

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE SALINIDADE EM ÁREAS
IRRIGADAS^{1/}

Gilberto Gomes Cordeira^{2/}

Considerações gerais sobre

FL - 02553



32055-1

1/ Trabalho apresentado no Treinamento de Técnicos do Programa de Pesquisa do Projeto Sertanejo.

2/ Engº Agrº, M.S., Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA, Petrolina-PE.

ÍNDICE

	Pag.
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - ORIGEM DOS PROBLEMAS DE SAIS EM ÁREAS IRRIGADAS	2
3 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	4
4 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	6
4.1. Levantamento e formação de um plano de salinidade aparente	6
4.2. Levantamento e formação de um plano de salinidade analisada	6
4.2.1. Amostragem do solo	7
4.2.2. Profundidade de amostragem	7
4.2.3. Principais determinações químicas e físicas que se devem realizar	7
4.2.4. Elaboração do plano de salinidade	8
4.2.5. Utilização de cores na elaboração dos planos de salinidade	8
5. EFEITO DE ALTOS CONTEÚDOS DE SAIS NO SOLO E NA PLANTA ...	10
5.1. No solo	10
5.2. Na planta	10
6 - PREVENÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS NOS SOLOS IRRIGADOS	11
7 - CLASSIFICAÇÃO DOS CULTIVOS SEGUNDO SUA TOLERÂNCIA AOS SAIS E A PRESENÇA DE IONS TÓXICOS	13
8 - RECOMENDAÇÕES	14
8.1. Práticas de manejo	14
8.2. Recuperação de solos salinos e sódicos	15
9 - BIBLIOGRAFIA	18
10 - APÊNDICE	19

1. INTRODUÇÃO

Em 1970, a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem, com sede na Índia, estimou a área total irrigada no mundo, em 203 milhões de hectares, dos quais 50,7 milhões (25% do total) apresentam problemas de salinidade. Se considerarmos que existem áreas não irrigadas também salinizadas, e portanto não utilizadas plenamente em seu potencial agrícola, é fácil compreender a fundamental importância da solução desse problema para o aumento da produção mundial de alimentos.

No Brasil, o Programa de Irrigação, de responsabilidade do Ministério do Interior, conta atualmente com 63 projetos sendo três no Sul do país e 60 no Nordeste. Os projetos localizados nesta última região se distribuem entre o Departamento Nacional de Obras Contrás as Secas (DNOCS) que conta com 40 projetos e a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF) com 20 projetos.

O problema da salinização dos solos no Nordeste se apresenta de forma grave. Em janeiro de 1977, o Departamento de Agricultura e Abastecimento (DAA) da SUDENE apresentou relatório sobre a salinização e os problemas de drenagem em áreas irrigadas da região Nordeste concluindo que, cerca de 25% do total implantado está salinizado, percentagem esta considerada bastante otimista considerando que dados mais recentes de Cordeiro e Millar (1977), estudando o Projeto de Irrigação de São Gonçalo observou que 24% da área em operação apresenta problemas de sais, não considerando as áreas do projeto já abandonadas e as destinadas a pecuária e que apresentam altos teores de sais.

Com base no acima exposto, se pode avaliar a dimensão e as implicações que apresenta o problema dos solos afetados por sais para o futuro do programa de irrigação do Nordeste, caso não se adote sérias medidas de prevenção e combate aos problemas de salinidade, visando encontrar a solução mais adequada para o problema.

Existem pelo menos, quatro alternativas que são, geralmente, recomendadas para que se possa utilizar os solos salinos:

- 1 - Recuperação dos solos salinizados;
- 2 - Melhor manejo do solo e da água nas áreas salinizadas ou em vias de salinização;
- 3 - Escolha de espécies de plantas melhor adaptadas a solos salinos e/ou melhor manejo das plantas cultivadas nestes solos
- 4 - Melhoramento de plantas visando resistência ou tolerância à salinidade

A adoção de uma das alternativas acima dependerá do grau de salinização do solo, das disponibilidades financeiras e finalmente, de conhecimento técnico-científico.

2. ORIGEM DOS PROBLEMAS DE SAIS EM ÁREAS IRRIGADAS

A maior parte dos solos salinos e alcalinos ocorre principalmente em regiões áridas e semi-áridas onde os processos de salinização são frequentemente acelerados por irrigação pouco eficiente e insuficiente drenagem.

Os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas, dos cátions sódio, cálcio e magnésio e dos anions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, se encontram os anions bicarbonato, carbonato e nitrato. As fontes originais, das quais provem estes sais, são os minerais primários que se encontram no solo e nas rochas expostas da crosta terrestre.

Israelsen e Hansen (1975) afirmam que durante o processo de intemperização química, que implica em hidrólise, hidratação, redução, oxidação e carbonatação os constituintes são liberados gradualmente e se tornam mais solúveis. Os ions bicarbonatos

se formam como consequência da solução de CO_2 em água. O CO_2 é um ativo agente intemperizante que libera quantidades apreciáveis de cations em forma de bicarbonatos. Os ions estão relacionados entre si e a quantidade que há de cada um é uma função do pH da solução. Maiores quantidades de ions carbonato só podem se apresentar para valores de pH de 9,5 ou mais alto.

Kovda (1964) afirma que as áreas irrigadas situadas em regiões desérticas e semi-desérticas em lugares de pouca drenagem natural, terras baixas de zonas lacustres e costeiras, cedo ou tarde experimentam um aumento de águas freáticas e seus solos ficam expostos a salinidade.

Em solos irrigados as causas diretas que influenciam o aparecimento de problemas de salinidade podem resumir-se assim:

- irrigações com volumes excessivos de água que elevam o nível de água freática, permitindo a concentração superficial de sais por evaporação.
- filtração de canais de distribuição que provocam a elevação do nível freático em terrenos adjacentes.
- uso de água de irrigação com alta concentração salina.
- quando se permite a acumulação de água de irrigação em partes baixas pouco permeáveis do terreno, resultando em formação de depósitos de sal nestas áreas.
- flutuação do lençol freático devido a drenagem interna deficiente.

Entretanto, devemos salientar que mesmo nas regiões áridas, o problema de salinidade comumente não existe em condições naturais. O problema surge e naturalmente é de maior importância econômica e social quando, em consequência da irrigação, um solo não salino se torna salino. Isto se deve em grande parte ao volume e ao teor de sais da água, usada na irrigação e a falta ou deficiência de drenagem do solo.

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A salinização é o resultado da interação de causas naturais relacionadas com o solo, a água, o clima, assim como, a manejos inadequados.

Os solos dos perímetros irrigados do Nordeste são em sua quase totalidade, do tipo aluvional, caracterizados por extremas variabilidades horizontal e vertical. Em geral, são de textura média a pesada, profundos, de boa fertilidade, porém pobremente drenados. Além disso, muitos destes solos apresentavam, originalmente, altos teores de sais, condição que foi agravada com o advento da irrigação. Caso não sejam adotadas medidas preventivas eficientes, o percentual, presentemente estimado, de solos salinizados será, por certo, rapidamente aumentado. A baixa permeabilidade da maioria dos solos torna difícil a recuperação destas áreas, pois não permite que os lixiviados atinjam os drenos (Pizarro & Damasceno, 1976).

Além do problema relativo ao excesso de sais solúveis, algumas áreas apresentam teores de sódio trocável bastante elevados (superiores a 15%), acarretando degradação da estrutura dos solos e redução drástica da sua permeabilidade.

A água atualmente utilizada nos perímetros irrigados do Nordeste é proveniente, em sua quase totalidade de reservatórios superficiais e armazenada durante a estação chuvosa. É considerada de boa qualidade e não deveria apresentar maiores problemas para a irrigação sob condição adequada de manejo. Todavia, em decorrência do inadequado balanço de sais, comumente verificado, observou-se uma gradativa salinização do perfil irrigado e progressivo aumento das áreas problemas. Richards (1962) define os solos em salinos; salinos-sódicos e sódicos, de acordo às características de condutividade elétrica, pH e percentagem de sódio trocável.

- Solos salinos: solos cuja condutividade do extrato de saturação é maior do que 4 millimhos/cm a 25°C, e a percentagem de sódio trocável é menor do que 15. Geralmente o pH é menor de 8,5. Estes solos correspondem aos tipos descritos por Hilgard e citados por Richards (1955) como solos "Alcali Branco" e aos "Solonchaks" dos autores russos. Estes solos podem, mediante o estabelecimento de uma boa drenagem, voltar novamente a ser solos normais.
- Solos salinos-sódicos: solos cuja condutividade do extrato de saturação é maior do que 4 millimhos/cm a 25°C, e a percentagem de sódio trocável é maior do que 15. Este tipo de solo se forma como resultado dos processos combinados de salinização e acumulação de sódio.
- Solos sódicos: aqueles cuja percentagem de sódio trocável é maior do que 15 e a condutividade do extrato de saturação é menor do que 4 millimhos/cm a 25°C, o pH geralmente varia entre 8,5 e 10. Estes solos correspondem aos chamados "Alcali Negro" por Hilgard e "Solonetz" pelos russos.

No quadro abaixo apresenta-se uma síntese da classificação anterior.

Solos	C.E. 10^3 (mmhos/cm)	PSI	pH
Normais	< 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos	> 4 millimhos	< 15	< 8,5
Salinos-sódicos	> 4 millimhos	> 15	< 8,5
Sódicos	< 4 millimhos	> 15	> 8,5

4. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

As condições de salinidade da área em estudo se determinam seguindo a seguinte metodologia:

4.1. Levantamento e formação de um plano de salinidade aparente.

Este levantamento se realiza mediante a observação dos sintomas apresentados pelas plantas ou pelo cultivo de um modo geral e pelo aspecto que apresenta os solos em sua superfície. Estes sintomas refletem até certo ponto a gravidade do problema em seus distintos graus de afetação e consequente danos que estão sofrendo os cultivos.

Para auxiliar a realização deste estudo devemos também recorrer ao uso de fotografias aéreas.

Com a informação deste levantamento se costuma separar os solos segundo a afetação salina em 5 classes:

- 1 - Sem afetação aparente - sem problema de salinidade
- 2 - Ligeiramente afetado com menos de 20% da área afetada
- 3 - Solos medianamente afetados - áreas com problemas que cobrem de 20% a 40%.
- 4 - Solos fortemente afetados - áreas com problemas que cobrem de 40% a 60%.
- 5 - Solos muito fortemente afetados - áreas com mais de 60% de afetação salina.

4.2. Levantamento e formação do plano de salinidade analisada.

Para realização deste estudo que se constitui na base

de informação para se proceder a forma de recuperação dos solos, necessitamos realizar o seguinte:

4.2.1. Amostragem do solo

Esta operação é muito importante para o estudo de solos com problemas de sais. A grande variação e heterogeneidade que caracteriza os solos afetados por sais, tem dificultado a padronização de uma metodologia ideal de amostragem.

Atualmente, entretanto, se tem usado uma metodologia de amostragem sistemática, que consiste em colocar pontos de amostragem na intersecção de uma quadrícula cuja equidistância varia com a área e a finalidade do estudo.

4.2.2. Profundidade de amostragem

A amostragem deverá ser feita pelo menos até 90 cm de profundidade nas seguintes espessuras:

- 0 - 30 cm
- 30 - 60 cm
- 60 - 90 cm

devendo-se tomar pelo menos 2 kg de solo, colocar em sacos plásticos e etiquetar para posterior identificação em laboratório.

4.2.3. Principais determinações químicas e físicas que se devem realizar.

a - Químicas

- Reação do solo (pH)
- Condutividade elétrica do estrato de saturação (CE)

- Câtions trocáveis (Ca, Mg, Na e K)
- Porcentagem de sódio trocável
- Câtions e ânions solúveis

b - Físicas

- Textura
- Infiltração
- Densidade aparente e real
- Porosidade
- Constantes de umidade
- Condutividade hidráulica

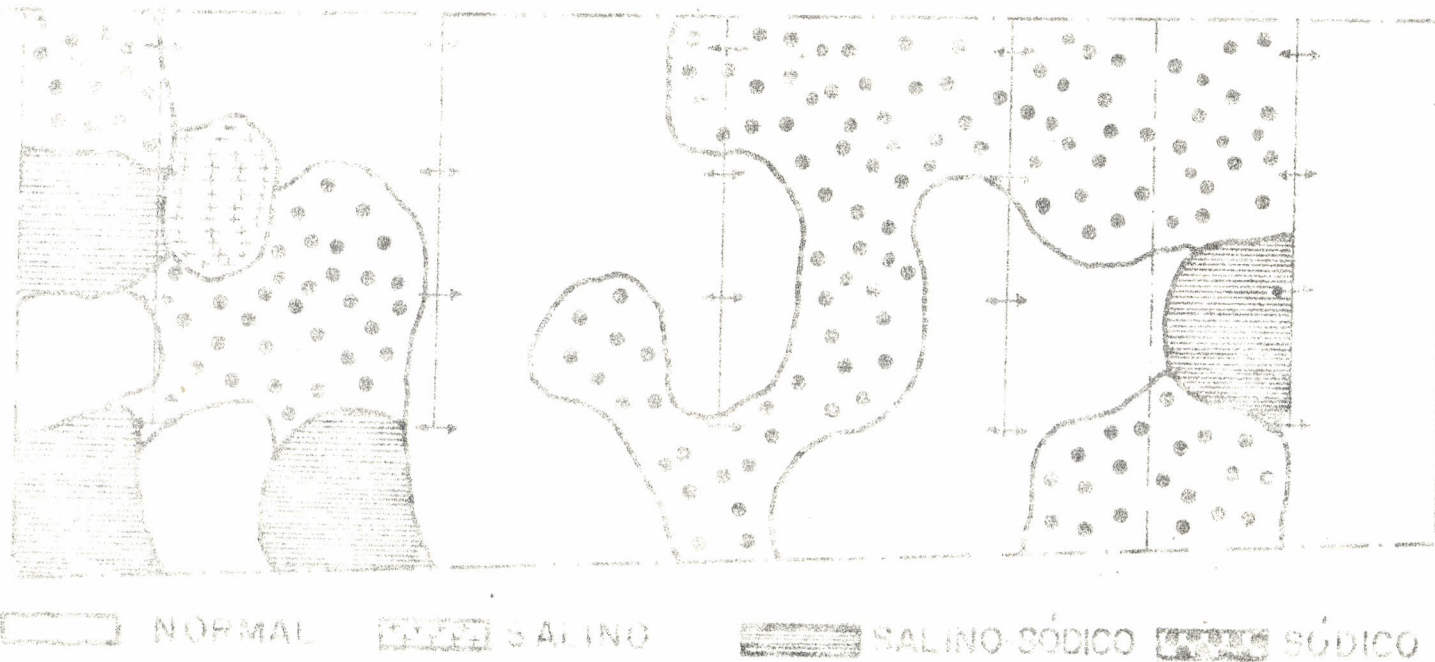
4.2.4. Elaboração do plano de salinidade

Os planos de salinidade tem a vantagem de mostrar graficamente a distribuição de áreas segundo os diferentes graus de afetação.

Com base nos dados químicos para as três profundidades, troca-se mapas de isolinhas químicas para definir as áreas com diferentes graus de problemas, segundo classificação de Richards (1955), seguindo metodologia de Peña (1968-1969). Como exemplo inclui-se o mapa 1 que mostra os problemas de sais do setor 37 do projeto de irrigação de São Gonçalo.

4.2.5. Utilização de cores na elaboração dos planos de salinidade

É de grande utilidade o emprego de cores para identificação dos diferentes tipos de problemas, tanto para o plano de salinidade aparente como para o plano de salinidade analisada.



Mapa 1. Problemas de sais no Setor 37 do Projeto de Irrigação de São Gonçalo (extraído de Cordeiro e Millar, 1978).

5. EFEITO DE ALTOS CONTEÚDOS DE SAIS NO SOLO E NA PLANTA

5.1. No solo - Produzem variações no estado físico e químico do solo da seguinte forma:

- a) Modificam o estado de agregação das partículas dando origem a mudanças na estrutura.
- b) Na presença do sódio, os solos se desfloculam reduzindo a aeração, a infiltração e a condutividade hidráulica a limites desfavoráveis para as plantas.
- c) Produzem variações desfavoráveis no pH do solo, o que reduz a solubilidade dos nutrientes ou consequente baixa na disponibilidade para as plantas.

5.2. Na planta

Quando as plantas se desenvolvem sob condições de salinidade um dos sintomas mais característicos é a inibição do crescimento produzido pelos sais, o qual se manifesta por uma marcada desuniformidade, apresentando manchas desnudas, plantas definhadas e uma grande variação no crescimento geral o que resulta em uma baixa produção por unidade de área.

Para explicar os diferentes aspectos, se tem proposto diferentes teorias das quais as que mais se destacam são as seguintes:

- a - Teoria da disponibilidade de água
- b - Teoria da inibição osmótica ou ajuste osmótico
- c - Teoria da toxicidade específica

a - Disponibilidade de água - De acordo com esta teoria os sais do solo diminuem a energia livre de água (tem mais solução) o que por sua vez reduz a disponibilidade de água para as plantas, afetando o crescimento. Os sais aumentam a pressão osmótica da solução do solo fazendo com que a disponibilidade de água para as plantas diminua, fazendo com que estas sofram por deficiência de água, o que afeta seu crescimento.

b - Inibição osmótica ou ajuste osmótico - Esta teoria estabelece que o crescimento das plantas sob condições de salinidade se vê seriamente afetado devido a que a planta precisa realizar um ajuste osmótico para manter gradiente favorável em suas células para que lhe permita extrair água do solo. Ao fazer este ajuste, a planta gasta energia, a qual em condições normais usariam no crescimento, por esta razão, em condições salinas as plantas não crescem. O ajuste osmótico consiste em aumentar a concentração do suco celular a um grau tal que seja maior que a concentração da solução do solo.

c - Toxicidade específica - Esta teoria considera que os efeitos tóxicos dos sais sobre as plantas, se realiza via metabolismo, por trocas causadas na atividade metabólica que produzem a acumulação de substâncias intermediárias, que não se encontram em plantas que crescem em condições normais.

6. PREVENÇÃO DOS PROBLEMAS DE SAIS EM TERRENOS IRRIGADOS

Segundo Palácios (1969) e Armendariz (1975) as medidas de prevenção de problemas de sais podem dividir-se em dois grupos:

- Medidas de prevenção a nível de grandes áreas podem do incluir todo perímetro de irrigação.

- Medidas de manejo de solos e água a nível de parcela. Na prevenção dos problemas de sais, tanto a nível de distrito como a nível de parcela, podem ser distinguidas as seguintes etapas:

- a) determinação ou diagnóstico da apresentação provável de problema;
- b) análises das causas e hierarquização das mesmas, por ordem de importância;
- c) aplicação de medidas corretivas segundo a ordem estabelecida.

Para evitar o aparecimento do problema, a gerência ou a administração do perímetro irrigado deve concentrar sua ação no conhecimento detalhado das duas fontes potenciais do problema, que são o solo e a água de irrigação.

Se os solos são livres de sal e a água de irrigação é de boa qualidade, a atuação neste caso deve se concentrar em:

- Obter que o sistema de distribuição funcione com o mínimo de perdas por infiltração, sendo necessário, deve-se impermeabilizar toda a rede, até o ponto de entrega da água aos cultivos;
- Dispor de um sistema de drenagem superficial com capacidade para retirar em pouco tempo o total de água em excesso que estará integrada pelas perdas no sistema de distribuição, escoamento superficial e alimentação de áreas adjacentes mais altas.
- Manter um sistema regular de medidas de água em distintos pontos do sistema de distribuição e no sistema de drenagem. A análise anual destes dados permite conhecer o balanço de água e sua possível acumulação no perfil do solo;

- Manter uma rede de poços de observação do nível freático com medições regulares de sua profundidade, para indicar a situação real.
- Se existem problemas de solos, como infiltração muito baixa, deve-se **tratar** de usar práticas de manejo capazes de amenizar o problema.
- Se existe problema com a qualidade da água de irrigação, como alto conteúdo de sais, as soluções compreendem os seguintes pontos:
 - a) dispor de um sistema de drenagem interno eficiente;
 - b) usar de cada irrigação um volume de água adicional para lavar os sais concentrados em torno do sistema radicular das plantas em irrigações anteriores e se existem ambos problemas, deve-se adotar medidas combinadas de manejo capazes de reduzir seus efeitos.

7. CLASSIFICAÇÃO DOS CULTIVOS SEGUNDO SUA TOLERÂNCIA AOS SAIS E A PRESENÇA DE IONS TÓXICOS.

Geralmente as plantas têm comportamento diferentes diante dos problemas de salinidade e este comportamento depende do tipo de afetação (excesso de sais solúveis, conteúdo de sódio e presença de ions tóxicos) e do grau de afetação. De acordo com este critério se tem feito amplos estudos que permitem classificar os cultivos segundo estes comportamentos.

No apêndice 1, 2 e 3, se mostra a classificação de cultivos de acordo com sua tolerância aos sais e ions tóxicos mais importantes.

8. RECOMENDAÇÕES

Uma vez conhecida a condição de salinidade do solo, deve-se estudar as causas que propiciam esta condição para posterior adoção das seguintes práticas de manejo e recuperação de solos salinos e sódicos.

8.1. Práticas de Manejo

Algumas das práticas de manejo mais comum para solos afetados por sais, são as seguintes:

- Seleção de somente plantas tolerantes
- Aplicação de irrigações frequentes de maneira a manter a pressão osmótica do solo tão baixa quanto possível. Isso não deve no entanto ser excessivo, pois os cultivos também podem sofrer pela excessiva quantidade de água, falta de aeração e perda de nutrientes por lixiviação.
- Tratar de conseguir uma distribuição uniforme de água nivelando adequadamente os campos e usando os métodos de irrigação mais eficientes.
- Quando se usa irrigação por sulcos, semear as sementes longe da zona de maior acumulação de sais que é a parte mais alta do camalhão. Assim sendo deve-se semear dos lados dos sulcos.

Thorne e Peterson (1964) considerando a menor tolerância das plantas ao sal durante o período de germinação, recomendam que se faça a semeadura durante estações úmidas ou irrigar com frequência, até que o cultivo esteja estabelecido. Recomendam, ainda, a seleção de cultivos tolerantes, métodos de irrigação adequados.

8.2. Recuperação de solos salinos e sódicos.

Palácios (1969), definiu duas fases na recuperação de solos:

- a - Recuperação inicial dos solos, principalmente mediante lavagens em ocasiões complementadas com aplicação de melhoradores químicos e construção de drenagem cuja finalidade é expor os solos a condições de cultivos economicamente.
- b - Manutenção de um balanço favorável de sais mediante a adoção de medidas específicas de prevenção de salinidade. O aspecto importante destas medidas é assegurar a saída das águas de lavagens e posterior sobre-irrigação, para fora dos limites de perímetro.

No processo de recuperação do solo podem distinguir-se, por sua vez, as seguintes fases:

- Limitação das áreas afetadas e determinação do tipo e grau de afetação salina (solos salinos, salinos-sódicos ou sódicos e valores específicos da condutividade elétrica, tipo de anions e cátions, etc).
- Determinação das fontes de sal (água freática e água de irrigação) e das condições de drenagem, (profundidade do lençol freático e suas variações com o tempo).
- Estudo da conveniência e possibilidade econômica da recuperação das áreas com diferentes tipos e grau de afetação salina. Do resultado desse estudo, deve-se definir a ordem de recuperação das diferentes áreas afetadas.

- Estudo teórico-prático das necessidades de melhora-
dores e de lâminas de lavagens para finalmente formu-
lar recomendações sobre a metodologia da recuperação
de solos.
- Avaliação dos resultados que se tenha obtidos para
fazer as correções correspondentes e recomendações so-
bre a recuperação dos solos.

No caso da recuperação de solos salinos se requer so-
mente a eliminação de sais solúveis do perfil num grau suficien-
te e a uma adequada profundidade para permitir o desenvolvimen-
to das culturas. A única forma prática de se eliminar os sais so-
lúveis é por lavagem transportando os sais solúveis a horizontes
abaixo da zona radicular pela aplicação de grande quantidade de
água.

Os principais corretivos usados para reabilitação dos
solos sódicos são as seguintes substâncias:

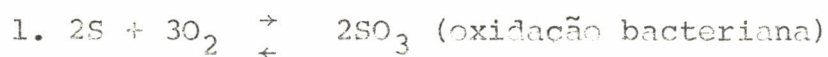
- sais de cálcio (cloreto de cálcio e sulfato de cálcio)
- ácido sulfúrico
- formadores de ácido: enxofre, sulfato de ferro, e
sulfato de alumínio.

Reações químicas do gesso e do enxofre em solos sódicos:



Enxofre - Em primeiro lugar, deve ele ser oxidado pela
ação microbiana, passando a ácido sulfúrico
(reações 1 e 2). Este pode fornecer o hidro-
gênio para substituir o sódio no caso de o
solo não conter carbonatos alcalino-terro

so (reação 3) ou reagirá previamente com estes para se converter em gesso, que por sua vez, fornecerá o cálcio para substituir o sódio do complexo de troca (reação 4 e 5).



- ARITA ARMENDARIZ, C. Problema actual de ensalitramiento en los distrito de riego. In: MEXICO. Secretaria de Recursos Hidraulicos. Salinidad de los Suelos y Calidad del Agua de Riego. Mexico, 1976. p. 7-34 (Memorandum Técnico 351).
- CORDEIRO, G.C. Caracterização dos problemas de sais dos solos irrigados do projeto São Gonçalo. Campina Grande, UFPb. Centro de Ciências e Tecnologia, 1977. 108 p. (Tese M.S.).
- ISRAEISENSEN, O.W. & HANSEN, V.E. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Barcelona, Revesté, 1975. 397 p.
- KOVDA, V.A. El sistema de drenaje en la lucha contra la salinidad de tierras irrigadas. In: ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA URSS. Instituto de suelos v.v. Dukuchaev. La aplicacion del drenaje en la recuperacion de suelos salinos. Mexico, 1964. 244 p.
- PALACIOS, V.O. Apuntos sobre alguns problemas de drenaje y ensalitramiento de terrenos agricolas. Chapingo, Mexico, Escuela Nacional de Agricultura, Colégio de Postgraduados 1969. 244 p.
- PEÑA, I de la. Calidad de las aguas de riego, Obregón, Son., Secretaria de Recursos Hidraulicos, Distrito de Riego del Rio Yaqui, 1972. 33 p. (Boletim Técnico 5).
- PIZARRO, F. Drenaje agricola y recuperación de suelos salinos. Fortaleza, SUDENE/DNOCS, 1976. 466 p.
- RICHARDS, L.A. ed. Diagnóstico e rehabilitación de suelos salinos e sódicos. Washington, USDA, 1954. 172 p. (Manual de Agricultura, 60).
- THORNE, D.W. & PETERSON, H.B. Técnica del riego, Fertilidad y Explotacion de los suelos. 2 ed. México, Companhia Editorial Continental, 1964. 496 p.

10 - APENDICE

TOLERANCIA DE LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD DEL EXTRACTO DE SATURACION DEL SUELO, EXPRESADA EN CE $\times 10^3$, PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE DISMINUCION DE RENDIMIENTO. (extraido de Peña).

CULTIVOS COMUNES	% de disminuci3n del rendimiento		
	10%	25%	50%
cebada	12 mmhos/cm	16 mmhos/cm	18 mmhos/cm
remolacha azucarara	10.0	11.0	16.0
algodonero	10.0	12.0	16.0
centeno	8.0	-.-	10.0
c3rtamo	7.0	11.0	14.0
trigo	7.0	10.0	14.0
sorgo	6.0	9.0	12.0
soya	5.0	7.0	9.0
arroz	5.0	6.0	8.0
ma3z	5.0	6.0	7.0
avena	4.0	8.0	10.0
sesbania	4.0	6.0	9.0
naba	4.0	5.0	7.0
linaza	3.0	5.0	7.0
frijol	1.0	2.0	3.0
CULTIVOS HORTICOLAS			
betabel	8.0	9.5	12.0
bret3n	8.0	9.0	11.0
esp3rragos	6.0	8.0	10.0
espinaca	5.5	7.0	8.0
jitomate	4.0	6.5	8.0

TTO

Anexo N° 1.
(Continuación).

CULTIVOS	% de disminución de rendimientos		
	10%	25%	50%
HORTICOLAS			
Brócoli	4.0 mmhos/cm	6.0 mmhos/cm	8.0 mmhos/cm
Col	2.5	4.0	7.0
coliflor	2.5	4.0	7.0
maíz dulce	2.5	4.0	6.0
lechuga	2.0	3.0	5.0
papa	2.5	4.0	6.0
camote	2.5	3.5	6.0
pimiento	2.0	3.0	5.0
cebolla	2.0	3.5	4.0
zanahoria	1.0	3.0	4.0
chicharo	3.0	3.5	4.0
calabaza	3.0	3.5	4.0
melón	2.5	3.0	3.5
pepino	2.5	3.0	4.0
rábano	2.0	2.5	3.0
apio	2.0	2.5	3.0
ejote	1.0	1.5	3.0
CULTIVOS FORRAJEROS			
pasto bernuda	13.0	16.0	18.0
pasto salado	12.0	16.0	18.0
cebada para forraje	8.0	11.0	13.5
centeno perenne	8.0	10.0	13.0
pasto harding	7.5	10.0	13.0

Anexo Nº 1.
(Continuación).

CULTIVOS	% de disminución de rendimientos.		
	10%	25%	50%
FORRAJEROS			
festuca alta	7.0 mmhos/cm	10.5 mmhos/cm	15.0 mmhos/cm
trifolium (pata de pájaro)	5.5	8.0	10.0
centeno silvestre (sin barba)	4.0	7.0	11.0
alfafa	3.0	5.0	8.0
pasto orchard	2.5	4.0	8.0
trébol alsike	2.0	2.5	4.0
trébol rojo	2.0	2.5	4.0
trébol blanco holandés	2.0	2.5	4.0
pimpinela	2.0	2.5	4.0
trébol ladino	2.0	2.5	3.5
FRUTALES			
palma datilera	8.0		
granada	6.0		
niguera	5.0		
olivo	4.0		
vid	4.0		
naranja	3.0		
toronjo	2.5		
limonero	2.5		
manzana	2.5		
peral	2.5		

Anexo N° 1.
(Continuación).

FRUTALES	% de disminución de rendimiento		
	10%	25%	50%
ciruelo	2.5 mmhos/cm		
ciruelo de damasco	2.5		
duraznero	2.5		
albaricoque	3.5		
almenaro	2.5		
zarzamora	2.0		
frambueso	1.5		
aguacate	2.0		
fresa	1.5		

Anexo N°2.

TOLERANCIA DE CIERTOS CULTIVOS AL PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI) (extraído de Peña).

Variación del PSI que afecta el desarrollo.	P.S.I.	Cultivo	Respuesta en el crecimiento bajo condiciones de campo.
Extremadamente sensible	2-10	Frutales decíduos Nueces Cítricos Aguacate	Síntomas de toxicidad de Sodio a bajo PSI.
Sensibles	10-20	Frijoles	desarrollo limitado a bajo PSI, independientemente de una estructura del suelo favorable.
Modernamente sensibles	20-40	Trébol Avena Festuca alta Arroz Pasto Dallis	Desarrollo limitado debido a factores de la nutrición y estructura desfavorable.
Tolerantes	40-60	Trigo Algodón Alfalfa Cebada Tomate (jitomate) Remolacha	Desarrollo limitado generalmente debido a estructura desfavorable.
Muy tolerantes	60	Agropiro de penacho Agropiro trueno. Agropio alto Pasto Rhodes	Desarrollo limitado, generalmente debido a estructura desfavorable.

Anexo 3

TOLERANCIA RELATIVA A LOS CULTIVOS A LA SALINIDAD DEL EXTRACTO DE S_{11}
TURACION DEL SUELO. (extraido de Peña).

<u>F R U T A L E S</u>		
Muy tolerantes	Medianamente tolerantes	Poco tolerantes
Palma datilera	granáda	peral
	higuera	manzano
	olivo	naranja
	vid	toronja
	melón	ciruelos*
		almendro
		duranzo
		fresa
		limonero
		aguacate
<u>H O R T A L I Z A S</u>		
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$
betabel	jitomate	rábano
pretón e col rosada	brócoli	apio
espárragos	col	ejotes
espinacas	chile dulce	
	coliflor	
	lechuga	
	maíz dulce	
	papas	
	zanahorias	
	cebolla	
	chícharos	
	calabaza	

Anexo Nº 3.
(Continuación).

H O R T A L I Z A S

pepinos

$$CE_e \times 10^3 =$$

$$CE_e \times 10^3 = 4$$

$$CE_e \times 10^3 = 4$$

1 EL número que sigue a la $CE_e \times 10^3$ es el valor de la conductividad eléctrica del extracto de saturación en milimhos por centímetro a 25°C asociado a una disminución en los rendimientos de 50 por ciento.

Anexo N° 3.
(Continuación).

P L A N T A S F O R R A J E R A S

Muy tolerantes	medienamento tolerantes	Poco tolerantes
$CE_c \times 10^3 = 18$	$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$
zacatón alcalino	trébol blanco	trébol blanco
zacate salado	trébol amarillo	holandés
zacate alcalino de coquito	zacate inglés	alopécuro
zacate bermuda	bromo de montaña	trébol alsike
zacate chodes	trébol fresa	trébol rojo
centeno silvestre del Canadá	zacate dallis	trébol ladino
grama de trigo occidental	trébol Hubam	pimpinela
cebada (para heno)	alfalfa (california común)	
trifolium (para de pájaro)	festuca alta	
	centeno (para heno)	
	trigo (para heno)	
	avena (para heno)	
	zacate "Orchard"	
	grama azul	
	festuca	
	reed canary	
	trébol grande	
	bromo suave	
	veza lechosa cicer	
	trébol agrio	
	veza lechosa (hoz.)	
$CE_e \times 10^3 = 12$	$CE_e \times 10^3 = 4$	$CE_e \times 10^3 = 2$

CULTIVOS COMUNES

Muy tolerantes	Medianamente tolerantes	Poco tolerantes
$CE_e \times 10^3 = 16$	$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 4$
Cebada (grano)	Centeno (grano)	Alubias
Remolacha azucarera	Trigo (grano)	
Colza	Avena (grano)	
Algodón	Arroz	
	Sorgo (grano)	
	Maíz	
	Lineza	
	Girasol	
	Higuerilla	
$CE_e \times 10^3 = 10$	$CE_e \times 10^3 = 6$	

(Las especies de arriba están consideradas como más tolerantes y - las de abajo, como más sensibles).

Tolerantes	Semi-tolerantes	Sensibles
Athel (tamarix aphylla)	Girasol (nativo)	Nuez encarcelada
Espárragos	Papa	Nogal negro
Palma (Phoenix canariensis)	Algodón Acaia	Nogal Persa (inglés)
	Algodón Pina	
Palma datilera (P. dactylifera)	Jitomate	Chufa o catufa
	Chícaro dulce	Olmo americano
Remolacha azucarera	Rábano	Ciruelo
Alfalfa	Chícharo	Manzano
Gladiola	Olivo	Peral
Habas	Cebada	Uva (Málaga y Sul tanina)
Cebolla	Trigo	Higo kadota
Nabo	Maíz	
Col	Sorgo	Níspero
Lechuga	Avena	Cereza

(Conti.)

Zanahoria	Zinia	Chabacano
	Calabacitas	Durazno
	Pimiento "Bell"	Zarazmora sin espinas
	Camote	Naranja
	Frijol Lima	Aguacate
		Teronja
		Limonero.
