

## RESPUESTA DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp*) A TRES CONCENTRACIONES DE SAL EN UN VERTISOL DE GUANACASTE<sup>1/</sup>

Paulina Montes de Oca<sup>2/</sup>\*\*

Rafael Mata\*\*\*

Marco A. Chaves\*\*\*\*

### ABSTRACT

**Response of three sugar cane varieties (*Saccharum spp*) to three salt contents in a Vertisol of Guanacaste.** To study, under greenhouse conditions, the response to salinity of three commercial varieties of sugar cane (NCo 310, PR61632 and SP 716180) in a Vertisol from Hacienda Taboga, Cañas, Guanacaste, the effect of salt contents from saturated soil extracts of 0.96, 8.4 and 16.2 dS/m on the main cane variables was evaluated. The variables were: plant height, primary stem length and diameter, number of visible internodes, dry and fresh weight of leaves, stems, sprouts and roots during seven months. There were significant statistical differences ( $P \leq 0.01$ ) between the means of all biometric variables. The saline content of 16.2 dS/m caused total plant mortality in the 3 varieties studied. When the 16.2 dS/m conductivity value was analyzed in saturated paste, 4.98% interchangeable Na was determined, as well as an inverted Ca/Mg ratio, i.e., the Mg content was higher than Ca, 31.11 and 23.85 cmol (+)/kg, respectively. The interchangeable Na percentage increased as the salinity levels increased; the same occurred with sulfate, chloride, magnesium and sodium. The PR61632 variety was the lowest in sensitivity to salts.

### INTRODUCCIÓN

La distribución de la caña de azúcar en Costa Rica es amplia, gracias a la rusticidad y capacidad de adaptación que posee la planta. En la

actualidad dicho cultivo está en un proceso de reubicación hacia localidades cuyas condiciones de suelo, clima e infraestructura, son favorables a su explotación tecnificada y remunerativa; en este sentido la región de Guanacaste en la actualidad posee mayor porcentaje de área cultivada y mayor rendimiento promedio de campo (Chaves, 1992). Los suelos afectados por sales se desarrollan preferentemente en regiones similares a las de Guanacaste, en donde las características climáticas, baja precipitación y temperatura alta, sumadas a las condiciones deficientes de avenamiento del suelo arcilloso promueve; la formación de suelos salinos en algunos Vertisoles. Debido a que la caña de azúcar es frecuentemente cultivada en estos suelos, se considera necesario evaluar el efecto de

1/ Recibido para publicación el 5 de marzo de 1996.

2/ Autor para correspondencia.

\* Parte de la tesis de M.Sc. presentada por el primer autor al Sistema de Estudios de Posgrado de Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\* Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

\*\*\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

\*\*\*\* Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica.

las concentraciones salinas de extractos saturados de suelos con: 0,96; 8,40 y 16,2 dS/m sobre las variables biométricas y de producción de 3 variedades de caña de azúcar y sobre las características químicas del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo utilizado como sustrato procede de los terrenos del Ingenio Taboga, ubicado en la región denominada Pacífico Seco, Cañas, Guanacaste. El estudio sobre la salinidad se realizó en el invernadero de la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), ubicada en el distrito Santa Gertrudis Sur, Grecia, Alajuela, a una altitud de 1000 msnm. Se informa como promedios anuales por parte de la estación meteorológica de DIECA, una temperatura de 23°C, y una humedad promedio de 82%. El suelo fue secado al aire, molido y tamizado a través de una malla de 4 mm de diámetro. Posteriormente fue colocado en recipientes plásticos agujerados de 29 cm de alto y 28 cm de diámetro, para un peso total de 20 kg de suelo.

### Variedades

Se emplearon 3 variedades comerciales de caña ampliamente cultivadas en Guanacaste, provenientes de tallos (semilla) de 9 meses de edad, a saber: a) NCo 310; b) PR61-632; c) SP71-6180.

### Trabajo experimental

Para la determinación de la concentración de sal, se efectuó un análisis preliminar de conductividad eléctrica en Vertisoles del Ingenio Taboga. El contenido de sal seleccionado correspondió a un valor de conductividad de 0,96 dS/m, valor que se asignó como "concentración de sal 1" en los tratamientos evaluados. El contenido de sal 3 correspondió al Vertisol con influencia salina tóxica, cuya conductividad eléctrica fue de 16,2 dS/m. El contenido de sal 2 correspondió a la mezcla por partes iguales en peso de los suelos, con contenidos de sal 1 y 3. En el Cuadro 1 se describen los tratamientos empleados en el experimento.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con arreglo factorial de 3 variedades de

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos empleados en el estudio.

Tratamiento	Variedad	Contenido de sal (dS/m)
1	NCo 310	0,96
2	NCo 310	8,4
3	NCo 310	16,2
4	PR 61-632	0,96
5	PR 61-632	8,4
6	PR 61-632	16,2
7	SP 71-6180	0,96
8	SP 71-6180	8,4
9	SP 71-6180	16,2

caña de azúcar, por 3 contenidos de sal con 3 repeticiones. Se realizó un análisis de varianza para determinar el efecto de la salinidad en el suelo y en el desarrollo de las 3 variedades de caña de azúcar. Para las variables en las que se obtuvo diferencias significativas, se procedió a realizar la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0,05$ ).

### Labores culturales

Con el fin de uniformar y seleccionar el material vegetativo, la siembra del semillero se efectuó en camas de arena. A los 30 días después de germinadas fueron transplantadas al sitio definitivo realizando una poda del sistema radicular y foliar. El suelo se mantuvo a un valor de humedad cercano a la capacidad de campo para lo cual se instalaron tensiómetros a una profundidad de 20 cm. Se realizó una fertilización base equivalente a 100 kg N/ha, 80 kg de  $P_2O_5$  y 100 kg  $K_2O$ . La cosecha se efectuó a los 7 meses de edad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de la salinidad sobre las características químicas del suelo

En el Cuadro 2 se muestran los resultados promedios de conductividad eléctrica para el extracto de pasta saturada y las diferentes relaciones suelo-agua 1:1 y 1:5 en los diferentes tratamientos.

Las conductividades eléctricas analizadas en pasta saturada indican que los promedios de salinidad 2 y 3 (8,11 y 15,80 dS/m, respectivamente) son concentraciones en las cuales sólo cultivos tolerantes crecen bien. La clasificación del suelo en función del contenido de sales es de "muy salino"

Cuadro 2. Promedios de la conductividad eléctrica (dS/m) en el extracto de pasta saturada y en las relaciones suelo-agua 1:1, 1:5.

N° tratamiento	Extracto de pasta saturada	Extracto relación suelo-agua	
		1:1	1:5
1	0,92	0,61	0,24
2	8,10	6,55	2,90
3	15,10	10,40	4,60
4	0,83	0,57	0,21
5	8,20	6,63	3,11
6	16,13	12,30	4,33
7	0,85	0,63	0,25
8	8,13	6,57	3,00
9	16,13	12,15	4,33

(Fassbender y Bornemisza, 1987). Joshi y Naik (1977) en un trabajo con la variedad Co 740 en soluciones nutritivas encontraron una disminución de hasta el 50% en la producción de caña de azúcar con valores de conductividad eléctrica de 3 dS/m. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) en la concentración de salinidad para los cationes Ca, Mg, Na, K y porcentaje de Na intercambiable, extraídos con Acetato de Amonio 1N pH=7. Con excepción del primero, se encontró un aumento en la concentración de dichos elementos con el incremento de los niveles de salinidad, mostrando diferencias estadísticas significativas entre ellos (Cuadro 3).

Se presenta una relación Ca:Mg invertida en la que el contenido de Mg fue superior al contenido de Ca (31,11 y 23,85 cmol (+)/kg, respectivamente). Esta es una categoría de suelos salinos que presentan altas saturaciones de Mg en el com-

plejo de cambio. Suelos muy semejantes al del presente estudio se han identificado en el Valle del Cauca, Colombia, donde 10000 a 12000 ha de Vertisoles, Ultisoles e Inceptisoles, están afectadas por una alta saturación de Mg intercambiable (Sarria y García, 1991; Torres y García, 1991). Las altas concentraciones de Mg respecto al Ca causan deterioro en la estructura y otras propiedades físicas, dando origen a suelos masivos, impermeables, con conductividades hidráulicas reducidas y difíciles de laborar ya que el ión Mg produce dispersión de las arcillas (Sarria y García, 1991). Normalmente, en suelos salinos la determinación del Na y de la capacidad de intercambio catiónica se utilizan para evaluar el porcentaje de Na intercambiable. En el presente estudio dichos valores se incrementaron a medida que aumentaron los niveles de salinidad. El porcentaje de Na intercambiable está solamente en la concentración de Na intercambiable, el cual igualmente se incrementó con la salinidad. El porcentaje de sodio intercambiable encontrado para la concentración salina de 16,2 dS/m fue de 4,98%. En la actualidad el nivel de P.S.I. del 15%, para designar suelos sódicos es un valor tentativo y algo arbitrario. García (1986), en suelos de texturas pesadas, observó efectos desfavorables sobre las propiedades físicas a valores de P.S.I. del 7%. El autor indica que es necesario establecer valores apropiados para cada tipo de suelo. En Australia se ha propuesto un valor de P.S.I. de 5% como criterio de diagnóstico para evaluar la condición de suelo sódico.

Se encontraron diferencias significativas en el contenido de la sal y en la interacción del nivel de salinidad por variedad para la concentración de sulfatos en el suelo y de cloruros con la concentra-

Cuadro 3. Concentración de cationes presentes en el Vertisol bajo tres diferentes niveles de sales.

Contenido de sal (dS/m)	Sodio** cmol (+)/kg	P.S.I.*** (%)	Ca	Mg	K	Cloruro mg/L
0,96	0,531c	0,49c	26,71a	14,54c	0,37b	0,954c
8,4	8,83b	3,32b	25,27b	22,20b	0,41b	10,45b
16,2	19,15a	4,98a	23,85c	31,11c	0,52a	35,22a

\* Medidas con letra distinta difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según la prueba de medias (Duncan).

\*\* Sodio Intercambiable: Diferencia entre extracción con acetato de amonio y la obtenida con pasta saturada.

\*\*\* P.S.I.: Porcentaje de sodio intercambiable.

ción de sal. En esta investigación los valores de sulfatos encontrados para la concentración de salinidad (0,96 dS/m) fue, en promedio, de 26,89 mg/ml, y de 94,6 y 119,9 mg/ml para las concentraciones de salinidad 2 y 3, respectivamente. En Costa Rica se ha establecido como nivel crítico para el S un valor de 12 mg/ml extraído con  $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$  (Díaz Romeu y Hunter, 1978). Con base en lo anterior, los contenidos de los sulfatos son bastante elevados. Guerrero y Burbano (1979), al estudiar fracciones de S y niveles críticos de disponibilidad para la caña en suelos de Colombia encontraron como nivel crítico para S extraído con  $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$  un valor de 10 ppm. La presencia de determinados iones en el suelo, como es el caso de los sulfatos, puede inducir desbalances nutricionales causando reducciones en el rendimiento. Fassbender y Bornemisza (1987) indican que concentraciones muy altas en la solución del suelo, como sucede en terrenos salinos, no perjudica a las plantas por sus efectos químicos, sino por su efecto osmótico.

Entre los iones que frecuentemente se encuentran en exceso en suelos se incluyen los cloruros. Las diferencias entre especies y aún, entre variedades de plantas, dificultan la generalización acerca de la toxicidad de diversas sales o iones. Sin embargo, parece ser que la diferencia en tolerancia de las plantas o concentraciones iónicas excesivas en el sustrato, está relacionada en cierto grado a la selectividad específicas en la absorción de iones y las necesidades nutricionales de las plantas (Richards, 1980). Fassbender y Bornemisza (1987) identificaron respuesta al abonamiento con cloruros en el cocotero y en la palma aceitera. En términos generales, la concentración de cloruro de 25 meq/L es soportadas por especies tolerantes a la salinidad. Lo anterior indica que en el Vertisol con un grado de salinidad 3 la concentración de cloruros de 35,22 meq/L pudo tener influencia en las reducciones significativas de las variables biométricas evaluadas en la caña de azúcar.

#### Efecto de los tratamientos sobre las variables biométricas de la caña de azúcar

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,01$ ) para todos los parámetros evaluados en la interacción contenido de sal por la variedad de caña de azúcar: altura de la planta, peso fresco y seco del tallo, número de entre nudos, longitud y grosor del tallo, número y peso fresco

de hijos, grosor superior medio e inferior del cogollo, peso fresco y seco de las hojas y peso seco de raíces.

La Figura 1 muestra el efecto por variedad de las concentraciones de salinidad sobre el número de entre nudos. Los datos indican que para las 3 variedades hubo una disminución en el número de entre nudos al aumentar la concentración de salinidad. Este mismo comportamiento se observó en el grosor superior medio e inferior del cogollo, peso fresco y seco de hojas, peso seco de raíces, peso fresco y seco del tallo, grosor y longitud del tallo, número y peso fresco de hijos. El efecto del incremento de las sales sobre la disminución de las variables de crecimiento, está asociada con el potencial osmótico de la solución del suelo, sin importar las especies de sales disueltas en el medio. A este tipo de daño se le conoce como "estress" e indica que el aumento del potencial osmótico de la solución del suelo (más negativo) reduce la disponibilidad de agua para las plantas. En el caso del stress hídrico, lo primero que se ve afectado son los procesos relacionados con el crecimiento y el metabolismo. Los deterioros se presentan fundamentalmente por una desorganización en la estructura de las membranas y organelas por pérdida de la presión de turgencia (Moreno, 1991).

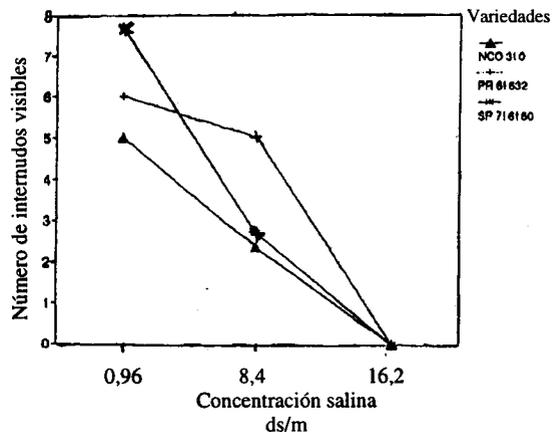


Fig. 1. Efecto de la concentración salina de un vertisol sobre el número de internudos visibles en tres variedades de caña de azúcar.

El parámetro que evalúa mejor el potencial osmótico del suelo es la conductividad eléctrica determinada en pasta saturada pues genera en el suelo altos potenciales osmóticos con la consecuente menor disponibilidad del agua para la caña de azúcar,

ya que ésta se absorbe gracias al déficit de presión de difusión existente entre la solución del suelo y el protoplasma de las células de la raíz. Si la presión osmótica de la solución del suelo es mayor que la del protoplasma de las células de la raíz a causa de las sales, el agua deberá ser retirada de la planta en lugar de ser absorbida por ella, y en esta forma afectará el desarrollo de la planta (Devlin, 1980).

Resultados similares al del presente estudio fueron encontradas por Shoji y Sund (1965), quienes indican que por encima del nivel crítico de 4 dS/m se reduce drásticamente el crecimiento de la caña de azúcar. Van Der Medin (1966) encontró en Sur Africa que valores de conductividad eléctrica menores de 2 dS/m, no afectaron el crecimiento de la caña de azúcar; entre 2 y 4 dS/m se afectó el crecimiento y con valores de 4,0 dS/m se redujo la producción en forma significativa. Es importante señalar que en el presente estudio, con contenidos de salinidad de 16,2 dS/m analizados en pasta saturada, ninguna de las variedades evaluadas sobrevivió a dicha concentración de sal. En los primeros días de establecido el experimento las plantas empezaron a mostrar síntomas muy característicos del déficit de agua, el cual impidió el desarrollo de la planta.

Los síntomas observados en la caña de azúcar con concentraciones de sales en el suelo de 8,40 dS/m fueron: quema en los extremos de las hojas jóvenes y bordes de las hojas viejas. La marchitez y el enrollamiento de las mismas fue una manifestación indicativa de la dificultad en la toma de agua para las funciones normales de la planta.

La variedad PR 61632 se mostró como la planta con menor sensibilidad a las sales, ya que en promedio fue la que presentó el mayor número de variables biométricas menos afectadas en cuanto a: grosor superior, medio e inferior del cogollo, peso fresco y seco de hojas, peso seco de raíces, número de entre nudos, grosor medio del tallo y peso fresco de hijos. En un suelo salino del orden Vertisol en el Valle del Cauca, Colombia, al evaluar variedades de caña de azúcar se encontró que la variedad PR 61632 presentó buena producción de caña por ha fue sobresaliente dentro del grupo de variedades estudiadas (Cenicafña, 1991).

## RESUMEN

Con el objetivo de estudiar bajo condiciones de invernadero la respuesta de 3 variedades comerciales de caña de azúcar (NCo 310, PR 61632

y SP 716180), en un Vertisol proveniente de la Hacienda Taboga en Cañas, Guanacaste, se evaluó el efecto de los contenidos salinos provenientes de extractos saturados de suelos de 0,96, 8,4 y 16,2 dS/m sobre las variables de la caña de azúcar: altura de planta, longitud y diámetro del tallo primario, número de entre nudos visibles, peso seco y fresco de hojas, tallos, hijos y raíces durante 7 meses. El análisis de varianza indica que se encontraron diferencias altamente significativas para todas las variables biométricas evaluadas. El contenido salino de 16,2 dS/m ocasionó una mortalidad total de las plantas de las 3 variedades en estudio. Para el valor de conductividad de 16,2 dS/m analizado en pasta saturada se determinó un porcentaje de sodio intercambiable de 4,98% y una relación Ca/Mg invertida, en la que el contenido de magnesio fue superior al contenido de calcio, 31,11 y 23,85 cmol(+)/kg respectivamente. El porcentaje de sodio intercambiable aumentó al incrementarse los niveles de salinidad, lo mismo ocurrió en el sulfato, el cloruro, el magnesio y el sodio. La variedad PR 61632 se mostró como la planta con menor sensibilidad a las sales.

## LITERATURA CITADA

- CENICAFÑA. 1991. Evaluación de variedades en suelo salino. Carta Trimestral, Octubre- Diciembre. 15 p.
- CHAVES, M.A. 1992. Costos de Producción Agrícola de la caña de azúcar, San José, Costa Rica. 45 p.
- DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología Vegetal. 3era edición, Barcelona, España. 517p.
- DIAZ-ROMEAU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal, investigación e invernadero. Turrialba, C.R. CATIE. 68 p.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMIZA, E. 1987. Química de suelos en énfasis en suelos de América Latina. San José, C.R., IICA. 420 p.
- GARCIA, A. 1986. Cation exchange in four soils of Northern California. Ph.D. Dissertation Riverside. University of California. 133 p.
- GUERRERO, R.; BURBANO H. 1979. Reacciones de azufre y niveles críticos de disponibilidad para la planta en suelos de los Llanos Orientales y de la sabana de Bogotá. Suelos Ecuatoriales, 10 (2): 232-244.
- JOSHI, G. V.; NAIK, G.R. 1977. Salinity effect on growth and photosynthetic productivity in sugar cane variety Co 740. Indian Sugar. 27: 329-332.

