Reeve y Fireman (9) expresa la tolerancia de sales en términos de 15 por ciento de reducción del rendimiento; por lo tanto, en el presente trabajo se discuten los resultados considerando este valor como nivel crítico permisible.

b. Niveles críticos de salinidad

Puede observarse en la Figura 2 que la caña soca del campo Santa Rosa es la más afectada por la salinidad, siendo su nivel crítico 1.6 mmhos/cm. Para el caso de la caña planta de los campos Santa Rosa y Los Angeles el nivel crítico concuerda en 2.0 mmhos/cm, lo cual indica que la caña de azúcar es un cultivo sensible a las sales, coincidiendo con lo descrito por FAO/UNESCO (3). Sin embargo, el comportamiento del campo Jirón 3C es completamente diferente siendo su nivel crítico 8.2 mmhos/cm.

c. Diferencias de rendimiento entre caña planta y caña soca

Este comportamiento únicamente puede observarse en el campo Santa Rosa, el cual dispone de caña planta y soca. Los niveles críticos son de 2.0 mmhos/cm para la planta y 1.6 mmhos/cm para la soca. Puede apreciarse que a bajo nivel de salinidad la planta y la soca rinden prácticamente lo mismo, en cambio a altos niveles de salinidad la caña soca fue mucho más afectada que la caña planta. La menor tolerancia a las sales por la caña soca, ha sido descrita por otros investigadores (1, 10).

d. Efecto de la salinidad en función de la profundidad del nivel freático

En la Figura 2 se puede observar que los campos Los Angeles y Jirón 3C tienen niveles críticos de afectación por sales completamente diferentes, a pesar de que ambos suelos tienen características químicas muy similares. Sin embargo, se diferencian en que en los Angeles el nivel freático, por lo general, se mantuvo por debajo de 2 m, obteniéndose un nivel crítico de afectación por sales de 2 mmhos/cm; en cambio en Jirón 3C la napa freática fluctuó entre 0.8 y 1.1 m. Esta napa freática superficial, permitió el normal crecimiento de la caña, aún a salinidades tan altas como 8.2 mmhos/cm. Esta respuesta diferente de la caña de azúcar a la salinidad del suelo se explica fácilmente si se tiene en cuenta que el agua de riego es un recurso escaso en los valles bajo estudio, por lo cual la caña se riega cada 25 a 40 días, de allí que en Los Angeles, a los efectos dañinos de las sales (potencial osmótico), se suma las condiciones de sequedad del suelo (potencial matriz alto). Todo lo contrario ocurre en Jirón 3C donde a pesar de la salinidad alta, el potencial matriz del suelo permanece bajo debido a las buenas condiciones de humedad provenientes de la napa freática superficial. Con respecto a esto, Hunsigi y Srivastava (5) indican que una napa freática a una profundidad de alrededor de 1 m contribuye con 65 por ciento de la evapotranspiración total de la caña de azúcar y no tiene efecto perjudicial en el crecimiento, rendimiento y calidad de la misma. Kamerling, citado por van Dillewijn (21) comprobó que las raíces de la caña continúan respirando intensamente aún cuando la atmósfera del suelo que las rodea contenga poco oxígeno; entonces, para evaluar el efecto de las sales, es muy conveniente integrar a la concentración salina la profundidad de la napa freática. Por lo tanto, es importante conocer la profundidad del nivel freático de una nueva zona por cultivar con caña de azúcar para saber si el futuro cultivo por ser sembrado en dicha área va a tener problemas con el abastecimiento de O₂ (napas muy superficiales), va estar bien abastecida de humedad (na-

pas intermedias), o si va a sufrir por deficiencia de agua (napas muy profundas). Como puede observarse, un buen manejo del agua y del suelo es necesario para poder solucionar fácilmente cualquier efecto perjudicial de las sales.

e. Efecto perjudicial del sodio

En el campo Santa Rosa, al efecto perjudicial de las sales se sumó el efecto dañino del sodio intercambiable, el cual varió entre 2 y 45 por ciento. Este doble efecto dañino hizo que el nivel crítico de afectación por sales sea relativamente bajo, lo cual está de acuerdo con lo encontrado por Bonnet (2) quien menciona que la caña de azúcar tiene un pobre crecimiento en tierras salinas (CE 1:2 suspensión suelo-agua = 1.5 a 3.7 mmhos/cm) que contienen de 20 a 73 por ciento de sodio intercambiable (pH 8.3 a 9.2), y que fue observado buen crecimiento cuando el sodio intercambiable fue entre 4.5 y 11.4 por ciento y la CE de 0.3 a 0.6 mmhos/cm. Igualmente, Fogliata y Aso (4) en suelos salino-sódicos de Tucumán recomiendan que los valores de CEe estén por debajo de 1 mmho/cm y el PSI por debajo de 12 para que pueda esperarse una producción de caña de azúcar aceptable.

Efecto de la salinidad en la respuesta al abonamiento nitrogenado

En las Figuras 3A y 3B se puede observar (para las 5 edades de cosecha estudiadas) que tanto el rendimiento de caña como el rendimiento de azúcar recuperable, no muestran diferencias significativas en función de las dosis crecientes de N (de 180 hasta 460 kg/ha). Este comportamiento se debió a que los suelos fueron ligeramente salinos, variables entre 2 y 8 mmhos/cm (19). Este hecho es contrario a los resultados encontrados en suelos no salinos donde ha quedado ampliamente demostrado que la caña de azúcar responde a aplicaciones mayores de 300 kg N/ha (20).

A pesar de que bajo condiciones de salinidad del suelo, no se ha encontrado respuesta de la caña a las altas dosis de N, puede observarse que el tratamiento que no se abonó con N dio un rendimiento apreciablemente inferior al tratamiento con la menor dosis de N (180 kg/ha); con excepción de las observaciones a la edad de cosecha de 23.3 meses, lo cual se debió a que la única parcela testigo estuvo ubicada en una región con baja salinidad relativa.

Finalmente, se realizó un análisis de correlación entre el rendimiento de caña y de azúcar, y la salini-

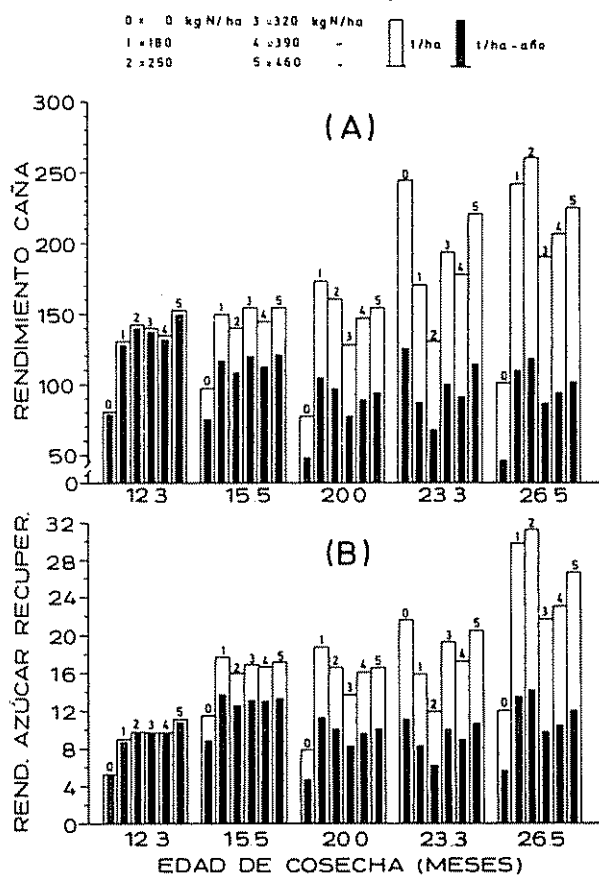


Fig. 3. Rendimiento de caña (A) y rendimiento de azúcar recuperable (B) en función de la edad de cosecha y de las dosis de nitrógeno en un suelo salino.

dad de la capa promedio 0-60 cm, y para las 5 edades estudiadas. En el Cuadro 1 se observa que a las edades de 15.5, 20.0, 23.3 y 26.5 meses, hubo correlación inversa altamente significativa entre estas características. Esto nos confirmaría el importante rol que tuvo la salinidad en la producción de caña y de azúcar, lo cual demuestra, además, que la falta de respuesta a dosis crecientes de N, se debe a la influencia negativa de la salinidad.

En la Figura 4 se presenta, para cada edad, la salinidad promedio (para cada tratamiento nitrogenado) mínima y máxima con su respectivo rendimiento promedio. Como se puede observar (con excepción de la edad de 15.5 meses) hay una relación inversa entre la salinidad y la producción de azúcar recuperable, la que es más apreciable a mayor edad de cosecha.

Efecto del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) en la producción de la caña de azúcar

En la Figura 5 se observa la correlación inversa altamente significativa ($R = 0.86^{**}$) entre el rendi-

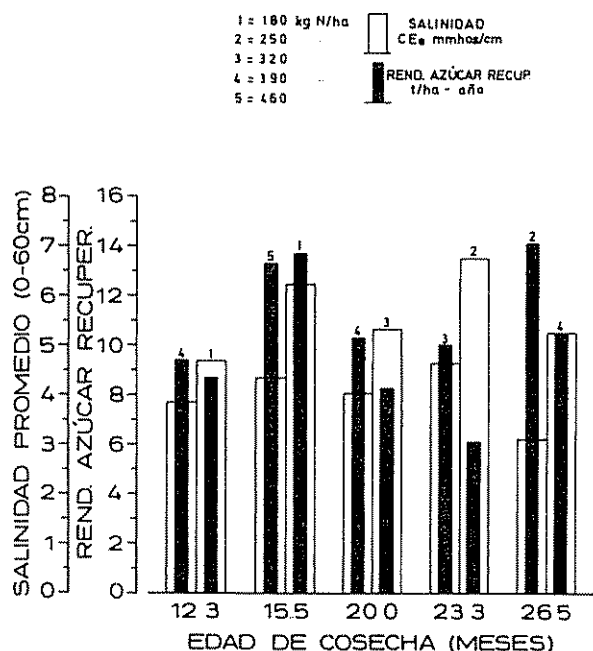


Fig. 4. Salinidad promedio más alta y más baja (de cada tratamiento nitrogenado) con su rendimiento promedio de azúcar recuperable, para cada edad de cosecha.

miento de azúcar recuperable y el PSI. También se presentan los resultados expresados en porcentaje del rendimiento relativo porque éste proporciona una mejor base de comparación. Puede observarse que con 45 por ciento de Na intercambiable, prácticamente no hay producción. La disminución del rendimiento de azúcar con 10 por ciento de sodio intercambiable es mínima; esto nos indica que de 0 a 10 por ciento de sodio intercambiable, prácticamente no hay efecto perjudicial. Sin embargo, cuando el PSI es 15 hay una reducción del rendimiento de 15 por ciento y con un PSI de 25 la producción se reduce en 50 por ciento. Podemos considerar que 15 por ciento de Na intercambiable es el nivel crítico por

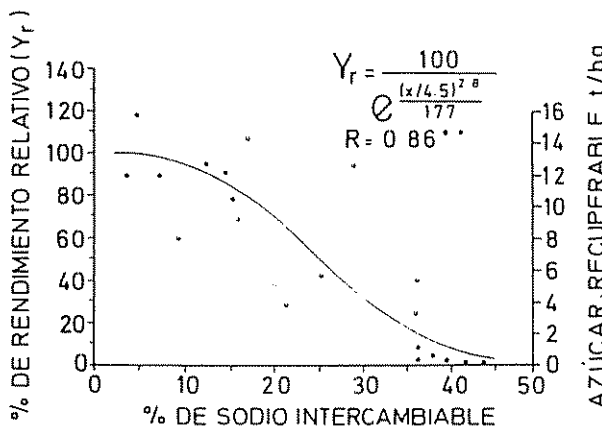


Fig. 5. Efecto del sodio en el rendimiento de azúcar recuperable, en parcelas de campo.

Cuadro 1. Coeficiente de correlación lineal entre el rendimiento de caña de azúcar y la salinidad de la capa promedio 0-60 cm.

	Edad en meses				
	12.3	15.5	20.0	23.3	26.5
Caña (t/ha)	-0.31	-0.81**	-0.75**	-0.83**	-0.64**
Azúcar Recup. (t/ha)	-0.29	-0.69**	-0.81**	-0.84**	-0.67**

encima del cual la producción es fuertemente restringida (15). El nivel crítico anterior, confirma el valor encontrado por US Salinity Laboratory (12).

Conclusiones

En condiciones de cultivo de la caña de azúcar bajo irrigación, en zonas extremadamente áridas del Perú y para el cultivar H32-8560, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Para obtener un buen brotamiento ($> 85\%$), la CE_e no debe ser mayor de 5 mmhos/cm. Este valor puede ser considerado como el nivel crítico.
- Se encontró un 50 por ciento de disminución del brotamiento cuando la salinidad fue de 9.7 mmhos/cm.
- En campos salinos con napa freática superficial (0.8 - 1.1 m de profundidad) la caña se comportó como un cultivo semitolerante a las sales, siendo su nivel crítico, una salinidad de 8.2 mmhos/cm.
- En campos salinos con napa freática profunda (mayor de 2 m) la caña se comportó como un cultivo sensible a las sales, siendo su nivel crítico, una salinidad de 2.0 mmhos/cm.
- En suelos salinos, el efecto perjudicial de las sales está en función de la profundidad del nivel freático.
- En un campo salino-sódico, se encontró que a salinidad alta, la caña soca fue más afectada que la caña planta.
- En suelos salino-sódicos, además del efecto perjudicial de las sales, se suma el efecto perjudicial del sodio intercambiable, por lo cual el nivel crítico de afectación por sales es bajo (1.6 - 2.0 mmhos/cm) a pesar de la presencia de una napa relativamente superficial.
- En suelos con salinidad entre 2 y 8 mmhos/cm se debe abonar la caña con un máximo de 180 kg N/ha, teniendo en cuenta que conforme la concentración de sales aumenta, las necesidades de nitrógeno disminuyen.
- Los rendimientos de caña y de azúcar estuvieron inversamente correlacionados con la salinidad del suelo. Esta influencia negativa hizo que no se encontrara respuesta de la caña de azúcar a la fertilización con altas dosis de nitrógeno en ninguna de las 5 edades de cosecha.
- Por debajo del 10 por ciento de sodio intercambiable, prácticamente no hubo efecto perjudicial en la producción de azúcar recuperable.
- Una concentración de sodio intercambiable de 15 y 25 por ciento, reduce el rendimiento de azúcar recuperable en 15 y 20 por ciento respectivamente.
- Prácticamente no hubo producción con un 45 por ciento de sodio intercambiable.

Resumen

En el presente artículo se dan a conocer los principales resultados obtenidos en 5 años de experimentación en el cultivo de la caña de azúcar bajo condiciones de suelos salinos y salino-sódicos.

Todos los estudios han sido realizados con el Cultivar H32-8560 bajo condiciones de clima extremadamente árido y en suelos aluviales (jóvenes) de la costa norte del Perú.

Los resultados presentados nos indican que para obtener un buen brotamiento de la caña, la conductividad eléctrica del extracto saturado no debe ser mayor de 5 mmhos/cm. Además, que en campos salinos con napa freática profunda (mayor de 2 m), la caña se comporta como un cultivo sensible a las sales (15 por ciento de reducción del rendimiento con una salinidad 2 mmhos/cm); en cambio, cuando el

nivel freático está superficial (0.80 a 1.10 m) la caña se comporta como semitolerante a las sales (15 por ciento de reducción del rendimiento con una salinidad de 8 mmhos/cm).

También se encontró que en suelos ligeramente afectados por sales (entre 2 y 8 mmhos/cm), las altas dosis de fertilizantes nitrogenados, mayores de 180 kg N/ha, no aumentan la producción de caña o de azúcar recuperable; sin embargo, sí hubo notable respuesta a la aplicación de 180 kg N/ha en comparación con la no aplicación de N.

Por último, se encontró que un 15 por ciento de sodio intercambiable (PSI) disminuye la producción de caña o de azúcar en un 15 por ciento y que la producción se reduce a la mitad cuando el PSI es de 25 a 26.

Literatura citada

1. BERNSTEIN, L., FRANCOIS, L. E. y CLARK, R. A. Salt tolerance of NCo. varieties of sugar cane. I. Sprouting, growth and yield. *Agronomy Journal*, 58(5):489-493. 1966.
2. BONNET, J. A. Soil salinity studies as related to sugarcane growing in Southwestern Puerto Rico. *Journal Agronomy University of Puerto Rico*, 37(2):103-113. 1953.
3. FAO/UNESCO. Irrigation, Drainage and Salinity. Hutchinson & Co. Ltd. London, 1973. 150 p.
4. FOGLIATA, F. A. y ASO, P. J. Efecto de la salinidad y sodio intercambiable del suelo en el rendimiento de la caña de azúcar. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán, Argentina*, 43(1):25-45. 1965.
5. HUNSIGI, C. y SRIVASTAVA, S. C. Modulation of Et values of sugarcane because of high water table. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 16:1 557-1 564. 1977.
6. HUSZ, G. Serienmässige charakterisierung des wasserhaushaltes von bewässerungsböden in ariden und semiariden gebieten. *Trans. 9th Congress International Soil Science Society, Adelaide, Australia*. 565-576. 1968 (Traducción del autor en castellano).
7. PINNA C., J. Evaluación morfológica y química de suelos salino-sódicos en zonas áridas. *Boletín Técnico. Instituto Central de Investigaciones Azucareras*, 2(4):1-3. 1973.
8. PINNA C., J. Dificultades en la evaluación de suelos salinos y/o sódicos en el cultivo de la caña de azúcar. *Azúcar Peruana*. 2(3):14-23. 1974.
9. REEVE, R. y FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. *Irrigation of Agricultural Lands. American Society of Agronomy*. 11:988-1 008. 1967.
10. ROBINSON, F. E. y WORKER, C. P. Growth of sugarcane in areas irrigated with Colorado River Water. *California Agriculture*, 18(8): 2-3. 1965.
11. SOUTH AFRICAN SUGAR ASSOCIATION. Annual Report. 86 p. 1965-6.
12. U. S. SANILITY LABORATORY. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Department of Agriculture. Handbook 60. 1954. 160 p.
13. VALDIVIA V., S. Relación entre la conductividad eléctrica de una pasta de suelo, la conductividad eléctrica de su extracto y el "porcentaje de saturación". *Informes. Estación de Investigaciones Agrícolas, Casa Grande, Trujillo, Perú* No. 8:1-13. 1970.
14. VALDIVIA V., S. Consideraciones generales acerca de la salinización y sodificación de suelos. *Boletín Técnico. Instituto Central de Investigaciones Azucareras*, 2(1):63-72. 1973.
15. VALDIVIA V., S. Effect of excess sodium on sugarcane yield. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 16:861-866. 1977.
16. VALDIVIA V., S. Effect of water table depth on sugarcane salts concentration critical level. Trabajo presentado al 17 Congreso de la International Society of Sugar Cane Technologists, realizado en Filipinas. 1980. Por publicarse.
17. VALDIVIA V., S. y PINNA C., J. A theoretical salt effect limit for sugarcane considering soil physical properties. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 15:736-742. 1974.

-
18. VALDIVIA V., S. y PINNA C., J. Efecto de la salinidad en el brotamiento de la caña de azúcar. *Saccharum*, 5(1):51-59 1977.
 19. VALDIVIA V., S. y PINNA C., J. Salinity effect in sugarcane response to nitrogen fertilization. Trabajo presentado al 17 Congreso de la International Society of Sugar Cane Technologists, realizado en Filipinas. 1980. Por publicarse.
 20. VALDIVIA V., S. TELLO A., H. y PINNA C. J. Efecto de la aplicación tardía del nitrógeno en el cultivar de caña H32-8560: II. Influencia de las dosis crecientes, en el rendimiento, calidad y nutrientes, así como en su variación con la edad. *Saccharum*, 6(2):146-177. 1978.
 21. VAN DILLEWIJN, C. *Botany of Sugarcane*. Waltham, Massachusetts. USA. 1952. 371 p.