

Nota Técnica

EFFECTOS DE SALINIDAD EN ARROZ BAJO RIEGO EN GUANACASTE, COSTA RICA¹

Gilberto Cabalceta *

Alvaro Cordero **

ABSTRACT

Salinity effects on flooded rice in Guanacaste, Costa Rica. The effect of salinity on the survival and dry weight of two rice varieties (CR1113 and CR1821), was evaluated under greenhouse conditions. Three mixtures of saline and non-saline soils (100:0, 50:50 and 0:100) were used. The soils were classified as Typic Pellustert from Cañas, Guanacaste. Seedling survival and dry weight drastically decreased linearly when the salinity reached 2 msiemens/cm (mS/cm=mmhos/cm). Around 7 mS/cm, the value of these variables was near zero. There were no differences between the two varieties in the two evaluated variables.

INTRODUCCION

La salinidad y el exceso de sodio intercambiable en suelos agrícolas, constituye una limitante en la producción al disminuir el crecimiento vegetal de muchos cultivos no tolerantes. Provoca reducciones en el rendimiento por toxicidad, y eventualmente, si no hay medidas adecuadas de control, lleva al abandono de la agricultura en las zonas afectadas (Forsythe, 1989).

Los suelos salinos contienen una mezcla de Na, Ca y Mg, y de cloruro y sulfato; el catión K y los aniones bicarbonato, carbonato y nitrato, se encuentran generalmente en cantidades menores. La indicación más clara de la presencia de esta condición es la formación de una costra salina en la superficie de los suelos. Los suelos sódicos se caracterizan por tener cantidades particularmente

altas de sodio adherido a las partículas individuales del suelo (USDA, 1954; Dappo, 1975; Bonnet, 1960).

Los suelos salinos en la mayoría de los casos se encuentran en áreas que reciben sales de otras localidades; el agua es el principal factor de acarreo tanto cuando se practica el riego como también bajo condiciones naturales, al inundarse las tierras bajas o cuando el agua subterránea sube hasta la superficie. El océano puede ser la fuente de sales en aquellos suelos en los que el material original está constituido por depósitos marinos, o en los suelos que se encuentran a lo largo de las costas. Otra fuente importante de sales es la que proviene de los procesos de meteorización y descomposición de las rocas de la corteza terrestre, donde las sales son liberadas y transportadas por el agua hacia otros sitios (INIA, 1965; López, 1978).

El Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USDA, 1954; INIA, 1965) ha desarrollado una clasificación de salinidad basada en la conductividad eléctrica (CE) del agua del riego o de la solución del extracto saturado del suelo (CEe). Un suelo se considera salino si la CE es mayor de 4 msiemens/cm (mS/cm=mmhos/cm). Un suelo se puede considerar alcalino (sódico) si el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) es

1/ Recibido para publicación el 1º de junio de 1990.
* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
** Convenio Universidad de Costa Rica-Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

mayor de 15 y el pH mayor de 8,5 (Fassbender y Bornemisza, 1987).

La concentración de sales en un suelo salino tiene un efecto osmótico sobre las plantas. La presión osmótica ocasiona sobre la planta una succión similar al efecto que causa el suelo cuando se está secando, es decir, un suelo salino tiende a succionar el agua de la planta hacia el suelo. Las raíces de las plantas responden tanto a la succión osmótica de la solución del suelo como a la succión del agua del suelo (succión matricial), las que sumadas conforman la succión total, que es un factor de crecimiento de las plantas, proyectable de un suelo a otro; cuanto mayor sea la succión total, menor es la disponibilidad de agua para las plantas y menor es el rendimiento (Forsythe, 1966; 1975).

En los suelos salinos, un gran porcentaje de su succión total se debe a la succión osmótica, en cambio, en los suelos no salinos la mayor parte de su succión total se debe a la succión del agua. Como consecuencia, un suelo salino a cierta humedad se comporta como el mismo suelo sin salinidad pero a una humedad más baja y en el campo, se pueden observar plantas sembradas en un suelo salino que muestran síntomas de marchitez, pero el suelo al tacto se siente mojado. El valor común de la succión total que se considera limitante para la sobrevivencia de las plantas es de 15 bares (1,5 MPa), pero en la producción agrícola se hace diferencia entre la extracción de agua para un crecimiento activo y productivo y la extracción de agua para la sobrevivencia. El límite de succión total para el crecimiento productivo y activo de varias plantas está entre 1 y 3 bares (0,1 y 0,3 MPa) (USDA, 1954; Forsythe, 1966; 1975).

Muchas plantas son sensibles a los efectos salinos. En el Cuadro 1 se presenta una lista de plantas y su tolerancia a la salinidad del extracto de saturación del suelo.

Para mantener los rendimientos en un suelo salino (comparado con uno no salino), se necesita una frecuencia de riego mayor (y por lo tanto mayor costo), por tener un almacenaje reducido de agua disponible (Forsythe, 1966).

El alto porcentaje de Na en el complejo de intercambio de suelos provoca la dispersión de las arcillas y consecuentemente, el deterioro del estado físico del suelo. El Na compete en la absorción con el Ca, Mg y K, y además es directamente tóxico a los tejidos. También en estos suelos existe el efecto del Cl el cual también es tóxico para

Cuadro 1. Tolerancia de algunos cultivos a la salinidad del extracto de saturación del suelo, expresada en CEE $\times 10^3$ (msiemens/cm) para diferentes porcentajes de disminución de rendimientos *.

Cultivo	% de disminución de rendimiento		
	10	25	50
	msiemens/cm		
Algodón	10,00	12,0	16,0
Sorgo	6,00	9,0	12,0
Soya	5,00	7,0	9,0
Arroz	5,00	6,0	8,0
Maíz	5,00	6,0	7,0
Frijol	1,00	2,0	3,0
Espárrago	6,00	8,0	10,0
Tomate	4,00	6,5	8,0
Brócoli	4,00	6,0	8,0
Coliflor	2,50	4,0	7,0
Maíz dulce	2,50	4,0	6,0
Lechuga	2,00	3,0	5,0
Papa	2,50	4,0	6,0
Camote	2,50	3,5	6,0
Chile dulce	2,00	3,0	5,0
Cebolla	2,00	3,5	4,0
Pepino	2,50	3,0	4,0
Apio	2,00	2,5	3,0
Rábano	2,00	2,5	3,0
Zanahoria	1,00	3,0	4,0
Melón	2,50	3,0	3,5
Pasto Bermuda	13,00	16,0	18,0
Alfalfa	3,00	5,0	8,0
Trébol ladino	2,00	2,5	3,5
Vid	4,00		
Naranja	3,00		
Limonero	2,50		
Toronja	2,50		
Manzana	2,50		
Durazno	2,50		
Aguacate	2,00		
Fresa	1,50		
Clavel	1,00		
Crisantemo	0,75		
Rosa	0,60		
Gypsófila	0,75		
Gerbera	0,75		

* Tomado de Palacios y Aceves, citado por Garavito, 1979; modificado de Flores, 1989.

muchos cultivos como los frutales de hueso, los cítricos y el aguacate (Awad, 1966). El B es otro elemento que puede encontrarse en un nivel tóxico en suelos salinos (USDA, 1954; INIA, 1965).

El objetivo de este trabajo fue evaluar, en invernadero, el efecto de un suelo vertisol salino y uno no salino sobre la germinación y crecimiento de 2 variedades de arroz.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con muestras de suelo con problemas particulares de salinidad, debido al uso de agua para el riego contaminada por el Golfo de Nicoya, del área denominada La Montaña de la Hacienda Taboga, en Cañas, Guanacaste, y localizada en la consociación Tortugal (Vásquez, 1975). Estos suelos clasifican como Typic Pellustert. También se tomó muestras de suelos sin problemas de salinidad de la misma área. Los suelos se secaron al aire y se pasaron por una malla de 2 mm. Posteriormente se hizo un análisis de fertilidad de esos suelos junto con el análisis de salinidad o conductividad eléctrica en la solución del extracto saturado del suelo (CEe).

Se instaló un ensayo en el invernadero en macetas de 300 ml de capacidad, donde se colocaron 6 tratamientos producto del factorial 2×3 (2 variedades de arroz, CR1821 y CR1113, y 3 mezclas de tratamientos de suelos salino y no salino, 100:0, 50:50 y 0:100 v/v). Cada tratamiento se repitió 3 veces y se utilizó un diseño de bloques al azar.

En la prueba biológica fueron evaluadas: a) la sobrevivencia de las plantas a los 20 días después de la siembra y b) la producción de materia seca a los 45 días después de la siembra (DDS).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis químico de las muestras de suelos utilizados en el estudio. En términos generales son suelos con alto contenido de bases. El pH del suelo salino (7,9) fue 1,3 unidades mayor que el del no salino (6,6). La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) y el porcentaje de saturación de bases son muy parecidos en ambos suelos. La principal diferencia entre los suelos es la salinidad expresada como conductividad eléctrica en la solución del extracto saturado de suelo (CEe), siendo en el suelo salino de 7 mS/cm y en el no salino de 0,1 mS/cm. Al comparar el valor de CEe del suelo salino, con el valor crítico de 2 mS/cm para el cultivo del arroz (De Datta, 1986), se puede predecir que el suelo salino presenta posibilidades de grandes problemas de salinidad para este cultivo. Yoshida (1981) reportó niveles críticos que pueden variar de 4 a 12,5 mS/cm, según la variedad estudiada.

Cuadro 2. Características químicas de los suelos estudiados.

Características	Suelos no salino	salino
pH en agua	6,6	7,9
pH en KCl	6,0	6,7
Materia Orgánica, %	4,95	3,22
Ca, cmol(+)/L	11,5	15,32
Mg, cmol(+)/L	10,2	7,50
K, cmol(+)/L	0,50	0,78
Al, cmol(+)/L	0,05	0,03
CICE, cmol(+)/L	22,25	23,63
Saturación de Bases, %	99,77	99,87
P disponible, mg/L	6	22
CEe, msiemens/cm	0,1	7,0

P y K extraídos con solución Olsen modificado.

Ca y Al extraídos con KCl 1N.

CICE= Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

CEe= Conductividad Eléctrica (salinidad).

Cuando se sembraron semillas de arroz de las variedades CR1821 y CR1113 en las diferentes mezclas de los suelos, se pudo observar el escaso desarrollo de las plantas que crecían en el suelo salino, y aún cuando la germinación fue cercana al 90%, la sobrevivencia de las plantas fue muy baja a los 20 DDS y estadísticamente diferente entre mezclas de suelos.

A los 45 DDS, cuando se cosechó la materia seca en los distintos tratamientos, se verificaron las diferencias estadísticas entre las distintas mezclas de suelos.

Cuando se estudió el efecto sobre las 2 variedades no se encontraron diferencias con ninguna de las variables estudiadas. Para el efecto de la interacción variedades por mezclas de suelo, no hubo diferencias en rendimiento de MS, pero sí existió diferencias en la sobrevivencia de las plantas.

Según la Figura 1 la sobrevivencia de las plantas se afecta proporcionalmente al aumento de la conductividad eléctrica, llegando a un valor cercano al 0% de sobrevivencia en un nivel de salinidad de 7 mS/cm; en la Figura 1 se representa el nivel crítico de 2 mS/cm propuesto por De Datta (1986), el cual correspondió en el ensayo a una sobrevivencia cercana al 80%. Según la literatura, esto es debido al efecto osmótico y tóxico de las sales en la germinación de las semillas (Allen *et al.*, 1986), que causa una succión osmótica en la planta y extrae agua de la planta hacia el suelo.

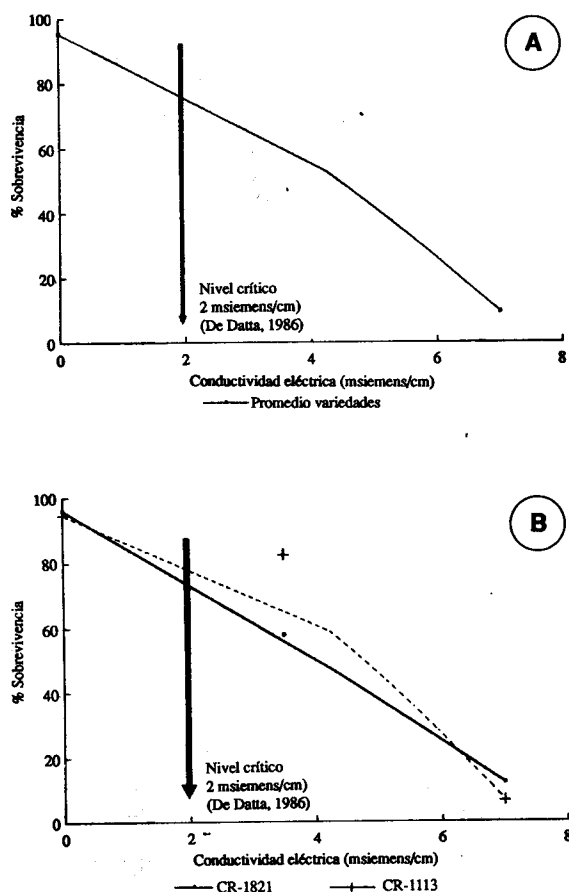


Fig. 1. Efecto del aumento en la conductividad eléctrica sobre la sobrevivencia promedio (A) e individual (B) de plantas de dos variedades de arroz en Guanacaste.

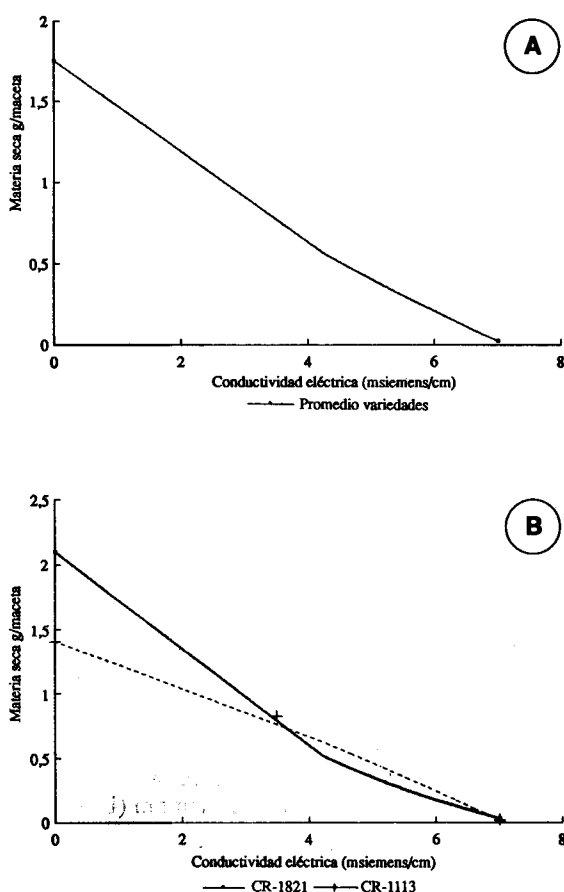


Fig. 2. Efecto del aumento en la conductividad eléctrica sobre el rendimiento promedio (A) e individual (B) de materia seca en dos variedades de arroz en Guanacaste.

La Figura 2 muestra la producción de materia seca promedio y de cada una de las variedades. Se observa como la producción de MS en el suelo no salino (1,8 g/maceta) bajó bruscamente en un 50% cuando se mezcló en iguales proporciones con el suelo salino, con una CEE estimada en 3,5 mS/cm. Cuando las plantas crecieron en el suelo salino (con una CEE de 7 mS/cm), los rendimientos fueron cercanos a cero. En esta figura se representa con una flecha el nivel crítico establecido para arroz (De Datta, 1986) para dar énfasis al efecto adverso sobre el desarrollo de plántulas de arroz, después de ese nivel crítico de toxicidad.

Forsythe (1990. Comunicación personal. San José, Universidad de Costa Rica), manifiesta que los problemas de salinidad en esa área se han

agudizado en el transcurso de los años por el efecto del riego con agua contaminada por el Golfo de Nicoya, ya que según su opinión y tomando como base estos resultados y los análisis de CEE realizados por Vásquez en 1975, que se presentan en la Figura 3, la conductividad eléctrica se ha aumentado sustancialmente en la capa arable. Es importante también mencionar que técnicos de la División Agrícola de la Hacienda Taboga, sembraron lotes semicomerciales de las variedades CR1821 y CR5272 con el fin de probar en el campo el efecto negativo de la salinidad en el cultivo del arroz y obtuvieron los mismos resultados encontrados en esta prueba biológica. Después de 40 DDS el ensayo de campo se abandonó por el poco desarrollo y sobrevivencia de las plántulas.

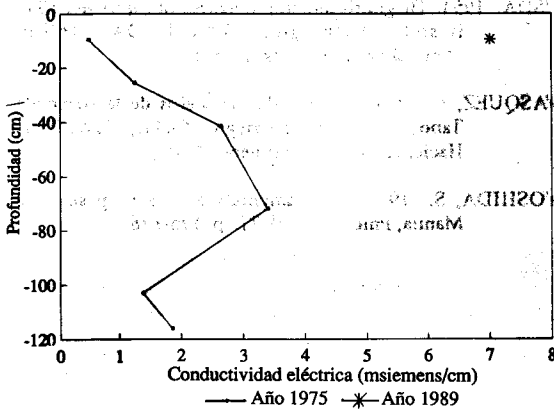


Fig. 3. Distribución de la salinidad expresada en conductividad eléctrica (msiemens/cm) en un perfil de suelo de la consociación Tortugal de la "Hacienda Taboga" en Cañas, Guanacaste, para los años 1975 y 1989. Para 1975, perfil P.T.11 del estudio de Vásquez.

Los resultados del presente estudio no generaron recomendaciones para el mejoramiento de estos suelos salinos, pero son valiosos al poner en evidencia posibles problemas de salinidad que se pueden presentar en el distrito de riego de Guanacaste, si la calidad y manejo del agua no se hace de acuerdo con las normas de seguridad establecidas para evitar los problemas de la concentración de sales.

RESUMEN

Se evaluó bajo condiciones de invernadero, el efecto de la salinidad sobre la producción de materia seca y sobrevivencia de plántulas de arroz en las variedades CR1113 y CR1821. Se utilizó mezclas de un suelo salino y otro no salino, ambos clasificados como Typic Pellustert, provenientes de Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Se encontró que la producción de materia seca y la sobrevivencia de plántulas disminuyó drásticamente en forma casi lineal, cuando la salinidad sobrepasó el valor crítico de 2 msiemens/cm ($\text{mS/cm} = \text{mmhos/cm}$) en las 2 variedades. Con un valor aproximado de 7 mS/cm , el valor de las variables fue cercano a cero. No se encontró diferencias en el comportamiento entre las 2 variedades.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a los propietarios de la Hacienda Taboga por las facilidades prestadas en el muestreo de suelos y en la prueba de campo. El agradecimiento es extensivo a los profesionales que laboran en dicha Hacienda, en especial al Ing. Agr. Mario Berrocal y al Ing. Roberto Mayorga por la coordinación de dicha labor.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, S.G.; DOBRENZ, A.K.; BARTELS, P.G. 1986. Physiological response of salt-tolerant and non-tolerant alfalfa to salinity during germination. *Crop Science* 26(5):1004-1008.
- AWAD, M. 1966. Las plantas en los suelos salinos y alcalinos. Simposio sobre salinidad. La Molina, Perú, IICA-Zona Andina. 191 p.
- BONNET, J.A. 1960. Edafología de los suelos salinos y sódicos. Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico. p. 63-68.
- DAPPO, F. 1975. La salinidad y su influencia en la agricultura. Venezuela, FUDECO. p. 2-17.
- DE DATTA, S.K. 1986. Producción de arroz, fundamentos y prácticas. México, LIMUSA. p. 419.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA, San José, Costa Rica. p. 187-198.
- FLORES, L. 1989. Factores abióticos que intervienen en la producción de flores de corta. CINDE, Boletín Informativo de Floricultura no. 13. p. 2.
- FORSYTHE, W.M. 1966. El manejo de la succión total en suelos salinos y el rendimiento de las cosechas. Simposio sobre Salinidad. La Molina, Perú, IICA-Zona Andina. 14 p.
- FORSYTHE, W.M. 1975. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, IICA. 212 p.
- FORSYTHE, W.M. 1989. El manejo de suelos salinos para el cultivo de caña de azúcar. In Congreso Anual Azucarero de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (7., 1989, Guanacaste, Costa Rica). Memorias. Guanacaste, Costa Rica, ATACORI.
- GARAVITO, F. 1979. Propiedades químicas de los suelos. Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. p. 146-163.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS (INIA). 1965. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción del manual No. 60 del USDA de 1964. Editorial Cultura, México. 172 p.

LOPEZ, 1978. El diagnóstico de suelos y plantas (método de campo y laboratorio). 3 ed. Madrid. p. 183-238.

USDA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, D.C., USDA. 160 p. (Agriculture Handbook no. 60)

VASQUEZ, A. 1975. Estudio de los suelos de la Hacienda Taboga para fines de riego. Cañas, Costa Rica, Hacienda Taboga. (mimeografiado)

YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Manila, Philippines, IRRI. p. 175-176.