

Suelos ácidos, salinos y sódicos 2018

Dra. Ing. Agr. N. Cristina Molina
Cátedra Edafología
FAZ-UNT

Acidez, salinidad, (sodicidad)* y alcalinidad

***Esta modificación del título respecto a lo que indica el programa obedece a que sodicidad y alcalinidad NO SON SINÓNIMOS**

Suelos ácidos

Sin la intervención humana los suelos ácidos se encuentran en regiones húmedas

- El proceso de acidificación se ha producido lentamente por el ingreso de H_2CO_3 (el que lleva el agua de lluvia más el que aporta la respiración del suelo, más otros ácidos producto de la actividad biológica) a lo largo de la edafización
 - ✓ El pH del suelo cuando se alcanza el equilibrio depende de las reservas de bases (sobre todo calcio) en el material original
 - En un mismo clima húmedo los suelos desarrollados a partir de material calcáreo tienen pH más alto que los desarrollados sobre material silíceo.

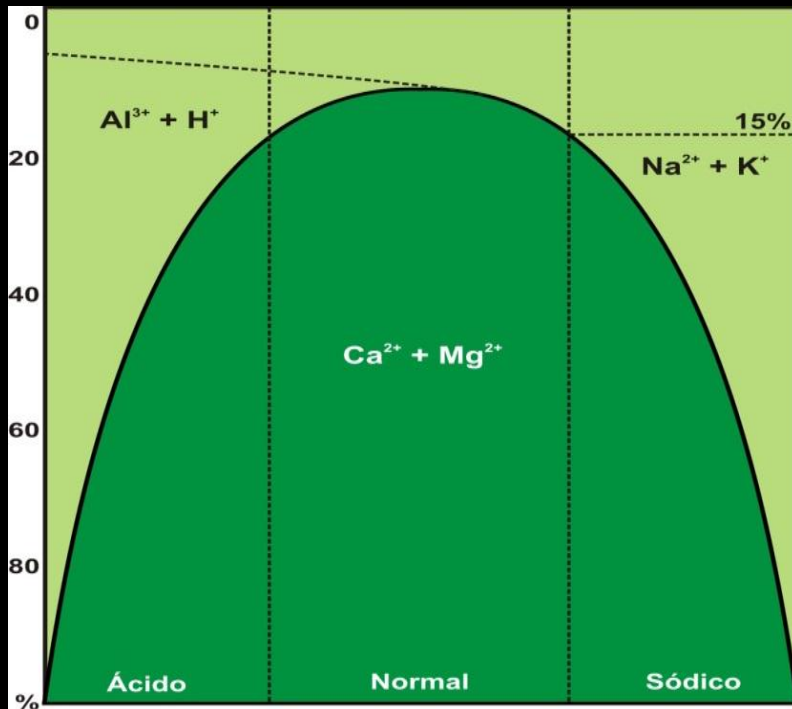
Suelos ácidos

Cuando los suelos se incorporan a la agricultura el equilibrio se rompe y los suelos pueden acidificarse más, debido a:

- ✓ El balance hídrico se altera, al haber menos masa vegetal que consuma pasa más agua a través del suelo. *A los fines didácticos podemos decir que es como si el suelo pasase a estar bajo un clima más húmedo*
- ✓ El uso de fertilizantes de residuo ácido (casi todos) acelera notablemente el proceso y en pocas décadas la acidificación es evidente

Dependen del nivel de acidez

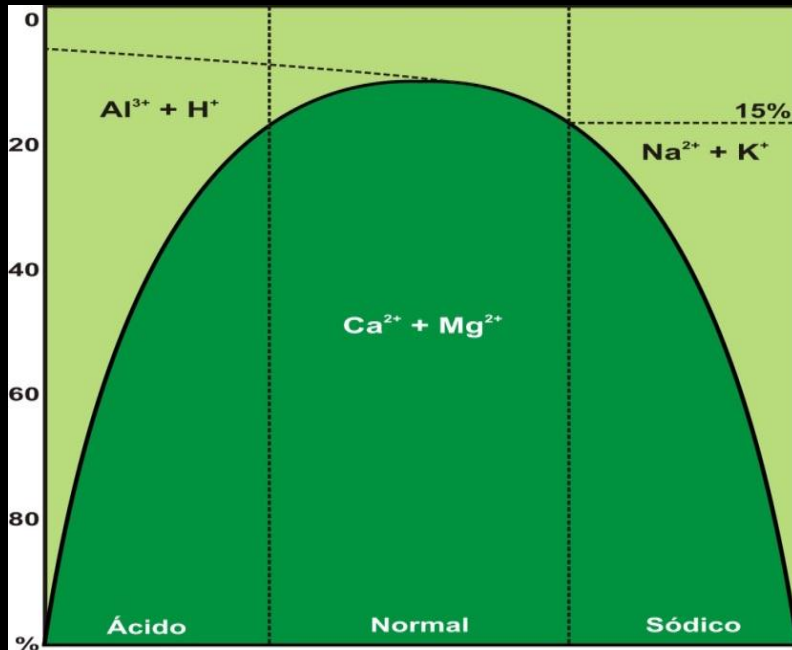
analizando este gráfico...



- Recordemos que cuando un suelo se acidifica pierde selectivamente más bases bivalentes (Ca y Mg) que monovalentes (K y Na). En remplazo de todas estas bases que salen de sitios de carga variable entra una cantidad equivalente de protones deshidratados (H^{+}) que se unen fuertemente a estos sitios neutralizando la carga.

... Dependen del nivel de acidez

En general, cuanto más ácido sea un suelo menores serán:



- La CIC efectiva (acuérdesse que a los fines prácticos es igual a la suma de bases intercambiables), y en consecuencia...
 - ✓ La cantidad de nutrientes almacenados como bases intercambiables, sobre todo Ca

La estructura del suelo y su estabilidad, por la disminución de la relación $Ca+Mg / K+Na$ (intercambiables)

Suelos ácidos- Condiciones

- ... Dependen del nivel de acidez
- Cuando el grado de acidez es muy grande (generalmente por debajo de pH 5):
 - ✓ Puede haber toxicidad de Al y Mn
 - ✓ Severas restricciones para la fijación de N atmosférico
 - ✓ Fijación de fosfato

Suelos ácidos- efecto sobre las plantas

- Hay plantas que prosperan mejor en los suelos ácidos (cafeto, arándanos, muchas ornamentales) porque en esas condiciones tienen disponibilidad óptima de nutrientes.
- La mayor parte de las plantas propias de climas templados crecen mejor en pH ligeramente ácido (6,5) o superior, aunque varían en su tolerancia a la acidez:
 - ✓ No tolerantes: alfalfa
 - ✓ Poco tolerantes: maíz, trigo
 - ✓ Moderadamente tolerantes: avena, frutillas

Suelos ácidos- efecto sobre las plantas

- En general los cultivos, hasta los tropicales propios de suelos ácidos, se ven afectados por la toxicidad de Al y Mn.



Suelos ácidos- corrección de la acidez

- Se hace por encalado, con lo que se eleva el pH y se corrigen todas las condiciones asociadas a la acidez.
 - ✓ El pH que se fija como objetivo varía según los cultivos:
 - Para la mayor parte se calcula la dosis para llevar el pH del suelo a 6,5.
 - Para los cultivos tropicales se calcula la dosis para alcanzar pH 5,5; a este pH se eliminan las toxicidades pero se mantienen las otras condiciones favorables asociadas a la acidez moderada. Además... se evita un gasto superfluo.

Suelos ácidos- corrección de deficiencias asociadas a la acidez

- En ciertos casos el mayor problema asociado a la acidez moderada es la deficiencia de Ca; la aplicación de yeso, que no modifica el pH, puede solucionar el problema.
- En otros casos el mayor problema se asocia a deficiencia de Mg y Ca; lo aconsejable es aplicar cal dolomítica que contiene 20 %de $MgCO_3$

Suelos salinos y suelos sódicos

Definamos salinidad, sodicidad y alcalinidad

Por convención se define como :

- Suelo salino al que tiene una conductividad eléctrica superior a 4 dS m^{-1} (o 4 mmhos cm^{-1} , notación antigua)
- Suelo sódico al que tiene un porcentaje (de la CIC potencial) de sodio intercambiable superior a 15%
- Suelo alcalino al que tiene pH superior a 8,2 -8,5 (causada por una elevada concentración de bicarbonato y carbonato en la solución)

Por convención se define como :

- Suelo salino al que tiene una conductividad eléctrica superior a 4 dS m^{-1} (o 4 mmhos cm^{-1} , notación antigua)

- El efecto adverso común a todos los suelo salinos es el osmótico, pero generalmente suelen tener también toxicidades asociadas que dependen (al igual que el pH) de la naturaleza química de las sales presentes
 - ✓ De Na y Cl en suelos salinos neutros
 - ✓ De Na y bicarbonato en suelos salinos de pH mayor a 8,2 -8,5
 - ✓ De Na, carbonato y Al en suelos salinos extremadamente alcalinos (pH >9)
 - ✓ De Al en suelos salinos ácidos
- Pueden encontrarse en cualquier clima y latitud, aunque los más frecuentes son los de climas áridos (ver <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/FAO/Solonchak.htm>)

Cómo se determina la SALINIDAD:

- se hace una pasta de suelo, aproximadamente 1 parte de suelo 1 parte de agua destilada. Se filtra y en el filtrado (extracto de saturación) se mide la conductividad eléctrica con un conductímetro. La conductividad es proporcional al nº total de cargas en solución que conducen la electricidad, por lo que la conductividad permite estimar la concentración de sales solubles en mol_c/l o eq/l; es una estimación que pierde “exactitud” cuando aumenta la concentración porque la relación conductividad – concentración no es lineal. Si interesa la composición de sales, se puede medir la concentración de los distintos aniones y/o cationes y calcular la concentración total

suelos sódicos

- Un suelo sódico tiene un elevado porcentaje de la CICp ocupado por Na. Generalmente se establece como umbral de sodicidad el valor de 15% de Na intercambiable

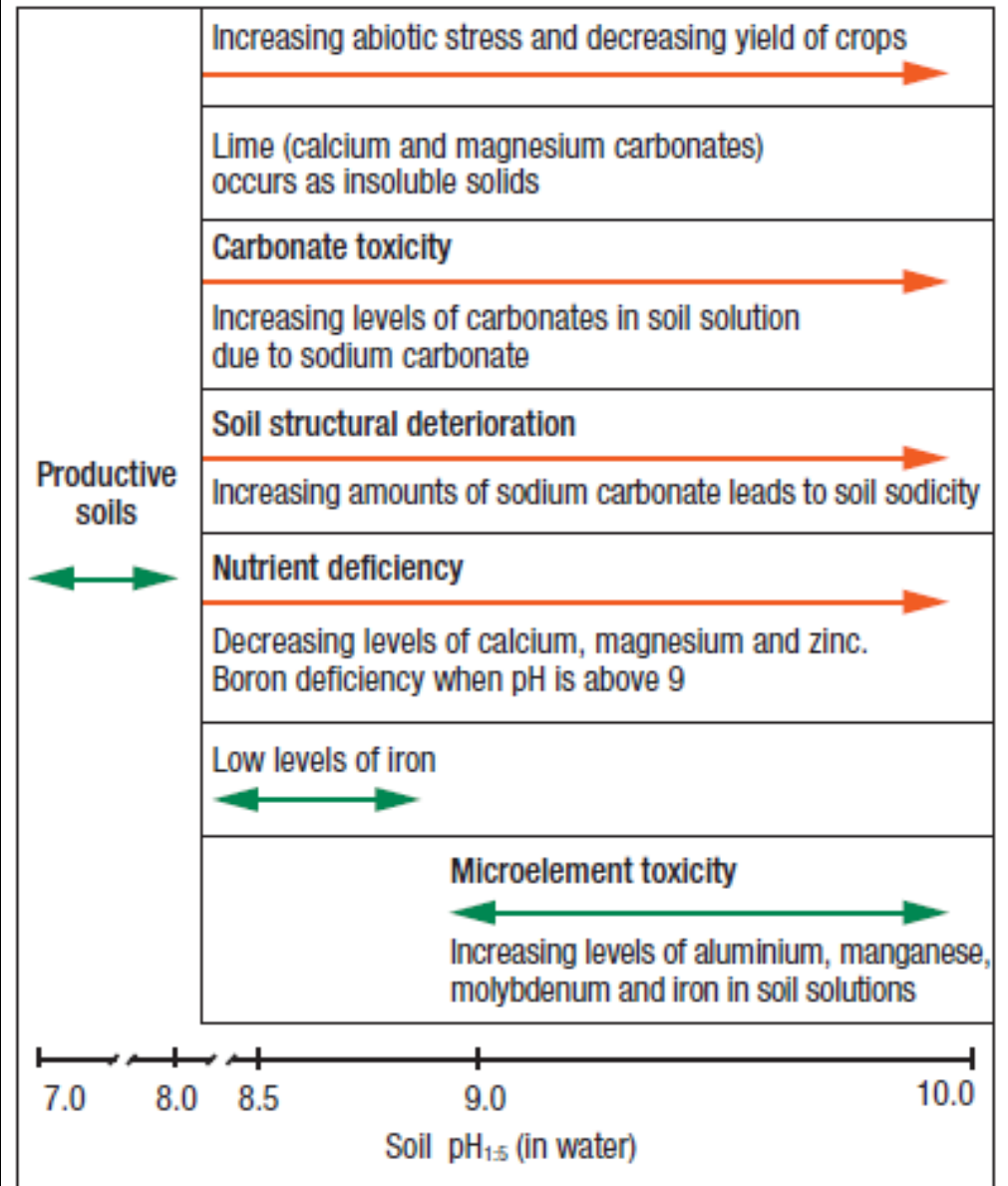
- El efecto adverso más reconocido de los suelos sódicos es la dispersión de las partículas coloidales del suelo, tanto minerales como orgánicas.
 - ✓ la dispersión de las partículas finas trae como consecuencia propiedades físicas adversas:
 - Mala estructuración y todas las condiciones que se le asocian:
 - Baja permeabilidad
 - Baja capacidad de aire
 - Dificultades para el laboreo
 - Etc...

Se debe tener presente que este efecto adverso es tanto más grave cuanto más fina sea la textura de un suelo; en los suelos muy arenosos prácticamente no se manifiesta.

Sin embargo, aún en estos casos los suelos sódicos no son buenos para los cultivos, porque...

- Hay otros efectos adversos de la sodicidad, que se suelen pasar por alto, que son las malas condiciones químicas:
 - ✓ asociadas a exceso de sodio
 - Deficiencias de cationes que son macronutrientes
 - Ca
 - Mg
 - K
 - Otras deficiencias y toxicidades que se asocian al pH que tenga el suelo sódico en cuestión
 - en pH muy alcalino (superior a 9)
 - toxicidad de carbonato,
 - toxicidad de Al (como aluminato)
 - deficiencias de Zn
 - En pH ácido
 - toxicidad de Al, Mn

FIGURE 6.11.2 Factors causing abiotic stress in relation to pH in alkaline soils.



Como ejemplo, este resumen de los efectos adversos de los suelos sódicos alcalinos

Cómo se determina la SODICIDAD:

1. Por el % Na intercambiable (PSI); cómo se calcula...

Se determina CICp y la cantidad de Na intercambiable. Con estos valores se calcula:

$$Na_{int} \% = \frac{Na(\text{cmolc} / \text{kg})}{CICp(\text{cmolc} / \text{kg})} \times 100$$

La determinación de CICp es cara porque es laboriosa. Además si el suelo es alcalino y se determina la CICp a pH 7 puede sobreestimarse el $Na_{int} \%$ porque se subestima la CICp; para estos casos es más indicado hacer la determinación a pH 8,2.

Cómo se determina la SODICIDAD...

Por los inconvenientes de la determinación del PSI mencionados se suele usar:

2. La relación de adsorción de sodio (RAS) que es un índice de sodicidad basado en la ecuación de Gapon:

$$\frac{Na_{int}}{(Ca+Mg)_{int}} = K_g \frac{(Na)}{\sqrt{(Ca+Mg)}}$$

El miembro de la derecha $\frac{(Na)}{\sqrt{(Ca+Mg)}}$ es la Relación de adsorción de sodio (RAS) que se calcula con los valores de concentración (en mmol/l de la solución) y K_g es la constante de Gapon.

Este cálculo permite conocer el miembro de la izquierda, $\frac{Na_{int}}{(Ca+Mg)_{int}}$ que es la Relación de sodio intecambiable (RSI) en el complejo de cambio del suelo.

Cómo se determina la SODICIDAD...

2. La relación de adsorción de sodio (RAS)...

Es obvio que la Relación de sodio intecambiable (RSI)

$\left[\frac{Na_{int}}{(Ca+Mg)_{int}} \right]$ no es exactamente igual al PSI

$$PSI = [Na_{int} \% = \frac{Na^{(cmolc/kg)}}{CICp^{(cmolc/kg)}} \times 100]$$

Pero correctamente interpretado es un buen índice de sodicidad

En el Laboratorio de Riverside – California midieron la composición de cationes del complejo de cambio y del extracto de saturación de numerosos suelos salinos y sódicos y por regresión obtuvieron una ecuación con la que establecieron reglas para interpretar el valor RAS...

$$RAS > 13 = SODICIDAD$$

Cómo se determina la SODICIDAD...

2. La relación de adsorción de sodio (RAS)...

$$\text{RAS} > 13 = \text{SODICIDAD}$$

Estrictamente, esta interpretación es válida para los suelos del área donde se recogieron las muestras con que se ajustó la ecuación de regresión, por lo que es aconsejable ajustar la ecuación con datos de suelos de la región donde se va a emplear.

suelos alcalinos

La denominación de suelo alcalino suele restringirse a los suelos de pH superior a 8,2. Pero esta denominación no es muy acertada, ya que, hablando con mayor propiedad, los suelos de pH de aproximadamente 8 o ligeramente inferior son también alcalinos, pero su alcalinidad se debe a la presencia de carbonato de calcio. Comparados con los suelos de pH superior a 8,2 estos suelos calcáreos (que tienen alcalinidad cálcica) suelen ser muy productivos, aunque presentan algunos problemas nutricionales para los cultivos, como ser deficiencia de Fe, Zn o P.

Hecha esta aclaración, definiremos qué se entiende generalmente por alcalinidad y suelo alcalino.

- ALCALINIDAD*: una concentración de bicarbonatos y carbonatos en la solución del suelo suficiente para que el pH del mismo sea superior a 8,2. Recordar que estos iones reaccionan con el agua generando OH⁻.
-

*Con frecuencia sodicidad y alcalinidad se toman como sinónimos, pero NO SON SINÓNIMOS.

- ✓ **Como veremos, casi todos los suelos alcalinos son sódicos, pero NO TODOS LOS SUELOS SÓDICOS SON ALCALINOS.**
- ✓ **El “casi” obedece a que, en algunos casos, un contenido anormalmente alto de Mg en el suelo puede originar alcalinidad.**

Cómo se determina la ALCALINIDAD

1. Midiendo el pH del suelo: valores $> 8,2 - 8,5 \rightarrow$ suelo alcalino; el rango de valores se debe a que la medición es influenciada por la presión parcial de CO_2 – en equilibrio con la atmósfera libre el valor es de 8,5, pero si la presión parcial es mayor por la actividad biológica del suelo de la suspensión donde se mide el valor es menor. Este es el método más usado porque es sencillo, rápido y barato
2. Determinando la concentración de carbonatos y bicarbonatos ** en el extracto de saturación

$$\text{alcalinidad} = (\text{HCO}_3)^- + (\text{CO}_3)^{2-}$$

$$\text{alcalinidad} > 1,5 \text{ meq/l} \rightarrow \text{suelo alcalino}$$

** Recuerde que los iones bicarbonato y carbonato son los que generan OH^- en la solución

El pH de los suelos salinos y sódicos

Puede ser cualquiera

- Desde extremadamente ácido hasta extremadamente alcalino
- Qué es lo que lo determina?
- **LA NATURALEZA Y CONCENTRACIÓN DE LAS SALES PRESENTES EN LA SOLUCIÓN**

Naturaleza de las sales y compuestos

Veamos algunos casos

✓ Sales soluble cuyos iones se hidrolizan

El que acabamos de ver, bicarbonatos y carbonatos que reaccionan con el agua generando OH^- .



Otros aniones que generan OH^- son fosfatos y boratos pero no suelen incidir porque están en muy bajas concentraciones

Puede ser cualquiera...

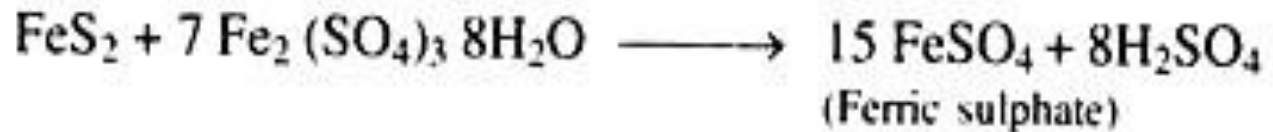
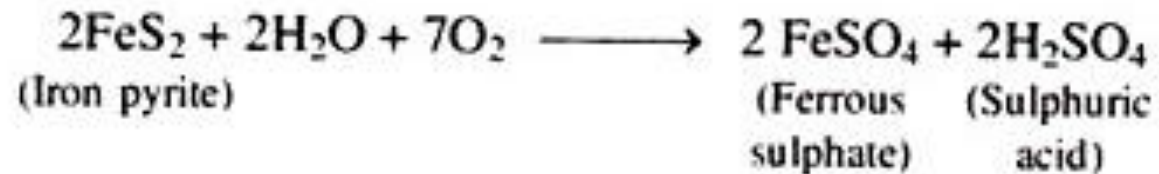
□ Naturaleza de las sales y compuestos

- Iones metálicos pequeños fuertemente cargados que reaccionan con el H_2O dando H_3O^+ ; el más citado es Al^{+3} , aunque también son iones ácidos el Fe^{+3} , Fe^{+2} y otros.



- ✓ Sales solubles neutras cuyos iones no se hidrolizan
 - Cloruros y sulfatos de Ca, Mg, Na, K

- ❑ Puede ser cualquiera...
- ❑ **Naturaleza de las sales y compuestos**
 - ✓ Oxidación de sulfuros e hidrólisis de sulfatos de Fe y Al que generan ácido sulfúrico



Estos procesos y compuestos se producen por el proceso de sulfurización que se origina al exponer a la oxidación materiales con gran contenido de sulfuros (residuos de minería y recuperación de algunas marismas). Se forman suelos extremadamente ácidos.

El pH de los suelos salinos y sódicos

Puede ser cualquiera

❑ **Concentración de las sales y compuestos**

El pH resultante de la presencia de estos compuestos depende de la concentración en que se encuentren

Veamos...

- bicarbonatos y carbonatos que reaccionan con el agua generando OH^- .
- Cuando en la solución hay iones Ca suficientes para neutralizarlos el pH sólo sube hasta 8,2 -8-5 por precipitación de CaCO_3
- Si el Ca no alcanza para neutralizarlos y abunda el Na el pH sube más de 8,2 -8,5 porque el Na_2CO_3 es muy soluble

El pH de los suelos salinos y sódicos

Puede ser cualquiera

❑ **Concentración de las sales y compuestos**

El pH resultante de la presencia de estos compuestos depende de la concentración en que se encuentren

Veamos...

- Iones metálicos pequeños fuertemente cargados que reaccionan con el H_2O dando H_3O

La presencia de estos cationes genera pH comprendido ente 4 y ligeramente ácido, dependiendo de su abundancia en la solución

- Cloruros y sulfatos de Ca, Mg, Na, K

Obvio que si sólo existen estas sales en la solución el pH siempre será neutro independientemente de la concentración.

Definición y clasificación de suelos salinos y sódicos “tradicional”

**(la analizaremos en detalle con la finalidad de
DESAUTORIZARLA con fundamentos)**

Clasificación "tradicional"

- Esta clasificación establece tres clases definidas en base a:
 - ✓ Conductividad eléctrica del extracto de saturación
 - ✓ Porcentaje de Na intercambiable
 - ✓ pH

Clasificación "tradicional"	CE (dS/m)	RAS	PNI (%)	pH	salinidad	sodicidad	alcalinidad	Clasificación de acuerdo a las características que acabamos de definir :
Suelo salino	>4,0	< 13	< 15	<8,5	si	no	no	Este suelo es salino, no sódico, no alcalino
Suelo Sódico	< 4,0	> 13	> 15	>8,5	no	si	si	Este suelo es no salino, sódico, alcalino
Suelo salino – sódico	> 4,0	> 13	> 15	<8,5	si	si	no	Este suelo es salino, sódico, no alcalino

Clasificación “tradicional”
Suelos salinos de pH neutro

De acuerdo a esta clasificación, en la categoría de suelo salino podrían entrar todos los suelos salinos no sódicos de pH inferior a 8,2, pero tradicionalmente comprende los suelos salinos de pH neutro.

¿Por qué tienen pH neutro ? Porque:

- Las sales que tienen son cloruros y/o sulfatos , (predominantemente de Ca) y, en cantidades menores, pueden tener nitratos y/o boratos.
- Todas estas son sales neutras, porque los iones que las forman no reaccionan con el agua para generar acidez o basicidad.

Clasificación “tradicional”– SUELOS SALINOS

- ¿Qué efectos adversos produce la salinidad (debida a exceso de sales neutras) en las plantas?
 - ✓ Básicamente provoca “sequía fisiológica”, por efecto osmótico. Aunque hay que decir que las plantas difieren entre especies y también entre variedades en tolerancia a este problema; también acuerdo al estadio de desarrollo son más o menos sensibles .
 - ✓ Puede provocar toxicidad o antagonismos por el exceso de:
 - cloruros; las plantas absorben Cl^- en exceso en detrimento de la absorción de P; el exceso de cloruros resulta tóxico para las bacterias de la nitrificación.
 - Toxicidad de B
 - ✓ Puede provocar deficiencias de:
 - N porque la salinidad reduce la fijación simbiótica y la nitrificación porque afecta a los microorganismos que las producen.
 - P (además del exceso de Cl) porque la salinidad disminuye el desarrollo radicular y como el P es poco móvil...

Clasificación “tradicional”– SUELOS SALINOS

- ¿Cómo son las propiedades hidráulicas y, en general, las propiedades físicas de los suelos salinos (con exceso de sales neutras)?
 - ✓ son buenas porque la alta concentración de la solución mantiene comprimida la solución de interfase que rodea a las partículas coloidales , lo que favorece la floculación o agregación de las mismas.

Un ejemplo...

Table 6 TYPICAL SALINE SOIL REPRESENTING ADDALA SERIES, IRAQ (Sehgal, 1980)

Depth cm	Mechanical Composition %				pHs	ECe dS/m	Composition of the Saturation Extract me/l					SAR
	Organic Matter %	Clay <2 m	Silt (2- 50 m)	Sand (50 m - 2 mm)			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
0 - 15	1.1	39	46	15	7.4	12	20	78	30	111	16	2.7
15 - 37	0.9	40	46	14	7.6	13	48	70	30	123	20	6.7
37 - 66	0.6	43	51	6	7.9	10	66	30	28	87	42	12.0

SAR (sodium
adsorption
ratio)= RAS)

- Este es un suelo salino de pH neutro en el que predominan los cloruros (de Ca y Mg)
- No es sódico

Clasificación “tradicional”
**Suelos salino - sódicos de pH
neutro**

De acuerdo a esta clasificación, en la categoría de suelo salino – sódico sólo caben suelos de pH inferior a 8,2; al igual que en el caso anterior podríamos incluir cualquier suelo salino sódico de pH neutro o más bajo, pero tradicionalmente comprende los suelos salino – sódicos de pH neutro.

¿Por qué tienen pH neutro ? Porque...

- Las sales que tienen son cloruros y/o sulfatos, predominantemente de Na (en equilibrio con el elevado contenido de Na_{int}) y, en cantidades menores, pueden tener nitratos y/o boratos.
- Todas estas son sales neutras, porque los iones que las forman no reaccionan con el agua para generar acidez o basicidad.

Clasificación “tradicional”– SUELOS SALINOS-SODICOS

- ¿Qué condiciones adversas tienen para las plantas.

Las mismas que los salinos de pH neutro:

- ✓ provocan “sequía fisiológica”
- ✓ Pueden causar toxicidad o antagonismos por el exceso de:
 - cloruros
 - Toxicidad de B
- ✓ Pueden causar deficiencias de:
 - N por que la salinidad afecta negativamente a los microorganismos fijadores y a los nitrificadores
 - P porque la salinidad disminuye el desarrollo radicular y como el P es poco móvil...

Y además:

- ✓ Exceso de Na
 - puede causar toxicidad directa de Na
 - Inducir deficiencias de Ca y/o K

Clasificación “tradicional”– SUELOS SALINOS-SODICOS

- ¿Cómo son las propiedades hidráulicas y, en general, las propiedades físicas de los suelos salino- sódicos (de pH neutro)?
 - ✓ Son buenas, o no son tan malas, a pesar de ser sódicos, porque la alta concentración de la solución mantiene comprimida la solución de interfase que rodea a las partículas coloidales , lo que favorece la floculación o agregación de las mismas.

Clasificación “tradicional”– SUELOS SALINOS-SODICOS

Un ejemplo...

Table 7 TYPICAL SALINE SOIL REPRESENTING ABU-HALANA SERIES, IRAQ (Sehgal 1980)

Depth cm	Mechanical Composition %				pHs	ECe dS/m	Composition of the Saturation Extract me/l					SAR
	Organic Matter %	Clay <2 m	Silt (2-50 m)	Sand (50 m - 2 mm)			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
0 - 17	1.1	49	49	2	7.0	49	320	164	178	618	26	24
17 - 57	0.7	53	46	1	7.2	49	378	160	178	648	36	29
57 - 85	0.6	48	52	1	7.4	45	366	90	166	540	68	41
85 - 108	0.5	51	48	1	7.5	39	355	70	126	468	62	35

SAR (sodium adsorption ratio)= RAS)

- Este es un suelo salino sódico en el que predominan los cloruros de Na
- Además de salino es sódico, pero no es alcalino, su pH es neutro

Clasificación “tradicional”
Suelos sódicos

Clasificación “tradicional”– SUELOS SÓDICOS

De acuerdo a esta clasificación, en la categoría de suelo sódico sólo caben los suelos sódicos de pH superior a 8,2-8,5 que, además, no sean salinos.

¿Por qué tienen pH superior a 8,2-8,5 ? Porque:

- En el extracto de saturación la suma de carbonatos más bicarbonatos es mayor que 1,5 meq/l.
- La CLAVE DE LA ALCALINIDAD (RADICA EN LA COMPOSICIÓN ANIÓNICA DE LA SOLUCIÓN, que en este caso viene también determinada por la composición catiónica; porqué?
 - ✓ Por la distinta solubilidad de los carbonatos de Ca y Na
 - El una solución saturada de carbonato de Ca el pH es inferior a 8,2-8,5 porque su solubilidad relativamente baja limita la liberación de iones bicarbonato y carbonato
 - Una solución de carbonato de sodio, aún con una concentración por debajo del umbral de salinidad, tiene pH más alto porque es una sal muy soluble y libera a la solución los iones bicarbonato y carbonato suficientes para que el pH sea mayor que 8,2-8,5

- ¿Qué características adversas tienen los suelos sódicos alcalinos?

Propiedades físicas

- ✓ Dispersión de partículas → mala estructuración → propiedades hidráulicas y condiciones para ser laboreados desfavorables.
 - El elevado porcentaje de sodio intercambiable, combinado con baja concentración de sales en la solución del suelo expande la solución de interfase que rodea las partículas coloidales impidiéndoles unirse entre sí por fuerzas de van der Waals
 - El pH alto hace que prácticamente todos los sitios de la superficie de los coloides capaces de desarrollar cargas eléctricas variables por asociación o disociación de protones estén con carga negativa, lo que impide cualquier unión de partículas por floculación mutua.

- ¿Qué características adversas tienen los suelos sódicos de pH superior a 8,2?

Propiedades químicas

- ✓ toxicidad por el exceso de:
 - Na
 - Boro
 - Molibdeno
 - Fluor
- ✓ deficiencias de nutrientes
 - Ca y Mg
 - N
 - Fe y Mn
 - Zn y Cu

Clasificación “tradicional”– SUELOS SODICOS

Un ejemplo...

SIMOCA –TUCUMÁN

Muestra	Profundidad (cm)	Textura (estimada)	pH	Conductividad d (ds/m)	CaCO ₃ (%)	Cationes intercambiables (cm _c /kg)					Na _{int} (%)
						CICp (pH8,2)	Ca	Mg	K	Na	
L1	0-30	Fr. arenosa	9,9	2,1	0,8	9,9	n.d.	n.d.	2,6	3,9	39,39
	30-60		10,1	2,4	1,2	8,1	n.d.	n.d.	2,4	3,9	48,15
	60-90		10,3	2,7	0,9	6,9	n.d.	n.d.	1,7	5,6	81,16
L2	0-30	Franca	10,1	2,2	2,2	12,3	n.d.	n.d.	3,2	8,2	66,67
	30-60		10,2	2,4	1,8	10,8	n.d.	n.d.	2,3	7,3	67,59
	60-90		10,1	2,4	1,4	8,7	n.d.	n.d.	2,8	4,4	50,57

n.d. = no determinado; porque cuando hay CaCO₃ el acetato de amonio de pH 7 lo disuelve y se obtienen valores erróneos por exceso.

- Este es un suelo en el que todos los horizontes son sódicos y alcalinos pero no salinos

**Utilidad y limitaciones de la
Clasificación “tradicional”
de suelos salinos y sódicos**

Utilidad y/o ventajas:

1. El mayor mérito de esta clasificación no radica en la clasificación, sino en las metodologías de análisis de laboratorio y normas de manejo que utiliza que son las del Laboratorio de Salinidad de EE UU (Riverside)
 - Estas metodologías y normas se basan en estudios muy serios
 - Estas metodologías y normas son válidas para ser aplicadas a suelos que se ajusten a las características definidas en esta clasificación y, en ciertos casos, lo son para suelos que se apartan de esta clasificación
 - Sólo se basa en características químicas de los suelos. Esto es muy importante cuando se recuperan suelos afectados por estos problemas. Hay otras clasificaciones (por ejemplo la de FAO) que, además, usan criterios morfológicos para establecer las categorías lo que las hace inapropiadas para la identificación, recuperación y manejo agronómico de estos suelos.

Veamos las limitaciones

- La más importante es que el “universo “de suelos salinos y sódicos del mundo incluye muchos más suelos que los que incluye esta clasificación .

Sin haber tenido en cuenta lo anterior es inconvenientemente categórica al establecer las clases:

- ✓ Suelo salino: tiene conductividad eléctrica >4 dS/m; $PSI < 15\%$ y $pH > 8,2 - 8,5$. **En palabras, para esta clasificación son suelos salinos sólo los que están afectados por sales neutras.**
- ✓ Suelo salino-sódico: tiene conductividad eléctrica >4 dS/m; $PSI > 15\%$ y $pH < 8,2 - 8,5$. **En palabras , para esta clasificación sólo son suelos salino- sódicos los que están afectados por sodicidad y por sales neutras.**
- ✓ Suelo sódico : el que tiene conductividad eléctrica <4 dS/m; $PSI > 15\%$ y $pH > 8,2 - 8,5$. **En palabras , para esta clasificación sólo son suelos sódicos los que están afectados por sodicidad acompañada de alcalinidad, pero no por exceso de sales.**

- Como ya dijimos el “universo “de suelos afectados por exceso de sales y/o sodio intercambiable incluye muchos más suelos que los que incluye esta clasificación
- El “universo” de suelos afectados por estos problemas Incluye suelos con diversas combinaciones de :
 - ✓ Exceso de sodio intercambiable
 - ✓ Exceso de sales de distinta naturaleza
 - ✓ pH que abarca desde extremadamente ácido a extremadamente alcalino
- Veamos ejemplos...

Clasificación “tradicional” – Utilidad y limitaciones

¿ en qué categoría o tipo ubicamos los horizontes de este suelo?

Table 20a CHARACTERISTICS OF A SODIC SOIL, KARNAL, INDIA (Bhargava - Personal communication)

Depth cm	pH ₂ ^{1/}	dS/m	clay (<2m) %	CEC me/100g	Saturation extract composition							
					Na ⁺	(Ca+Mg) ⁺⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	ESP
					me/l							
0-5	10.3	8.2	22	10.2	85	0.4	0.2	30	37	13	6	97
5-24	10.3	8.0	29	12.8	84	0.4	0.1	27	41	15	6	94
24-56	9.8	1.9	33	14.8	18	0.6	0.1	2.5	9	6	3	90
56-85	9.8	1.4	31	14.6	14	0.5	0.1	2.2	8	3	2	85
85-118	9.6	1.0	27	11.2	10	0.8	0.1	2.2	5	3	1	68
118-140	9.2	0.9	23	9.8	9	1.0	0.1	1.5	5	3	1	39

Del 3º al 6º horizonte se ajustan a la definición de suelo sódico de esta clasificación; Naint (ESP) > 15%, pH > 8,2 y conductividad <4 dS/m. Pero los dos primeros tienen sodicidad y pH > 8,2, pero también salinidad, por lo que no caben en ninguna de las categorías de esta clasificación. Fíjese que en todos los horizontes la concentración de HCO₃⁻ es coherente con el pH

Clasificación “tradicional” – Utilidad y limitaciones

¿ en qué categoría o tipo ubicamos los horizontes de este suelo de Tucumán?

SIMOCA -TUCUMÁN											
Muestra	Profundidad (cm)	Textura (estimada)	pH	Conductividad (dS/m)	CaCO ₃ (%)	Cationes intercambiables (cmol _c /kg)					Na _{int} (%)
						CICp (pH8,2)	Ca	Mg	K	Na	
L3	0-30	Fr. arenosa	10,1	10,9	2,1	11,1	n.d.	n.d.	1,8	3,7	33,33
	30-60		10,1	8,8	2,2	10,2	n.d.	n.d.	1,4	4,1	40,20
	60-90		10,2	8,6	1,8	9,0	n.d.	n.d.	1,3	3,9	43,33
L4	0-30	Fr. arenosa	9,4	14,1	0,9	10,2	n.d.	n.d.	2,6	5,6	54,90
	30-60		9,7	10,1	1,6	9,3	n.d.	n.d.	2,6	5,9	63,44
	60-90		9,8	8,9	1,8	8,7	n.d.	n.d.	2,1	8,5	97,70

n.d. = no determinado; porque cuando hay CaCO₃ el acetato de amonio de pH 7 lo disuelve y se obtienen valores erróneos por exceso.

Todos los horizontes tienen sodicidad y pH > 8,2, pero también salinidad, por lo que no caben en ninguna de las categorías de esta clasificación.

Clasificación “tradicional” – Utilidad y limitaciones

¿ en qué categoría o tipo ubicamos los horizontes de este suelo de Tucumán?

SERIE: UNQUILLAL II – Choromoro, Trancas

Profundidad (cm)	Horizonte	Granulometría(%)			pH	C (%)	CE (mmhos/cm)	CaCO ₃ (%)	Cationes intercambiables (cmol _e /kg)					Na _{int} (%)
		Arena	Limo	Arcilla					ClCp (pH8,2)	Ca	Mg	K	Na	
0-8	C	2,37	87,74	9,89	11,1	0,39	70	3,44	24,74	n.d.	n.d.	2,68	-	-
8-18	A ₁₁	5,29	75,05	19,66	11,2	0,53	38	3,16	25,61	n.d.	n.d.	2,45	21,86	85,4
18-31	A ₁₂	8,25	72,87	18,88	11	0,39	46	2,4	17,79	n.d.	n.d.	1,95	13,62	77,7
31-48	BA	13,21	67,02	19,77	11,1	0,11	34	2,92	15,41	n.d.	n.d.	1,68	14,04	91,1
48-66	Bt ₁	14,86	69,21	15,93	11,1	0,05	17,5	1,6	12,37	n.d.	n.d.	1,41	14,04	-
66-88	Bt ₂	2,26	60,42	37,32	10,1	0,18	4,25	1,72	22,13	n.d.	n.d.	2,15	17,61	79,6
88-102	C ₁	0,92	84,84	14,24	9,8	0,05	1,2	2,4	11,07			0,65	3,45	31,2
102- 124	2C ₂	0,78	88,9	10,32	9,6	0,14	0,6	1,37	5,64			0,25	1,04	18,4

Todos los horizontes tienen sodicidad y pH > 8,2, pero también salinidad, por lo que no caben en ninguna de las categorías de esta clasificación.

Clasificación “tradicional” – Utilidad y limitaciones

¿ en qué categoría o tipo ubicamos los horizontes de este suelo de la India?

Depth cm	Mechanical Composition %				pH _s [*]	CEC me/ 100 g	ECe dS/m	Composition of the Saturation Extract me/l					SAR
	Organic Matter %	Clay <2 μ	Silt (2-50 μ)	Sand (50 μ - 2 mm)				Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 ⁴	14
(b) Acid saline soil, Calicut, Kerala, India (Bhargava, personal communication)													
0- 9	4.8	50	21	29	4.4	19	44	320	30	93	354	102	41
9- 20	3.6	40	31	29	4.8	20	13	100	8	30	106	36	23
20- 36	2.4	47	33	20	4.8	15	12	82	10	25	86	53	17
36- 70	2.6	65	24	11	4.5	26	8	76	6	20	58	65	21

Todos los horizontes son salinos y, de acuerdo al SAR (RAS), son sódicos pero son ácidos . Sería interesante conocer que concentración de Al y Fe (que podrían generar la acidez) tienen en el extracto de saturación ; fíjese que en todos los casos la suma de Ca, Mg y Na es menor que la de Cl y SO₄²⁻

Clasificación “tradicional” – Utilidad y limitaciones

¿ en qué categoría ubicamos los horizontes de este suelo de Corrientes- Argentina?

COSTA IBERA																	
		GRANULOMETRIA					CATIONES DE CAMBIO										
		Arena															
HZTE.	PROF.	M.O.	Arcilla	Limo	Fina	Gruesa	pH	Ca	Mg	K	Na	H	Al	T	S/T	PSAI	
cm.	%					meq/100g										PSI (%)	
Ap	0/17	0,38	2,2	11,6	84,0	2,2	4,4	0,4	0,1	0,06	0,4	0,4	0,38	2,0	48	29,0	20
A	17/40	0,28	3,8	12,3	81,1	2,8	4,6	0,4	0,1	0,03	0,4	0,5	0,48	1,5	62	27,0	26,67
AC1	40/58	Tz.	2,2	12,5	83,1	2,2	4,6	0,2	0,2	0,01	0,4	0,0	0,25	0,9	90	49,0	44,44
AC2	58/70	Tz.	1,8	12,4	83,4	2,4	5,0	0,2	0,2	0,01	0,4	0,0	0,17	0,8	100	49,0	50,00
2Btb	70/+	0,26	26,9	12,0	59,4	1,6	5,1	3,5	1,6	0,06	0,4	0,7	0,68	6,3	88	6,0	6,35

Hasta la discontinuidad litológica los horizontes:

- Son sódicos por el PSI (% de sodio intercambiable)
- Son fuertemente ácidos por su pH
 - ✓ que se explican por los altos PSAI (% de Aluminio intercambiable) . No olvidemos que la composición del complejo de cambio está en equilibrio con la composición de la solución, por lo que en la solución debe haber iones Al que al disociarse generan H⁺ suficientes para que los pH sean tan ácidos.
- No caben en ninguna de las categorías de esta clasificación.

Conclusiones

- Esta clasificación no es un dogma aunque se toma como tal
- Para clasificar un suelo afectado por estos problemas lo aconsejable es averiguar :
 - ✓ Si tiene conductividad eléctrica (CE) >4 dS/m. Si es así es un suelo salino
 - ✓ Si tiene más de 15% de Naint (PSI). Si es así es un suelo sódico
 - ✓ Su pH

La clasificación resultará de ir agregando adjetivos a la palabra suelo según cuales sean sus características. Por ej:

- CE 8dS/m, PSI 28 % y pH 9. Suelo salino sódico fuertemente alcalino
- CE 27dS/m; PSI 17% y pH 7,6. Suelo salino sódico de pH neutro
- CE 2,1 dS/m; PSI 39% y pH 9,9. Suelo sódico fuertemente alcalino
- CE 44 dS/m; RAS 41 y pH 4,4. Suelo salino sódico fuertemente ácido.

Conclusiones

- ¡NO USE ESTA CLASIFICACION!
- Tome como ejercicio calificar (o clasificar si lo prefiere) correctamente los horizontes de los suelos de los ejemplos precedentes que no se ajustan a los criterios de la clasificación tradicional.
- De todo lo anterior se desprende que cuando nos enfrentamos a estos problemas no calificamos el suelo en conjunto, sino horizonte por horizonte. El uso de enmiendas y prácticas de recuperación adecuados pueden diferir según la secuencia de problemas que presente el suelo en el perfil. Por ejm una recomendación usada en Australia:

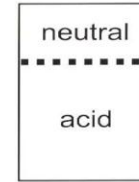
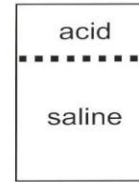
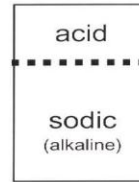
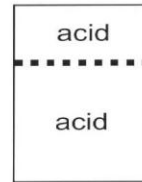
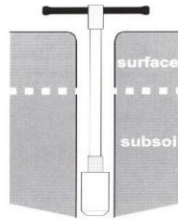
Conclusiones...

Por ejemplo una guía recomendada en Australia:

Controlling the problem

Examples of commonly found soil profiles and what to do

Is your soil....



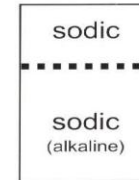
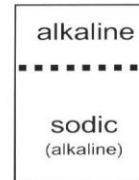
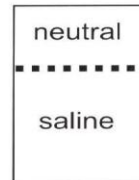
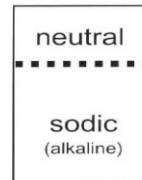
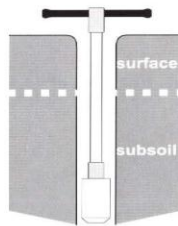
You need to....

- add lime

- add lime first
- then add gypsum

- add lime
- lower water table

- add lime



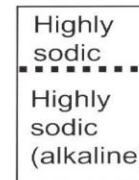
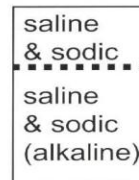
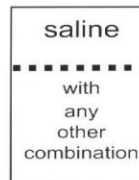
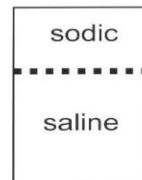
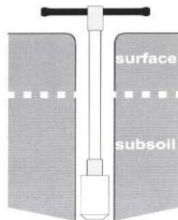
You need to....

- add gypsum

- lower water table

- grow acidifying legumes
- add gypsum

- add gypsum



You need to....

- add gypsum
- lower water table

- control salinity before adding gypsum or lime

- control salinity
- try test areas of gypsum

- add gypsum