

## INFLUENCIA DE ENMIENDAS QUIMICAS EN LA RECUPERACION DE SUELOS SALINOS Y SODICOS DEL BOSQUE SECO TROPICAL COLOMBIANO

Rodrigo Hernández Reyes \*

Adel González M. \*\*

### COMPENDIO

El trabajo se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, con 12 suelos del Bosque Seco Tropical Colombiano que presentaban problemas de salinidad, sodio y magnesio; un suelo orgánico fuertemente ácido aluminico-magnésico y otro con muy baja fertilidad. Los ensayos se diseñaron completamente al azar. Cada suelo recibió tres enmiendas químicas en dos niveles o dosis y lavado; el testigo sólo recibió lavado. Todos los tratamientos recibieron dos lavados durante el ensayo y se evaluaron dos producciones de materia seca de sorgo como planta indicadora. En un primer ensayo se propuso rebajar a 10 y 5% de saturación de sodio ó 20 y 10% de saturación de magnesio; en un segundo ensayo se aplicaron 50 y 25 t/ha de cada enmienda química; para el tercer ensayo, las dosis aplicadas fueron de 20, 10 y 5 t/ha de enmiendas orgánicas como gallinaza y estiércol en este caso. Con el solo lavado se logró reducir la salinidad de todos los suelos por debajo de 3 dSm<sup>-1</sup>; con las enmiendas orgánicas por debajo de 4 dSm<sup>-1</sup> en la mayoría de los suelos. La saturación de sodio y de magnesio fueron satisfechos en la mayoría de los tratamientos con yeso y ácido sulfúrico. Los pHs se redujeron en 95% de todos los suelos pero ocurrió con mayor intensidad con las enmiendas ácido sulfúrico y azufre que con yeso. Las mejores propiedades físicas no implican que los suelos respondan también en sus producciones de materia seca. En suelos ácidos o magnésicos es preferible su recuperación con yeso. La dosis altas de enmiendas orgánicas favorecieron la producción de materia seca.

### ABSTRACT

This work was carried out at the greenhouse with de purpose of analyzing the influence of some chemical rectifications on the chemical and agronomic behavior of twelve samples of soils from the Colombian Tropical dry forest; some of these showed high levels of salinity of sodium and magnesium; another organic soil was highley acid- aluminium and magnesium, and other with a very low fertility. The trials were based upon an experimental desing completely at random. Each soil was given three chemical rectifications at two levels or doses, and leaching; a control was just given the leaching. All of the treatments were given two leachings during the essay and two productions of dry matter of sorghum - as the reference plant- were evaluated. At the first essay was proposed to lower until 10 and 5% of sodium saturation or 20 and 10% of magnesium saturation; in a second essay were applied 50 and 25 t/ha of each chemical rectification; for the third essay the applied doses were 20, 10 and 5 t/ha organic rectifications, such manure and poultry bedding. With the leaching was lowered the salinity in all the soils, below 3 dSm<sup>-1</sup>; the chemical rectifications, below 4 dS<sup>-1</sup>, in the majority of the soils. The magnesium and sodium saturation were satisfied in the majority of the treatments using gypsum and sulfuric acid. The pHs were reduced in 95% in all the soils, but this occurred with most intensity with the sulfuric acid and sulfur than using gypsum. The best physical properties of the soils do not implied that they respond as well in their dry matter productions. Acidic or magnesian soils are best rectified with gypsum. The highest doses of organic rectifications favored the dry matter production.

### INTRODUCCION

Dentro de los análisis de los factores de producción el problema de sales y/o sodio en los suelos, reviste gran interés porque el exceso de concentración de las primeras en la zona de raíces y la saturación del sodio en el complejo de cambio guarda relación marcada con el bajo rendimiento de los cultivos y un común denominador de estos suelos se refleja en la dinámica

del agua.

Una investigación del área afectada a nivel mundial, es difícil por su carácter dinámico, pues sobrepasa 480 x 10<sup>6</sup> hectáreas (García, 1987).

La salinidad se evalúa midiendo la conductividad

\* Profesor. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Estudiante postgrado. A.A. 237

\*\* Profesor Emérito. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

eléctrica en el extracto de saturación (CEe), cuyo valor asignado es de  $4 \text{ dS}^{-1}$ , y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) para sodio de 15% (Allison et al, 1970). Al analizar los rendimientos de algunos cultivos, la Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo sugiere  $2\text{dS}^{-1}$ , (Bohn et al, 1979). Otros autores han asociado estos criterios con la arcilla: para un suelo arcilloso no salino deberá ser menor de  $4\text{dS}^{-1}$  y el PSI 10% y para un suelo arcilloso salino de 6 a  $8 \text{ dS}^{-1}$  y PSI 15% (Vand y Van Hoorn, 1986); en nuestro medio la CVC supone que un suelo presenta peligro inmediato de afecciones por sodio, si el PSI varía de 7 a 15%; que el suelo es sódico si el PSI  $> 15\%$ ; que el suelo presenta peligro inmediato de afección por sales si la CEe varía de 2 a  $5\text{dSm}^{-1}$  y por último, fijan una escala desde 4 a  $8 \text{ dSm}^{-1}$  a  $> 16 \text{ dSm}^{-1}$  para clasificar si un suelo es ligeramente muy severamente salino, respectivamente (Arévalo, 1988).

El mejoramiento de estos suelos se ha realizado utilizando altos volúmenes de agua acompañado de condiciones adecuadas de drenaje superficial y subsuperficial y para altas concentraciones de sodio, magnesio, aluminio etc., la recuperación de estos suelos se ha manejado con la adición de enmiendas químicas, con diferentes criterios y métodos (Aguilera y Petto, 1974; Alvarez et al, 1968; Allison et al, 1970; Arévalo 1988); otros investigadores han utilizado la electrodiálisis (Tovar, 1988; Lince. 1990).

Como la recuperación de suelos se debe evaluar en diferentes y variadas condiciones de origen y formación del problema, se abordó la técnica de enmiendas químicas y lavados para recuperar y/o mejorar 12 suelos del Bosque Seco Tropical Colombiano.

### **PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

El trabajo se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, con 12 suelos del Bosque Seco Tropical Colombiano. Para solucionar los problemas físico-químicos específicos (Figura 1) se planearon tres ensayos. Se tomó como unidad experimental una matera plástica de 1.8 kg; se establecieron siete tratamientos por suelo, con tres replicacio-

nes. Cada ensayo se diseñó completamente al azar.

Teóricamente se planteó llevar el porcentaje final de sodio intercambiable (PSI) a 10 y 5% y el de magnesio (PMgl) a 20 y 10% de saturación. Con el lavado se planeó disminuir la conductividad eléctrica del extracto de saturación entre 2 y  $4 \text{ dSm}^{-1}$  o que fuese normal para el sorgo, utilizado como planta indicadora.

Los ensayos fueron:

**ENSAYO 1.** Agrupó suelos tratados con yeso, ácido sulfúrico y azufre, en dos dosis por enmienda y un testigo.

**ENSAYO 2.** Suelo orgánico fuertemente ácido salino-magnésico y alto contenido de aluminio. Las enmiendas fueron: yeso, carbonato de calcio y roca fosfórica, las dosis 50 y 25 t/ha; y un testigo.

**ENSAYO 3.** Suelo de baja fertilidad y los siete tratamientos fueron gallinaza y estiércol a razón de 20, 10 y 5 t/ha y un testigo. En cada ensayo, el testigo solo recibió lavado.

El suelo y la enmienda se homogenizaron secos al aire en una bolsa plástica y una vez en los materos, se sometieron a humedecimientos y secamientos alternos durante 7 semanas. Todos los tratamientos recibieron dos lavados, se midieron los volúmenes recolectados ( $\text{cm}^3$ ), concentración de sodio extraído (me/l) y conductividad eléctrica (microsiemens/cm). A las 7 semanas se hizo el primer lavado y primera siembra del sorgo y después de 30 días se evaluó materia seca; y de inmediato se hizo el segundo lavado, y la segunda siembra del sorgo y después de 30 días se evaluó de nuevo, la materia seca. Terminada esta etapa, se hicieron los análisis químicos y físicos de los suelos.

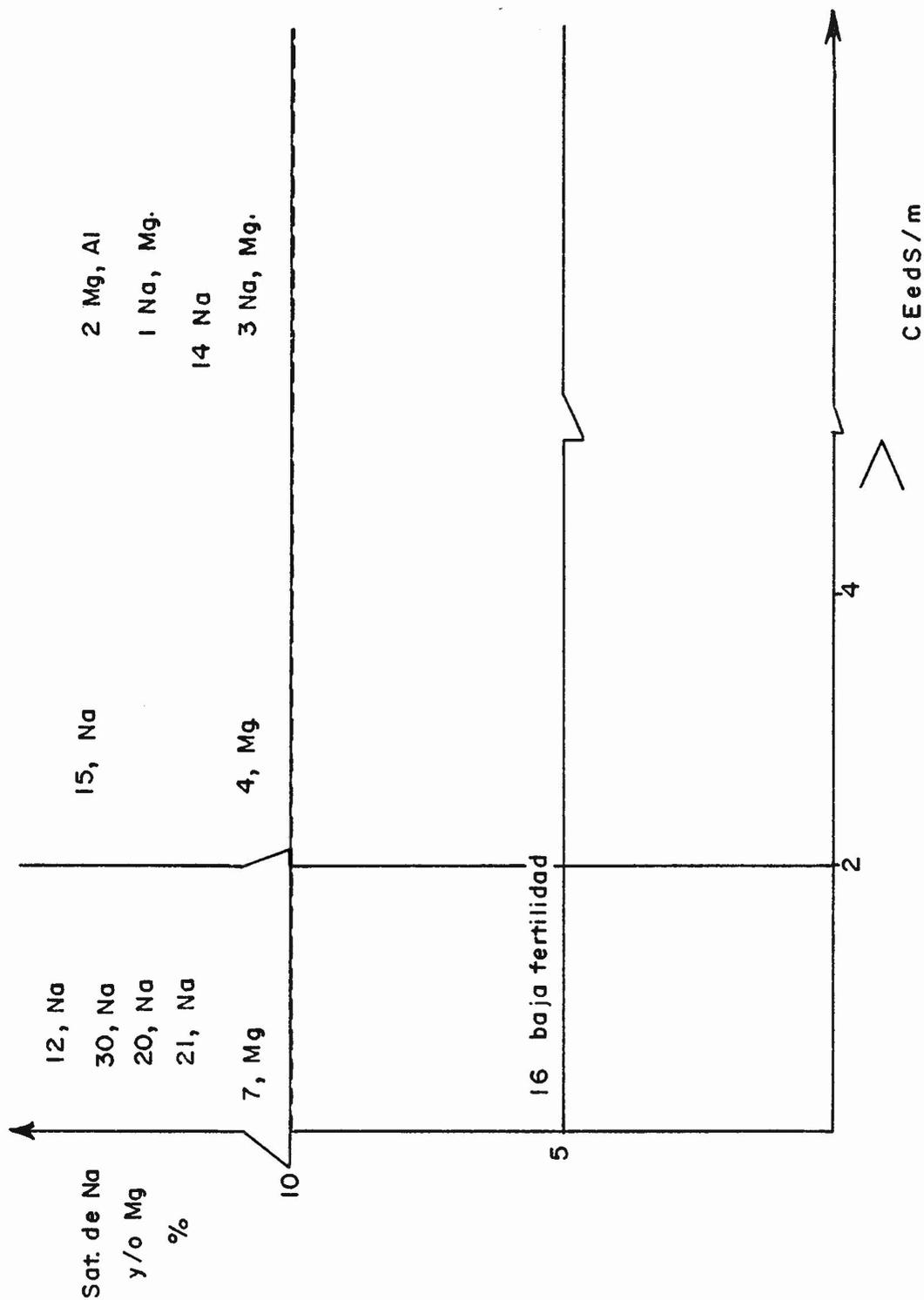


FIGURA 1. Identificación de los suelos y sus problemas en su condición inicial.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS DRENADAS

**ENSAYO 1:** Hubo descenso del agua drenada en el segundo lavado, y más evidente en tres suelos del ensayo. En el segundo lavado se incrementó la concentración de sodio y la conductividad eléctrica del agua (salinidad), motivando en consecuencia el efecto dispersante del sodio retenido que no salió con el primer lavado, lo cual indujo mal drenaje.

Hubo descenso marcado de salinidad en algunos suelos con el lavado, con lo cual los suelos salino-sódicos se tornaron sodicos y sus características físicas similares a estos (Allison et al, 1970).

En los **ENSAYOS 2 y 3**, no hubo variaciones en las cantidades de aguas drenadas.

### CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS SUELOS

#### Porcentaje de calcio intercambiable (PCaI)

Los PCaI se incrementaron en casi todos los tratamientos, incluyendo al testigo. Como era de esperarse, en los tratamientos con yeso y carbonato de calcio por contener calcio, la saturación con este elemento superó a la del resto de enmiendas y sobre todo en la dosis mayor.

Los suelos con alta presencia de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  convierten al agua en gran mejorador del suelo salino-alcalino. El sodio se elimina como sulfato y cloruro de sodio, lo cual da cabida al calcio del suelo en el complejo de cambio al final del tratamiento.

#### Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

Las enmiendas químicas lograron los niveles propuestos, guardando una estrecha relación con los incrementos de los PCaI.

Para reducir los PSI a 10%, las enmiendas químicas lo lograron en un 100%, en primer lugar el yeso, seguido del ácido sulfúrico y solo en un 80% de los casos para el azufre con la dosis más baja.

Para bajar los PSI a 5%, las enmiendas yeso, ácido sulfúrico y azufre lo lograron en 70, 50 y 50% de los casos respectivamente (Cuadro 1.)

Los altos contenidos de cloruros y sulfatos favorecieron el proceso de recuperación.

#### Porcentaje de Magnesio Intercambiable (PMgI)

Los suelos que comenzaron con los PMgI igual o superiores al 30% y más grave aún con relaciones Ca/Mg invertidas, se consideraron magnésicos. Después de los tratamientos estas relaciones cambiaron muy poco.

En general, la presencia de los aniones ( $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) convierten al agua (testigo) en la mejor solución; el suelo lavado resultó favorecido, se incrementó el calcio y hubo descenso del Al y los sulfatos.

Se presentó en este suelo una sobresaturación de calcio, lo cual descompensó la relación Ca/Mg y a pesar de la fortísima reducción del aluminio, el pH (2,3) original no cambió significativamente, hecho explicable por la capacidad tampón de este suelo, la cual afectó negativamente la producción de materia seca.

#### Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CEe.dS/m)

En casi todos los suelos del Ensayo 1 las conductividades quedaron por debajo de 3 dS/m, con excepción de un suelo con alta saturación de sodio, relación estrecha Ca/Mg y mayor contenido de cloruros y sulfatos comparados con los testigos (Cuadro 2).

En el Ensayo 2, el suelo de mayor salinidad inicial (18 dS/m), tanto los tratamientos químicos como el testigo lograron reducir su salinidad alrededor de 4 dS/m. La condición orgánica de

**CUADRO 1.** Porcentaje de sodio intercambiable total para los suelos originales y después de los tratamientos, a 10 y 5% de saturación de sodio.

Ensayo	Suelo No.	Orig.	Yeso		Acido Sulf.		Azufre		Testigo T
			Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	AC <sub>1</sub>	AC <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
	1	47.70	3.06	3.16	9.08	9.66	7.51	7.30	13.35
	3*	20.51	7.87	9.22	10.06	13.32	11.58	9.87	5.01
	4*	3.63	0.64	0.49	0.55	0.74	0.64	0.68	0.60
	7*	3.18	0.59	0.59	0.76	0.79	0.63	0.69	0.88
1	12	25.08	8.52	8.50	7.62	6.26	10.60	8.74	15.09
	14	47.66	0.74	0.50	1.01	1.50	2.20	1.86	38.42
	15	25.61	9.99	7.91	8.14	6.47	8.88	7.88	17.46
	20	21.86	6.44	4.27	6.00	5.64	6.34	6.62	6.19
	21	21.68	1.89	1.38	1.67	1.73	1.68	1.65	3.86
	30	24.71	3.40	2.38	1.85	1.88	1.35	1.96	5.38
2	2*	1.37	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	CCa <sub>1</sub>	CCa <sub>2</sub>	RRF <sub>1</sub>	RF <sub>2</sub>	T
			0.43	0.67	0.25	0.33	0.36	0.29	1.00
3	16	5.28	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	T
			11.94	14.87	10.34	10.65	9.48	14.28	9.23

1 y 2: Respuesta a dos dosis de enmienda

\* Porcentaje de Magnesio intercambiable 20% y 10% deseado después de tratamientos.

CUADRO 2. Conductividad eléctrica (dS/m) para los suelos antes y después de los tratamientos, a 10% y 5% de saturación de sodio.

Ensayo	Suelo No.	Orig.	Yeso		Acido		Azufre		Testigo T
			Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	AC <sub>1</sub>	AC <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
1	1	17.00	1.01	1.53	1.67	2.95	2.12	2.15	1.42
	3*	17.00	12.41	8.77	8.83	9.85	9.68	7.97	1.21
	4*	2.30	2.11	2.58	1.16	1.63	1.77	2.17	0.70
	7*	0.17	1.58	1.63	1.47	1.79	0.85	1.09	0.48
	12	1.10	0.56	0.59	0.58	0.62	0.74	0.71	0.65
	14	7.05	2.00	2.30	0.81	1.28	2.57	5.73	2.92
	15	2.10	0.60	0.36	0.24	0.24	0.70	0.61	0.91
	20	1.05	0.24	0.31	0.28	0.30	0.33	0.43	0.33
	21	1.65	0.26	0.32	0.29	0.24	0.36	0.35	0.30
	30	0.90	0.26	0.32	0.29	0.24	0.36	0.35	0.30
2	2*	18.0	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	CCa <sub>1</sub>	CCa <sub>2</sub>	RF <sub>1</sub>	RF <sub>2</sub>	T
			4.34	4.31	4.03	4.20	4.24	4.21	4.13
3	16	0.05	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	T
			0.25	0.24	0.13	0.41	0.29	0.28	0.16

1 y 2: Respuesta a dos dosis de enmienda.

\* Porcentaje de Magnesio intercambiable 20% y 10% deseado después de tratamientos.

este suelo y su alto contenido de aniones, facilitaron la desalinización por lavado.

En el Ensayo 3, las enmiendas orgánicas aportaron al suelo de pobre fertilidad, elementos químicos, ligeramente superior con el estiércol respecto a la gallinaza, según el incremento de la C<sub>Ee</sub>.

### **pH de los Suelos Evaluados**

En los suelos del Ensayo 1 las enmiendas acidificaron. El yeso lo logró con menor intensidad que ácido sulfúrico y azufre, debido a que estos presentan características acidificantes que consiguieron niveles poco favorables para el sorgo, con valores de pH alrededor de 3 a 4. El solo lavado logró ligeras disminuciones del pH en todos los suelos, excepto en algunos testigos debido al sodio residual intercambiable y soluble; en otro el incremento del pH se debió al menor contenido de aniones acidificantes como los cloruros y sulfatos.

La capacidad tampón del suelo orgánico impidió que se afectara con los tratamientos.

En la Figura 2 se ubican los suelos, tomando para su construcción los mismos parámetros que explicaron la Figura 1. Los valores de salinidad se fijaron alrededor de 2dS/m según la (SSSA) Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo. Aparecen los suelos con la condición final con el tratamiento menos efectivo.

### **PRUEBAS DE DESARROLLO VEGETAL**

En el suelo hubo una significativa disminución de sodio con las enmiendas químicas: mientras que con el sólo lavado (testigo) fue pequeña, pero suficiente, lo cual se traduce en incremento de la producción de materia seca de la segunda cosecha, y en su orden le sigue la enmienda yeso (Figura 3).

En el Ensayo 2 todos los tratamientos permitieron sobresaturación de calcio y disminución drástica del magnesio y del aluminio. Además, por la capacidad tampón de este suelo orgánico, su pH (2.3), permaneció estrechamente ácido, lo

cual no permitió que el sorgo prosperara a pesar de que algunas características químicas se favorecieron, incluyendo la salinidad, la cual logró reducirse de 18 a alrededor de 4 dS/m, independientemente de los tratamientos.

En el Ensayo 3, la producción de materia seca en el testigo fue inferior en ambas siembras, pero las dosis de estiércol, superaron a las de gallinaza respectivamente.

Las producciones de materia seca se favorecieron con la dosis altas 20 y 10 t/ha. de enmienda orgánica.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. AGUILERA, F. y A. PETTO. Comparación del efecto químico producido en un suelo salino-sódico mediante la aplicación de enmiendas químicas. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 1974. 44 p.
2. ALVAREZ C. A. et al. Problemas de drenaje y salinidad en la Costa Peruana. Wageningen : ILRI, 1976. 116 p. Bolletín 16.
3. ALLISON, et al. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Trad. W. Sánchez y E. Hortiga. 5 ed. México, 1970. 112 p.
4. AREVALO, E. G. Una metodología de evolución de tierras para riego y drenaje con aplicación en una zona del Valle del Cauca, Colombia. Tesis Magister en Suelos y Aguas. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 1988. 333 p.
5. BOHN, H. L.; McNEAL, B. L.; OCONNOR, G. A. Soil Chemistry. New York : Wiley, 1979. 329p.
6. CABALLERO, J. y CORTINA, H. Efectos del lavado y el encalado sobre los suelos de la Coroz y a nivel de invernaderos. Tesis Ing. Agr. Universidad de Córdoba, Montería. 1977. 120 p.
7. GARCIA, A. Conferencia sobre suelos salinos y/o sódicos. Palmira : ICA, 1987. 400 p.
8. LINCE, L. L. Evaluación técnica de electrodiálisis en el mejoramiento de 12 suelos de Colombia con problemas de sales y/o sodio. Tesis Magister Suelos y Aguas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia, 1990. 123 p.

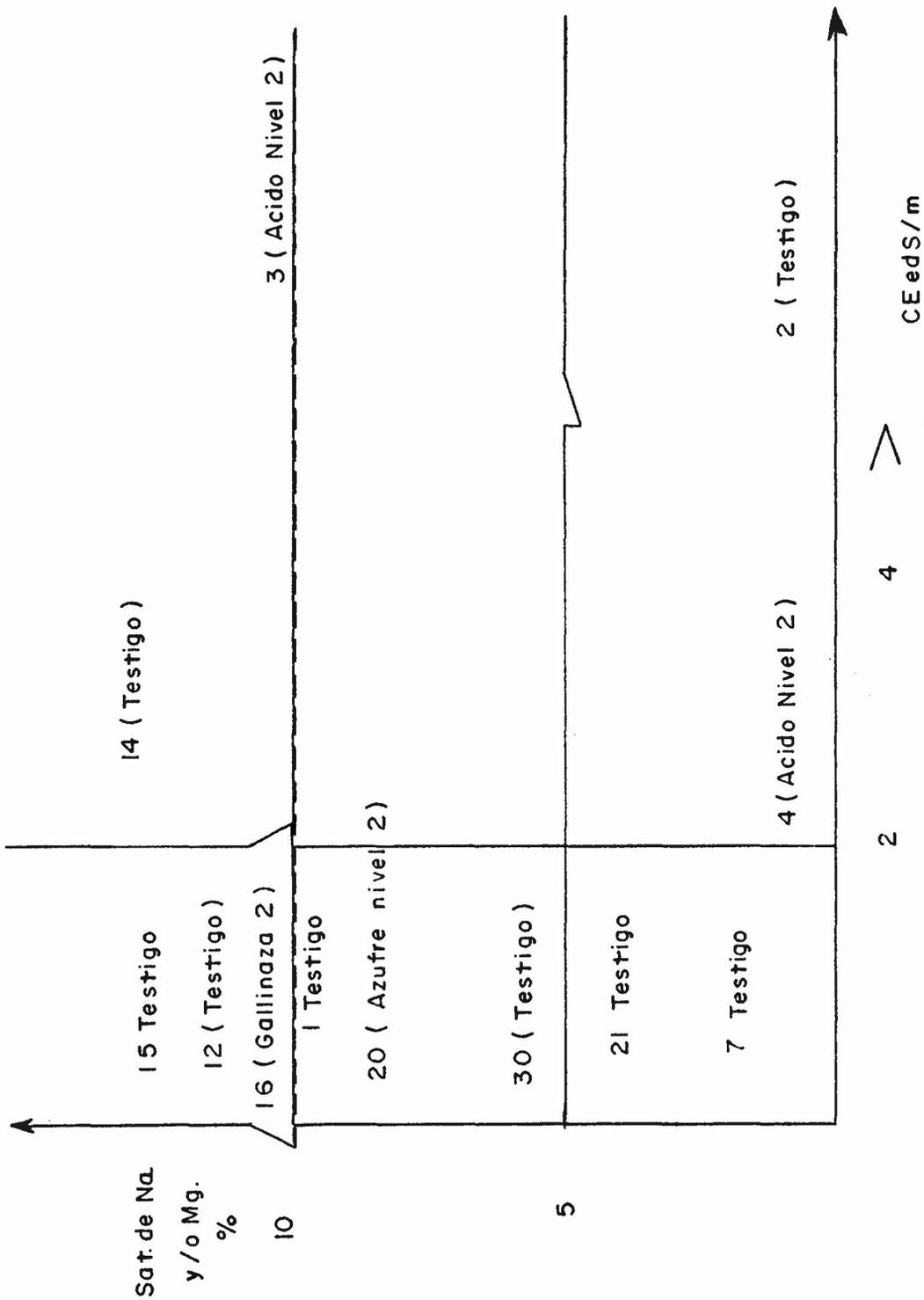


FIGURA 2. Identificación de los suelos y sus problemas en su condición final con el tratamiento menos eficiente

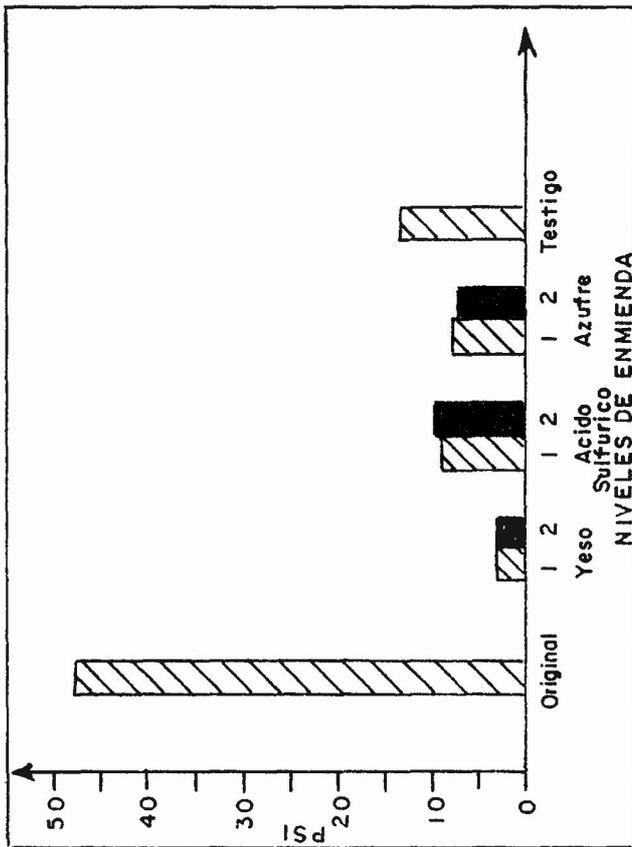
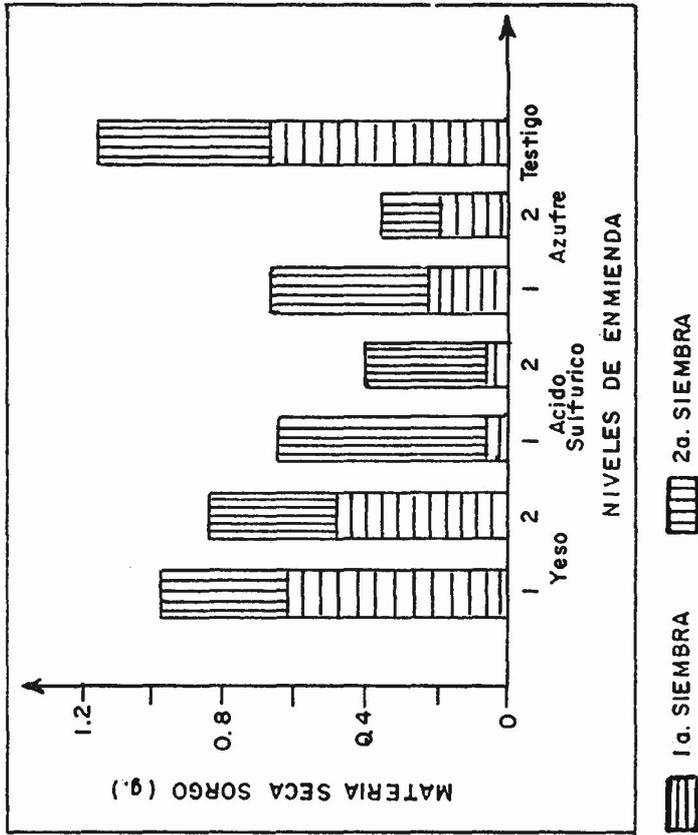


FIGURA 3. Porcentaje de saturación total de Sodio en el suelo I, original y después de los tratamientos y sus producciones de materia seca de Sorgo en primera y segunda siembras. Los subíndices 1 y 2 representan enmiendas aplicadas para llevar el suelo a 10 y 5% de saturación de Sodio respectivamente.

9. MACHADO, V. A. Algunas propiedades físicas suelos salinos y/o sódicos sometidos a procesos de recuperación. Tesis Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. 1989. 96 p.
10. TOVAR, J. J. Efecto de la corriente eléctrica continua en el mejoramiento de un suelo sódico del Valle del Cauca en condiciones de campo. Tesis Magister en Suelos y Aguas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1989. 120 p.
11. VAND, M. and VAN HOORN, J. W. Salinity control : salt balance and leaching requirement of irrigated soil. 25 th International Course on Land Drainage. Wageningen : IAC-ILRI, 1986.