

AGRO 4037 – Fertilidad de Suelos y Abonos

4- Reacción del Suelo Suelos Salinos y Alcalinos

1

Suelos Salinos y Alcalinos

4-15 Introducción

- Se describen como aquellos que contienen suficiente sales, sodio o ambos como para que el crecimiento de plantas se afecte
- Estimado de que el 10% de toda la superficie terrestre esta afectada por algún problema de sales o sodio
- Estimado de que entre 33 y 50% de todos los suelos bajo riego tienen problemas de sales o sodio
- Estos suelos se encuentran mayormente en zonas áridas y semiáridas
- Riego con agua que tenga alta concentración de sales o sodio; riego con aguas servidas
- Intrusión marina en acuíferos
- Puerto Rico, area bajo riego estimada en 54,500 cds

2

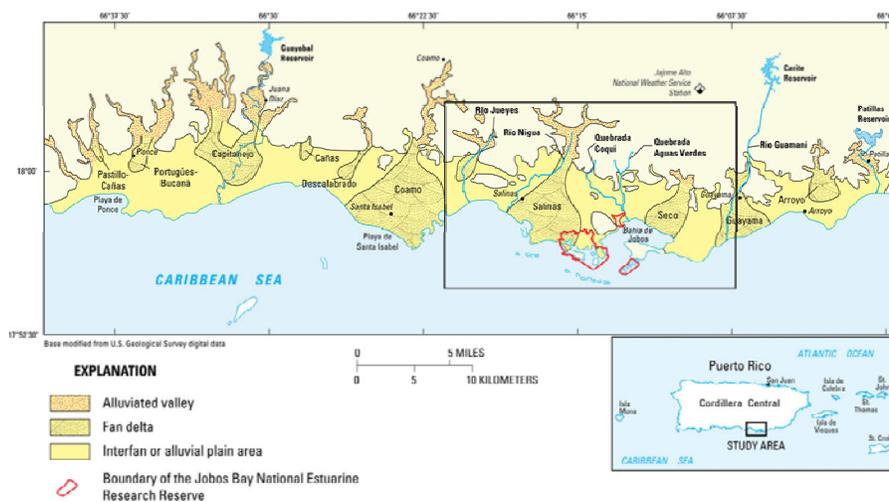
Introducción

Puerto Rico

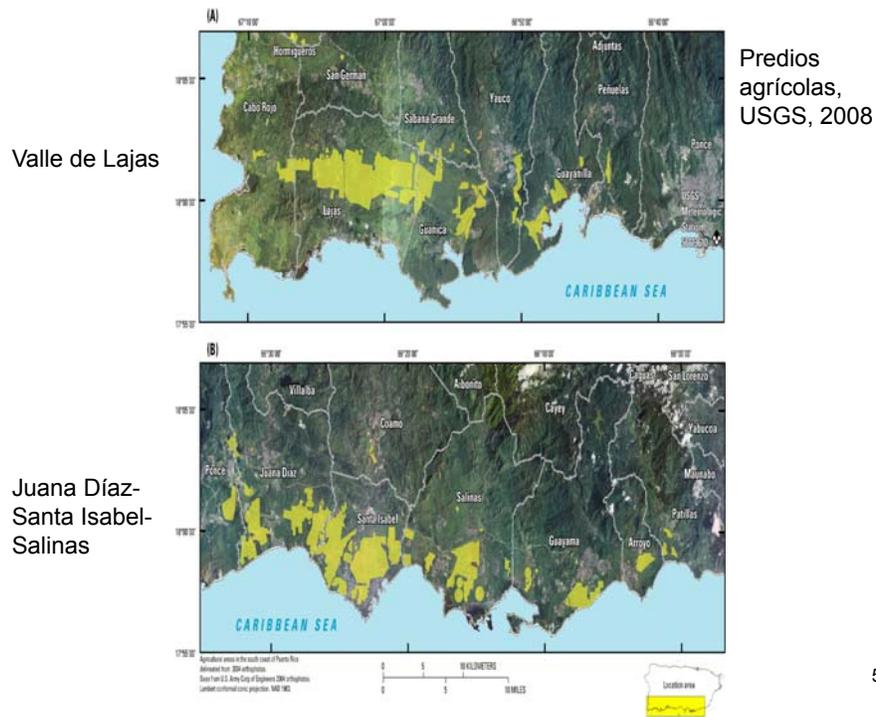
- Zona agrícola de Juana-Díaz-Santa Isabel-Salinas
 - 20,635 cds bajo riego(\$36M en ventas)
 - Hay aguas de riego de pobre calidad (Acuífero del Sur)
 - Evidencia de zonas de intrusión marina
 - Estratos de sales en la zona vadosa
- Reserva agrícola del Valle de Lajas
 - 15,600 cds bajo riego
 - Sobre 250 operadores de finca, valor de \$12.1 M
 - Riego con agua de pobre calidad
 - Presiones artesianas traen sales a la superficie
 - Capilaridad/evaporación deja sales en la superficie

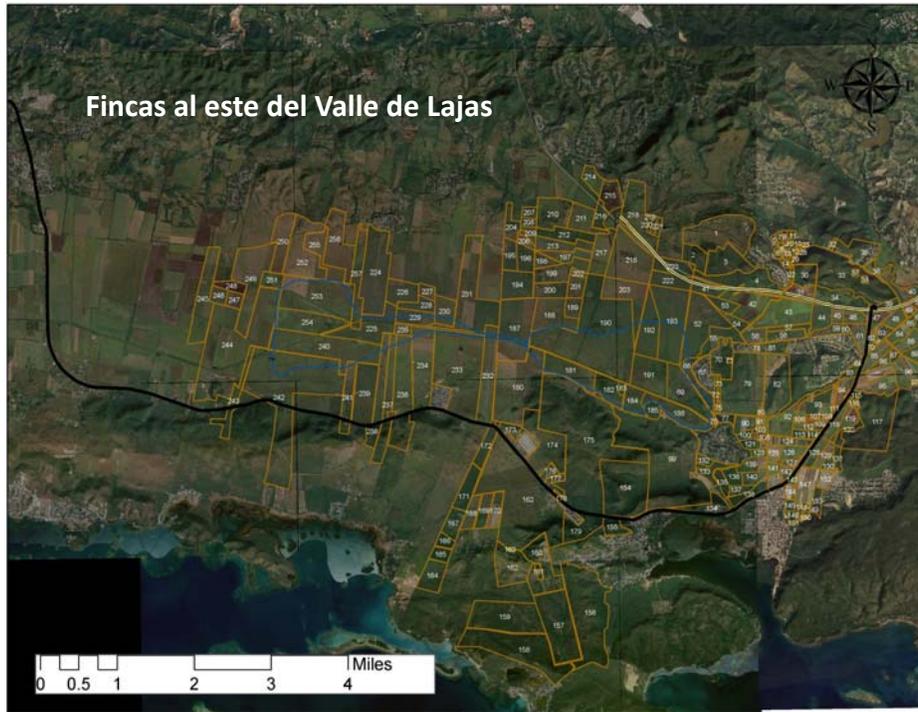
3

Acuífero del Sur

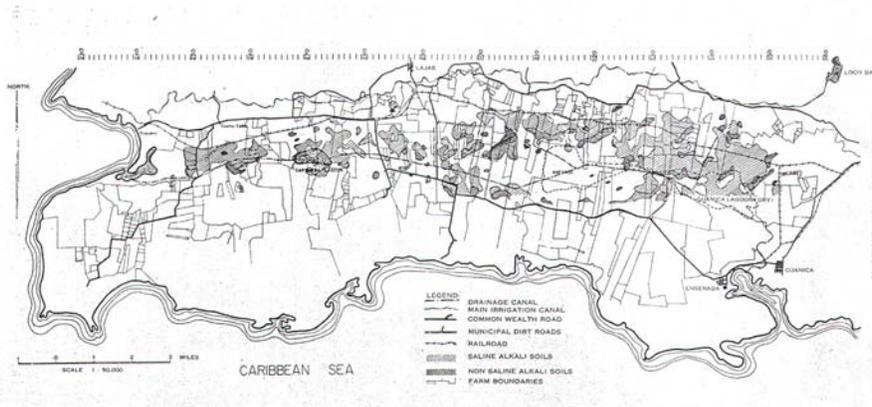


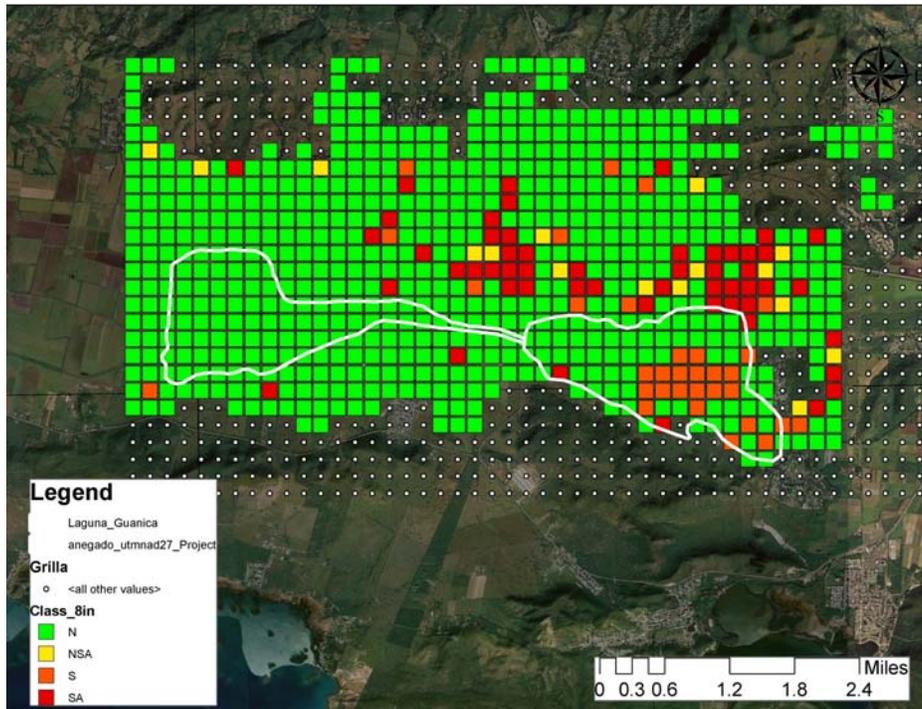
4





Catastro de salinidad y sodicidad por Bonnet et al. (1958)





Resumen de trabajo en Valle de Lajas (Bonnet et al. 1955)

Profundidad	Normal	Salino-sódico	Sódico	Salino	# muestras
(pulgadas)	-----%-----				
0 - 8	86	8	1	5	1,534
8 - 24	64	20	8	8	1,530
24 - 48	34	48	11	8	440
48 - 72	23	58	11	8	422

4-16 Clasificaciones

- **Suelos salinos** –Contienen suficiente sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos por disminución en el potencial hidrico total .
 - Plantas con síntomas de estrés hídrico
 - Desbalances nutricionales
 - Toxicidad de algunos iones

- **Suelos sódicos** –Contienen cantidades excesivas de Na en los sitios de intercambio, las cuales dispersan las partículas de suelo
 - Dispersión de la materia orgánica y arcillas
 - Se limita el movimiento de aire y agua.
 - Mecanismo de dispersión
 - El Na reemplaza cationes divalentes.
 - El Na adsorbido está hidratado y aumenta la electronegatividad hasta que las partículas se repelen.

11

- **Suelos salino-sódicos** – Suelos que contienen suficientes sales como para limitar el crecimiento de algunos cultivos y que contienen cantidades excesivas de Na en los sitios de intercambio
 - Cultivos pueden ser afectados por exceso de sales y Na, pero usualmente drenan muy bien.
 - Las sales proveen cationes en exceso que se adsorben a **coloides** negativamente cargadas, reduciendo la tendencia a dispersarse. Estos se pueden convertir en suelos sódicos fácilmente

- **Suelos calcáreos** – contienen CaCO_3 libre, y no necesariamente son salinos ni salino-sódicos
 - La presencia de carbonatos libres influye en ciertas practicas de manejo como el uso de herbicidas, aplicación de P y la disponibilidad de micronutrientes. El reducir el pH de estos suelos usualmente no es económico pero se utilizaría azufre

12

Profundidad en el perfil que se encuentra CaCO_3

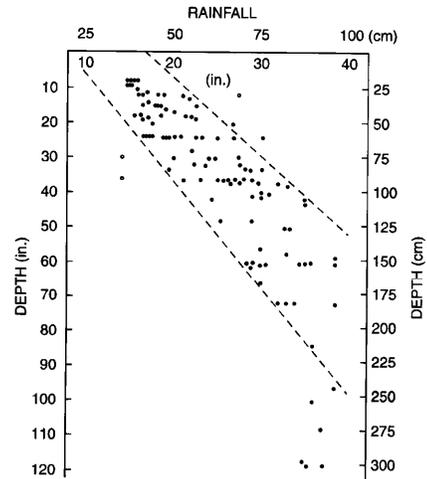


FIGURE 3.18 As rainfall increases from one region to another, the depth to measurable CaCO_3 content increases. Thus, in arid and semiarid regions, CaCO_3 is present in the surface soil.

13

Relación entre pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes

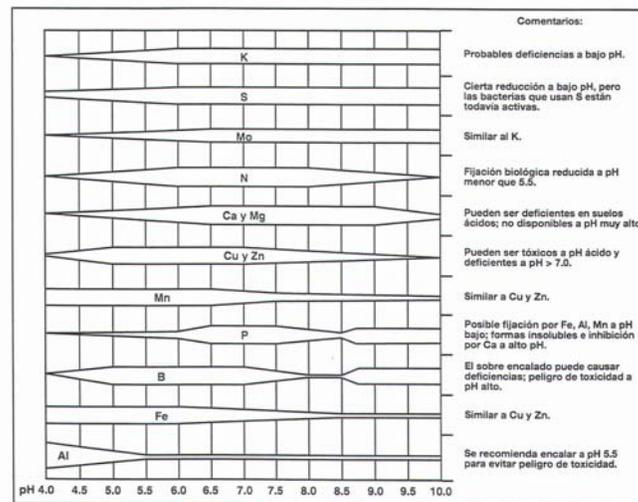


Figura 2-4. Efectos del pH en la disponibilidad de nutrientes y otros elementos en el suelo.

14

4-17. Criterios para la clasificación de suelos salinos y alcalinos (diagnóstico del suelo)

- **Conductividad eléctrica (CE)** – medida indirecta de la concentración de sales en solución. Usa instrumento de puente de conductividad. Mide la facilidad de una solución a conducir electricidad. Se expresa como mmhos/cm o dS/cm.
- **Porcentaje de saturación de Na (ESP)** – Proporción de Na que ocupa el CIC

15

Parámetros y valores numéricos de clasificación

Categoría	pH	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	% Saturación de Na (ESP)
Salino	<8.5	>4	<15
Sódico	>=8.5	<4	>15
Salino-sódico	<=8.5	>4	>15
Calcáreo	7.3-8.4	<4	<15

16

Utilizando el método del **extracto de pasta saturada se pueden calcular estos tres parámetros (pH, CE, ESP):**

- Preparar pasta saturada, obtener solución intersticial y realizar mediciones en la solución de pH, CE y cationes en solución
- Conductividad eléctrica (CE)
 - CE x 10 = **totalidad de cationes solubles** (meq/L)
 - CE x 640 = **Sólidos totales disueltos** (TDS) (mg/L)
- **Razón de adsorción de Na (SAR)**
 - SAR = $Na^+ / \sqrt{[(Ca^{+2} + Mg^{+2})/2]}$; todas unidades en meq/L
- **Razón de Na intercambiable (ESR)**
 - ESR = 0.015 * SAR
- **Porcentaje de Na intercambiable (ESP)**
 - ESP = 100 (ESR) / (1 + ESR)

17

Utilizando el método de CIC (cationes intercambiables con NH₄OAc):

- Medida indirecta
 - **ESR** = $Na_{intercambiable} / (Ca^{+2} + Mg^{+2})$ intercambiable todas unidades en meq/100g
 - **ESP** = 100 (ESR) / (1 + ESR)
- Medida directa
 - Porcentaje de Saturación de Sodio = ESP = $(Na / CIC) * 100$; todas unidades en meq/100g

18

4-18 Efectos en la planta y suelo:

4-18.1 Suelos salinos

- Reducción en la disponibilidad de agua en el suelo
 - síntomas aparentes de marchitez
- Toxicidad de iones a tallos y raíces: Cl, B, HCO_3^- , SO_4^{-2}
 - Raíces negras y/o deterioradas
 - Quemaduras en las puntas de las hojas
- Desbalances iónicos que conducen a deficiencias de: Ca, K, NO_3 , Mg, Mn, P
- Formación de residuos de sales en la superficie
- La salinidad es cuestión de grado, a mayor concentración, mayor efecto sobre los cultivos

19

Escala de conductividad eléctrica de la pasta saturada y su efecto sobre cultivos (Carrow y Duncan)

Grupo	CE	Efecto sobre cosechas	Tolerancia a las sales
	mmhos/cm		
A	<1.5	Insignificante	Plantas muy sensitivas crecer
B	1.6 – 3.0	Rendimientos se reducen en algunos	Plantas moderadamente sensitivas
C	3.1 – 6.0	Rendimientos se reducen en muchos	Plantas moderadamente tolerante
D	6.1 – 10.0	Rendimientos se reducen en casi todos	Plantas tolerantes

20

4-18.2 Suelos sódicos

- Reducción o pérdida de la estructura del suelo
 - Disminución en infiltración, percolación y drenaje
- Dispersión de la materia orgánica del suelo
- Toxicidad de iones a tallos y raíces: Na, Cl, B, HCO_3^- , SO_4^{2-}
 - Raíces negras y/o deterioradas
 - Quemaduras en las puntas de las hojas
- Desbalances iónicos que conducen a deficiencias de: Ca, K, NO_3 , Mg, Mn, P
- pH suelo alto
- $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$

21

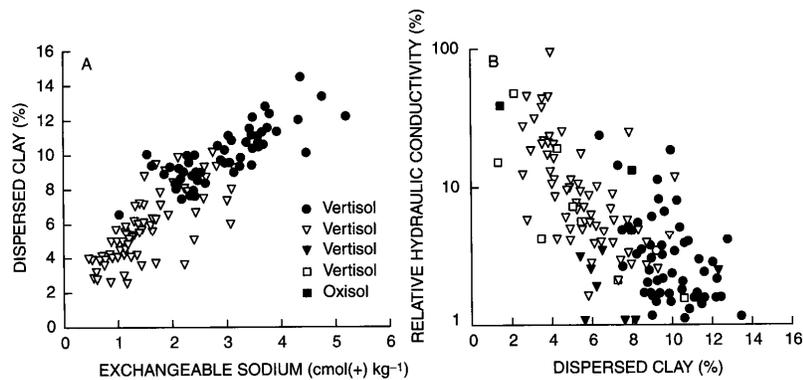


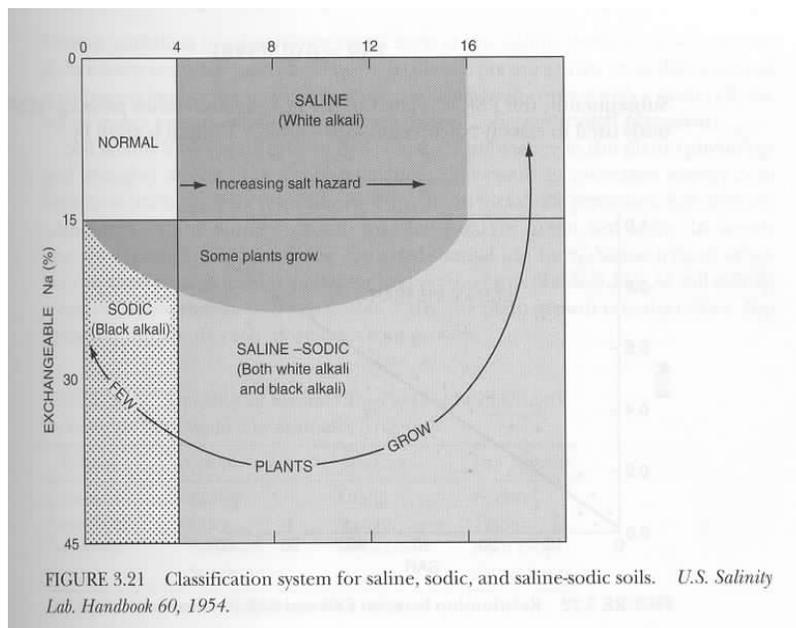
FIGURE 3.20 Increasing exchangeable Na content increases the amount of clay dispersed (A) and decreases the hydraulic conductivity (B). Data represent Vertisols and Oxisols in Australia. *Sumner, Aust. J. Soil Res. 31:683–750, 1993.*

22

4-18.3 Suelos salino-sódicos

- No necesariamente se afecta la estructura del suelo, porque las sales aumentan la electronegatividad umbral de dispersión de los coloides
- Presentan los mismos problemas **en suelos** que salinos (ver 4.18.1)

23



4-19 Manejo de suelos y aplicación de enmiendas

- El manejo de sitios afectados por sales y sodio requieren de un plan de manejo comprensivo que incluya varios componentes
 - Evaluación del sitio, suelo, agua de riego, drenaje
 - Restricción o reducción de la aplicación de sales
 - Selección de cultivos variedades y/o cultivares
 - Uso apropiado de enmiendas que incluya niveles, frecuencia, tiempo, y método de aplicación
 - Lixiviación de sales

- En este caso solamente se presentan los principios básicos

25

4-19.1 Para reclamar suelos salinos:

- Método USDA-SSL
- LR "leaching requirement" incremento en la cantidad de agua por encima de aquella necesaria para saturar el suelo. Agua que debe pasar por la zona radicular para cambiar el contenido de sales a un nivel aceptable
- CE_{AR} = CE agua riego; CE_{AD} = agua de drenaje
- CE_{Umb} = CE tolerable del cultivo, se puede medir en el drenaje (CE_{AD})
- ET requerida cultivo = evapotranspiración

$$1. LR_1 = CE_{AR} / CE_{AD}$$

$$2. LR_2 = CE_{AR} / CE_{Umb}$$

$$LR \times ET_{semanal}$$

$$3. LR_3 = CE_{AR} / (5 * CE_{Umb} - CE_{AR})$$

– Cantidad de agua adicional a la necesaria para saturar el perfil

26

4-19.2 Para reclamar suelos calcáreos (reducción de pH)

- Suelos calcáreos contienen 0.1 - 40 % CaCO_3 y pH 7.3 - 8.5
- Hay que añadir materiales acidificantes (azufre, ácido sulfúrico, fosfórico) para disminuir el pH
- Ejemplo:
 - $\text{S}^0 + 3/2\text{O}_2 \text{-----} \rightarrow \text{SO}_3$
 - $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \text{-----} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
 - Rx neta: $\text{S}^0 + 3/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{-----} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \text{-----} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{2-} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- **Resumen: 1 mol $\text{S}^0 = 1 \text{ mol } \text{H}_2\text{SO}_4 = 1 \text{ mol } \text{CaSO}_4$**
- **32 kg S = 100 kg CaCO_3**

27

Ej. Neutralizar el CaCO_3 de un suelo

- Suelo tiene 10 % CaCO_3
- $(0.1) * 2 \times 10^6 \text{ kg suelo/ha} = 2 \times 10^5 \text{ kg } \text{CaCO}_3/\text{ha}$
- $2 \times 10^5 \text{ kg } \text{CaCO}_3 \times 32 \text{ S} / 100 \text{ CaCO}_3 = 64,000 \text{ kg S/ha}$
= 64 ton S/ha
- **No es practico en grande escala. Sí podría ser beneficioso al aplicar en banda, pero no resuelve el problema a largo plazo**

28

4-19.3 Para reclamar suelos sódicos

- Na tiene que ser reemplazado por otro catión y luego lixiviado fuera del perfil del suelo. Se reemplaza el Na con una fuente soluble de Ca. Puede ser en forma de yeso (CaSO_4).
- Arcilla-Na + Ca^{+2} solución -----> arcilla-Ca + Na^+ solución
- La técnica directa envuelve la aplicación de (i) yeso o (ii) azufre

29

Ejemplo

por definición: $\text{ESR} = (0.015) * (\text{SAR} = 16) = 0.24$

$\text{ESP} = \text{Na intercambiable} / \text{CIC} = 100 (\text{ESR}) / (1 + \text{ESR}) = 19 \% \text{ ESP}$

La idea es bajar ESP de 19 % a 3 %, por lo tanto $19 - 3 = 16 \%$

$(0.16) * (20) = 3.2 \text{ meq}/100 \text{ g Na}^+$ para ser removidos

$3.2 \text{ meq}/\text{Na}^+/100 \text{ g} * (172 \text{ mg yeso}/\text{mmol yeso}) * (\text{mmol yeso}/2 \text{ meq yeso})$

= 27 mg yeso/100 g

= 275 mg yeso/100 g

= 5,500 kg yeso/ha

30

Ejemplo

- Suelo con SAR = 16 , y CIC = 20 meq / 100g
- SAR → ESR → ESP → Δ ESP * CIC = meq/100g
- Por definición: ESR = (0.015) * (SAR = 16) = 0.24
- ESP = Na intercambiable / CIC = 100 (ESR) / (1 + ESR) = 19 % ESP
- La idea es bajar ESP de 19 % a 3 %; 19 - 3 = 16 %
- $0.16 \times 20 = 3.2$ meq/100 g Na⁺ para ser removidos
- $3.2 \text{ meq/Na}^+/100 \text{ g} \times (172 \text{ mg yeso/mmol yeso}) \times (\text{mmol yeso}/2 \text{ meq yeso})$
 $= 275 \text{ mg yeso}/100 \text{ g}$
 $= 5,500 \text{ kg yeso}/\text{ha}$

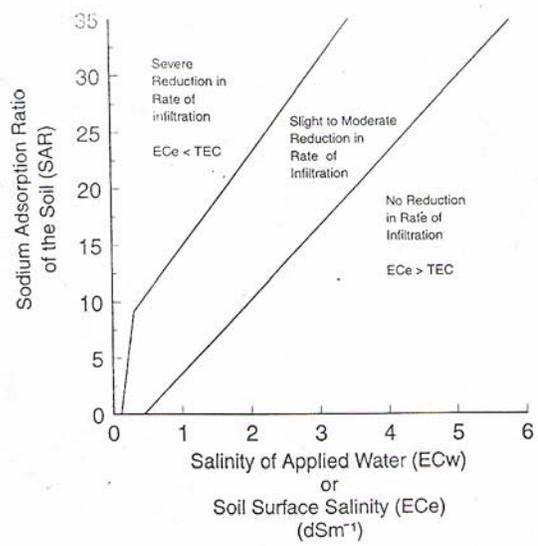
31

- Otra técnica es añadir S. Bacteria oxidan lentamente el S para producir H₂SO₄. Los H de H₂SO₄ pueden reemplazar Na de los sitios de intercambio. También el H₂SO₄ puede reaccionar con CaCO₃ para producir yeso lo cual tiene el mismo efecto que la aplicación de yeso.
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \text{ -----} \rightarrow \text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- Recordar
 - $\text{S}^0 + 3/2\text{O}_2 \text{ -----} \rightarrow \text{SO}_3$
 - $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \text{ -----} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
 - $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \text{ -----} \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ¿Con el mismo ejemplo, si el suelo tiene 3.2 meq Na⁺/100 g suelo cuanto S⁰ añadir?

32

Calidad del agua de riego

33



34

Table 5.2. Total salinity (i.e., total salts, salinity hazard) classification guidelines of irrigation water based on ECw and TDS (total dissolved salts).

Salinity Hazard Class	Comments	Westcot and Ayers ⁵¹		USSL ⁵⁰	
		ECw	TDS	ECw	TDS
		dSm ⁻¹	ppm	dSm ⁻¹	ppm
Low	Low salinity hazard, no detrimental effects on plants or soil buildup are expected.	<0.75	<500	<0.25	<160
Medium	Sensitive plants may show salt stress; moderate leaching prevents soil salt accumulation.	0.75– 1.50	500– 1000	0.25– 0.75	160– 500
High	Salinity will adversely affect most plants. Requires selection of salt tolerant plants, careful irrigation, good drainage, and leaching.	1.50– 3.00	1000– 2000	0.75– 2.25	500– 1500
Very High	Generally unacceptable except for very salt tolerant plants, excellent drainage, frequent leaching, and intensive management.	>3.00	>2000	>2.25	>1500

35

Ejemplos de análisis de suelo

36

DAS Dairy Appendix 2

REPORT NUMBER: 122-11

A&L Southern Agricultural Laboratories
 1301 West Copans Road • Building D, Suite 8 • Pompano Beach, FL 33064
 (954) 972-3255 • FAX (954) 972-7885



CLIENT: DAVID SOTOMAYOR
 TO: ROSALES #45
 URB EL VALLE
 LOJAS, PR 00667

CROWWE: TOP SOIL/DAIRY

SAMPLES SUBMITTED BY: DAVID SOTOMAYOR

COPY TO:

REPORT DATE: 05/02/01		PAGE: 1		SOIL ANALYSIS REPORT													
SAMPLE NUMBER	LAB NUMBER	ORGANIC MATTER % RATE	PHOSPHORUS		POTASSIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	SODIUM	SOIL pH	HYDROGEN H meq/100g	Cation Exchange Capacity C.E.C. meq/100g	PERCENT BASE SATURATION (COMPUTED)					
			Weak Brn) NH ₄ CO ₃ P	Strong P	K	Mg	Ca	Na				% K	% Mg	% Ca	% H	% Na	
F0613	0.4 50VL	15 L	85VH	240 L	1920VH	4230 L	3020VH	8.6	0.0	50.9	1.2	31.4	41.6	0.0	25.8		
F0614	1.6 76 L	16 L	124VH	310 L	2310VH	3860 L	3950VH	8.2	0.0	58.6	1.4	34.1	34.2	0.0	30.4		

SAMPLE NUMBER	NITRATE NO ₃ (ppm) H PWE	SULFUR S (ppm) S	ZINC Zn (ppm) Z	MANGANESE Mn (ppm) M	IRON Fe (ppm) F	COPPER Cu (ppm) C	BORON B (ppm) B	SOLUBLE SALTS (ppm) S	BO3-S (ppm) S	MOLYBDENUM Mo (ppm) M	SAND SILT CLAY			SOIL CLASSIFICATION
											%	%	%	
	100VH	1.6 L	78VH	3 L	.6 M	2.7VH	3.76 H	79 VH			12	24	64	CLAY
	100VH	3.4 M	64VH	3 L	1.5 H	3.5VH	6.14 H	118VH			6	18	76	CLAY

(SEE EXPLANATION ON BACK)

The report applies to the samples listed. Samples are tested to a maximum of 80% dry, 80% in 10g.

A & L SOUTHERN AGRICULTURAL LABORATORIES, INC.

LYNN GRIFFITH LAB MANAGER

Ejemplos

Client Sample ID	pH	OM %	Nitrate N ppm	Olsen-P ppm	Ca meq/100g	Mg meq/100g	K meq/100g	Na meq/100g	sum bases (CEC)	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	soluble salts (1:1) dS/m
107	7.7	3	13	30	18.36	11.08	0.56	0.43	30.44	26	22.8	4.9	2.5	3.9	1.3	0.54
108	8	4	8	26	21.23	14.80	0.42	0.30	36.74	8	8.6	6.7	1.7	4.1	1.3	0.51
109	8.8	4.1	6	58	11.41	19.69	1.44	28.82	61.36	392	63.5	39	2.8	11.7	19.5	6.15

Client Sample ID	Saturated paste pH	Ca meq/L	Mg meq/L	K meq/L	Na meq/L	Cl ppm	BO3 ppm	SAR	ESP (by SAR)	ESP (by CEC)	soluble salts (sat% paste) dS/m	moisture
107	7.7	2	2.44	0.22	0.8	54.95	0.08	0.54	0.8	1.41	0.68	88.89
108	8.1	1.34	1.8	0.12	0.5	22.34	0.06	0.40	0.6	0.80	0.41	57.97
109	8.7	1.4	5.42	0.42	77.21	3233.31	2.90	41.81	38.5	46.96	9.4	71.43

Imágenes de suelos afectados por sales o sodio

39



40

