

**“Visita de experto internacional
en manejo de aguas
y suelos salinos”**

Informe Técnico Final

INIA - CRI-Intihuasi

La Serena, Agosto 1999.

FORMULARIO B-II
INFORME TECNICO FINAL
SUBPROGRAM CONTRATACIÓN CONSULTORES CALIFICADOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA
--

1.1 Título de la propuesta

Visita de experto internacional en manejo de aguas y suelos salinos.

1.2 Especialidad

Químico de Suelos y Aguas

1.3 Nombre consultor

Jim Oster

1.4 Patrocinante

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

1.5 Contraparte nacional

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

1.6 Grupo que presentó la propuesta

Grupo de trabajo en Suelos y Aguas CRI-Intihuasi

Jaime Rodríguez, Administrador Uniagri Copiapó

René Maurelia, Decano Facultad de Ciencias, Universidad de Atacama

2. ASPECTOS TECNICOS

2.1 Itinerario desarrollado por el consultor

Fecha Sábado 10 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Santiago

Actividad Reunión con Angélica Sadzawka, Químico de Suelos de La Platina.

Se intercambia información sobre el uso de ácidos para facilitar la recuperación de suelos salinos sódicos.

Fecha Lunes 12 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) INIA - Intihuasi La Serena

Actividad Revisión del Programa de trabajo de las dos semanas con el Dr. Carlos Quiroz. El Dr. Leoncio Martínez presentó resultados del experimento de lavado realizado en Copiapó. El Dr. Sierra presentó sus impresiones en relación a los resultados preliminares de alomado y defoliación en vides, en experimentos de Copiapó. Se discute y analiza esta información.

Fecha Martes 13 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) INIA - Intihuasi Ovalle

Actividad Visita Técnica al valle del Limarí. Visitando dos predios con problemas de mal drenaje y salinidad superficial. Area de Camarico.

Fecha Miércoles 14 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) INIA - Intihuasi La Serena

Actividad Visita Técnica a Sectores cercanos a la ciudad de La Serena, como Pan de Azúcar, Tambillos, Barrancas. Manejados con aguas de pozo salinas, en cultivos de papa, tomate en invernadero, flores, etc.

Fecha Jueves 15 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Freirina - Intihuasi Vallenar

Actividad Desde las 10 a las 13 : 30 hrs. Reunión técnica con agricultores y técnicos del área olivícola de Huasco. Se analiza el efecto del mal drenaje y la salinidad en la producción de Olivos.

Fecha Viernes 16 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) INIA - Intihuasi La Serena

Actividad Desde las 10 : 00 hasta las 14 : 00 hrs. Seminario dictado por el profesor Oster para agricultores, técnicos y profesionales. Tema manejo del agua para control de la salinidad. Efecto de la salinidad en la nutrición de plantas. Presentación de resultados de Proyecto ejecutado en California, sobre uso de aguas salinas en riego de eucalyptus.

Fecha Lunes 19 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Copiapó - Oficina Técnica INIA

Actividad Visita a experimentos de campo en invernado y al aire libre en la parte baja del valle de Copiapó. Tomate en condiciones de hidroponía con sustrato inerte y habas en suelo con y sin lavado de sales.

Fecha Martes 20 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Copiapó - Oficina Técnica INIA

Actividad Análisis y discusión de resultados experimentales en vides de mesa. Evaluación del efecto del alomado y la defoliación. Al mediodía viaje al interior del valle, hasta el predio El Rodeo, parte alta del valle.

Fecha Miércoles 21 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Copiapó - Oficina Técnica INIA y Oficina del SEREMI de Agricultura.

Actividad Análisis y discusión de resultados experimentales de 9 a 10 : 30 hrs. Posteriormente visita al SEREMI de Agricultura de la Región de Atacama. Visita Técnica al sector medio del valle, junto al SEREMI.

Fecha Jueves 22 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Copiapó, Salón José Joaquín Vallejos
-Intendencia Copiapó

Actividad A las 10 : 00 hrs. Seminario para agricultores, técnicos y profesionales. Se expuso requerimiento de lavado, uso de enmiendas para suelos salinos y/o salino sódicos y su valor potencial para mejorar infiltración y aireación del suelo. En la tarde visita a agricultor en el sector de Chamonate.

Fecha Viernes 23 - Julio

Lugar (Ciudad e Institución) Copiapó, Oficina Técnica INIA

Actividad Análisis final y recomendaciones sobre experimentos en ejecución. El Dr. Oster regresó a Santiago a las 14 : 00 hrs. del día Viernes . El día Sábado en la tarde voló a USA.

2.2 Cumplimiento de los objetivos propuestos.

De acuerdo a los objetivos propuestos, éstos se cumplieron de acuerdo a lo programado. Se visitaron los valles de Copiapó, Huasco, Elqui y Limarí. Además se realizaron charlas y seminarios de acuerdo a lo programado. Charla con agricultores en Freirina y seminarios en La Serena y Copiapó con técnicos, profesionales y agricultores.

Además se analizaron los resultados obtenidos de unidades experimentales de campo, en macetas y en invernadero con vides, frejol, tomates y habas. Por otra parte se visitaron ocho predios de agricultores ubicados en los diferentes valles del norte Chico en los cuales se presentaban signos evidentes de salinización del suelo. Especial mención se debe hacer de las áreas regadas con aguas de pozo en las cercanías de La Serena, donde se manejan cultivos de papa, tomate, flores, etc.

2.3 Descripción detallada de la tecnología capturada, capacidades adquiridas, productos, etc.

Para comprender en su real dimensión el aporte del especialista en salinidad visitante, se debe destacar que en nuestro país no existen especialistas en ésta temática. Sin embargo existen algunos investigadores que han trabajado parcialmente el tema de la salinidad, en algunas universidades y el INIA.

El tema de la salinidad es complejo debido a que produce diferentes efectos, en el suelo y en las plantas. En el suelo se puede producir dispersión de las partículas coloidales por efecto del cation sodio, en ausencia de cantidades importantes de calcio y magnesio. El calcio como es sabido tiende a generar el efecto contrario del sodio, produciendo un efecto de floculación de las partículas del suelo. El parámetro que permite integrar y diagnosticar este problema, es la relación de adsorción de sodio o RAS, que relaciona la actividad del calcio, magnesio y sodio. Los suelos con altos contenidos de sodio presentan un RAS alto normalmente mayor de 15 y se definen como suelos salino - sódicos y/o sódicos. Los suelos sódicos presentan una mayor dispersión que los salinos - sódicos.

También el RAS puede ser un indicador de la alteración nutricional en las plantas por deficiencia de calcio inducida por sodio. Esta situación es un aporte del consultor, dado que existen evidencias experimentales manejadas por el consultor junto a información experimental local que permiten afirmar que este fenómeno se produciría en suelos sódicos de La Serena y Copiapó, especialmente en la parte baja del valle. Otro aspecto importante del problema de la salinidad es el efecto de potencial osmótico, este es quizás el efecto negativo más importante y afecta la adecuada absorción de agua por las raíces de las plantas, lo que afecta el crecimiento de la biomasa vegetal. Generalmente

este fenómeno va asociado con una reducción del calibre de frutos y en general menor rendimiento de las plantas. Las diferentes especies de cultivo presentan diferente tolerancia al efecto salino, destacan especies muy sensibles como palto y limonero, mientras que olivo y espárrago presentan una gran tolerancia.

Otro problema que puede generar la salinidad, es la toxicidad de iones específicos, como cloruro, boro y sodio. En el caso de los dos primeros es frecuente el daño en múltiples especies. En el caso del sodio, este elemento es particularmente tóxico en especies arbóreas leñosas.

También la salinidad puede determinar desbalances nutricionales en las plantas, por efecto de concentraciones excesivas de algunos elementos en el suelo, como sodio, cloro, boro. Este efecto ha sido poco estudiado experimentalmente según opinión de investigadores norteamericanos. Grattan (1999). El exceso de sodio puede afectar una adecuada absorción de Ca, K y Mg. Además una actividad excesiva del sodio también afecta la translocación y partición interna especialmente del calcio, a nivel de los tejidos vasculares. Este efecto normalmente afecta la calidad de los productos cosechados más que la biomasa producida.

Recomendaciones técnicas

- En riego por goteo con aguas salinas en el valle de Copiapó se debe regar frecuentemente con una fracción de lavado y además dar un riego de alto volumen de agua para lavar sales acumuladas en la zona de raíces. Los volúmenes de agua a aplicar dependerán de la textura y profundidad del suelo.
- Suelos de conductividad eléctrica moderadamente alta y alto contenido de sodio, no se dispersan fácilmente. Esta se produce de manera importante en suelos con baja conductividad eléctrica y alto contenido de sodio.
- En suelos salinos sódicos y sódicos ricos en carbonato de calcio, como son algunos suelos del valle de Copiapó, se debe aplicar ácido sulfúrico y lavar el suelo, lo que permite la formación in situ de yeso, el cual favorece la recuperación del suelo, es decir el lavado del sodio.
- En los valles de Elqui y Limarí los problemas de salinidad de suelos se asocian principalmente a :
 - 1) Suelos de mal drenaje.
 - 2) Suelos manejados con agua de pozo salina.
- En suelos salino - sódicos y/o sódicos de La Serena y Copiapó se puede presentar deficiencia de calcio y/o potasio inducida por el exceso de sodio en el suelo.

- En suelos salinos sódicos y/o sódicos sin carbonato de calcio, caso de los suelos de Ovalle, La Serena y Vallenar sería beneficioso el uso de yeso como enmienda, junto a una adecuada práctica de lavado.

2.4 Aplicabilidad en Chile

(Región o zona, campo de aplicación, beneficio esperado, requerimiento para su aplicación).

La información tecnológica recibida puede ser aplicada y de utilidad desde la Región de Tarapacá hasta la Región Metropolitana. Siendo de mayor utilidad, desde la Primera y hasta la Cuarta Región. Sin embargo, en nuestro país las áreas más relevantes respecto del tema de la salinidad de los suelos y su efecto sobre la productividad actual y potencial de la vid de mesa, corresponde al valle de Copiapó, debido a la importante superficie plantada y en producción, alrededor de 6.000 ha, con un ingreso estimado anual de U\$150 millones. Esta información será difundida por el INIA en actividades de días de campo y otras charlas para agricultores en las regiones de Atacama y Coquimbo.

2.5 Evaluación del Consultor por la Contraparte Nacional

El consultor es un profesional calificado con un alto grado de especialización en el tema de la salinidad, y una gran experiencia en diversos países del mundo como, México, Israel, Jordania, Australia, etc. Este tipo de asesoría es muy útil para especialistas agrónomos, como el caso del INIA, que posee a su vez profesionales en preparación en el tema y también con experiencia, en manejo de suelos y aguas pero con un enfoque más agronómico. Esta interrelación entre especialistas es muy enriquecedora.

2.6 Sugerencias

Este tipo de apoyo es de gran utilidad pues permite mantener contacto con especialistas de buen nivel de conocimiento científico y/o tecnológico. Esta línea de apoyo debe mantenerla el FIA.

Nota : Adjuntar todo material escrito o audiovisual entregado o elaborado por el consultor en su estadía en el país, y en general toda documentación escrita o visual que acredite las actividades realizadas.

3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

3.1 Organización antes de la visita del consultor

a. Contacto inicial con Consultor realizado por :

☐ patrocinante
☐ FIA

☒ investigador/profesional **Carlos Sierra Bernal**
☐ otro : _____

b. Apoyo de Institución patrocinante :

☒ bueno ☐ regular ☐ malo

c. Recomendaciones

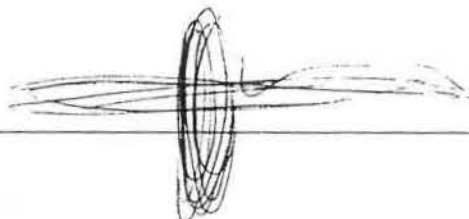
3.2 Organización durante la visita

☒ buena ☐ regular ☐ mala

Recomendaciones

Fecha : 19 - 08 - 1999

Firma del responsable de la ejecución :



Review of Salinity/Water Management projects and Related Farm Problems

J.D. Oster

Trip Report: July 9 to July 25

Chile: Santiago-La Serena-Vallenar-Copiapo-Santiago

Saturday, July 10: Arrived in Santiago about 7 a.m. in the morning from Graeagle Ca where the trip started at about 11 a.m. on Friday, July 9. A taxi was used to travel to hotel Rio Bidosa, in Santiago, and back to the airport on Monday.

Visited with Angelica Sadzawka R. (Soil Chemistry of La Platina) and her family Saturday evening at her home.

Angelica and I exchanged comments about the use of acid to facilitate reclamation. She has a very good understanding of the chemistry of saline/sodic soils.

Monday July 12: Reviewed schedule for the following two weeks with Dr. Quiroz.

Dr. Leoncio Martínez (SP) presented results from a reclamation experiment conducted on very saline soils in the lower Copiapo valley. I suggested summarizing the data by plotting the relative reduction in salinity against the ratio of the depth of water to the depth of soil. Others have used this technique in the past. Consequently we were able to compare Martinez's data to that published by others. His data indicate that the water requirement for leaching/reclamation was unusually large. I believe this is a consequence of the high initial levels of salinity, sodicity and exchangeable magnesium, the presence of gypsum in the soil, and that the water was applied with sprinklers over a period of time that was too short. The changes in salinity levels for this soil will be directly linked to the levels of exchangeable sodium and magnesium, and to the rate of gypsum dissolution. The rate of change will also depend on the average soil water content: the higher the water content, the less efficient the leaching process. Recommendations for the next experiment have been made in a separate report.

Dr. Sierra presented his impression of the initial results from the ridging and defoliation experiments. His comments reflected concerns about the results, which were a good introduction to what I saw in the field tours of the sites in the Copiapo Valley where these experiments are underway.

Dr. Martinez and I spent the remainder of the day analyzing the reclamation data. He made the plot I recommended. I was able to determine that the relationships between E_{Ce} and individual ion concentrations were highly correlated with sulfate, chloride, magnesium, and sodium concentrations. Also that E_{Ce} was related to both the Mg/Ca and SAR ratios with a correlation (R^2) of about 0.9. The relationship between E_{Ce} and these ratios was determined using multiple

linear regression. I expected this type of relationship because of the impacts of these ratios on the solubility of gypsum (Oster, 1982 Gypsum usage in irrigated agriculture. 1982. Fertilizer Research 3:73-89).

Tuesday, July 13: Sierra, Quiroz, and I toured the large irrigated valley to the south of La Serena. We visited two INIA field experiment stations where we saw tree crops (avocado, citrus, cherimoya) and vegetable crops (artichoke, corn, lettuce) irrigate with waters that are nonsaline/nonsodic. There was no evident damage due to soil salinity in the tree and crop canopies. White areas at the fringes of the wet areas around drip emitters were tasteless, indicating the insoluble salt, calcite, was causing the soil at the surface to have a white appearance.

We visited one recently planted vineyard where the lower portion was affected by salinity caused by a salt seep. The planting was located along a side slope, with the upper boundary about 5 - 8 m below an unlined irrigation canal, and the lower boundary was next to a small stream. The water level in the stream was about 60 cm below the soil surface, and about 75 cm below the soil surface beneath the nearest vine row. Large areas of white soils extended upslope from the stream about 10 vine rows; vine growth was reduced. Further up the slope there were patches of very wet soils, with ponded water at some locations. Salts were evident on the soil surface at these locations also, but the vine growth appeared to be OK.

The water contents and salt levels in the soil surface in the lower portion of the field likely have been affected for as long as the canal has been in place, because of slow seepage of water downslope. Irrigation of the area began after the vineyard was planted, which made the problem worse.

The salinity problem very likely could be reduced by installing interceptor drains below the water table along the slide slope above the highest wet areas. Extending laterals downslope through the wet areas would also help and would provide an outlet into the stream for the drainage water. Chemical amendments such as gypsum and sulfuric acid would only be recommended, after the drains are in place, IF infiltration problems develop in the salt affected areas during a leaching/reclamation operation in the saline areas. This operation should occur during the late winter/early spring following installation of the drainage system. Without an artificial drainage system, amendments will help very little, if at all, in controlling or reclaiming the salt affected areas.

We also toured the upper portion of the valley, above where a dam is under construction. This is one of several dams that have been completed recently, or are in the process of construction. The stored water in these dams will assure water availability for a period of several years during the periodic, multiyear droughts that occur in this region.

Nearby were the greenhouse experiments with tomatoes. The drip irrigated treatment using the local farmer amendments, calcium, nitrate, and potassium looked the best and had the most fruit sets. If the soil nitrate levels in the INIA treatments are similar to those of the farmer treatments, then is it calcium or potassium that causes the difference? My hunch is that it is calcium, since the potassium levels in the soil are likely higher than necessary for maximum yields. Is there published experimental evidence that calcium helps fruit set? The common calcium deficiency symptom in tomato is blossom end rot. The fruit that has set was very immature; likely this would reduce the chances of blossom end rot being a problem on the date we visited.

The sand – hydroponic treatments looked the worst, and the 'sandwich' treatment (plastic above and below the root zone with drainage water forced to exit along the sides of the row) was intermediate. I think that the farmer treatment will be the best, and that calcium is a limiting factor because of the high soil salinity and high salinity of the irrigation water.

We ended the field tour by visiting the ridging/defoliation trials underway at Unigri (SP). During the previous year, ridging killed some of the grape plants and severely reduced the growth of the others. The problem was the high salinity levels in the soil between the vine rows, which was used to create the ridges. Timing was also a part of the problem. Rather than forming the ridges after harvesting was finished, followed by leaching during the winter, the ridges were formed in late winter/early spring leaving insufficient time for leaching before the vines began to grow. New ridges will be formed in another area this spring. To reduce salinity problems, the soil that will be used – located between the rows – is being leached by continuous ponding for several weeks.

We also saw drip-irrigated lemons, planted in 1994/5, on high ridges (0.6 – 0.8 m above the soil level between tree rows). The trees are 1.5 to 2.0 m tall; a few had lemons. The growth rate seems to be quite slow and leaf burn was prevalent. Lemons are considered to be sensitive to salinity, usually more sensitive than oranges.

Streaks of white, salty soil are very evident along the ridges. Ridging does greatly increase the visual evidence of high salinity over what one can see on flat plantings. The question is, is the water content/salinity environment of the rootzone improved?

Tuesday, July 20: During most of the morning I worked on data provided by Carlos Sierra. It was obtained in a pot experiment, cropped with beans, where gypsum, sulfuric acid, and amount of applied water after reclamation were the variables. The results for the gypsum treatments indicate that yield decreased with increasing SAR of the soil water with salinity having little effect. This would be consistent with a SAR induced calcium deficiency. Carlos and I discussed

modifying the treatments and repeating the experiment in order to better test the calcium deficiency hypotheses.

In the afternoon we visited defoliation/water management experiments conducted at the Rodeo (sp) vineyards in the upper Copiapo Valley. Defoliation has caused early bud break. We considered the following reasons why this occurred: 1) Bud development was accelerated by higher soil water contents and/or lower soil salinities in the root zone in the defoliated treatments during the winter. 2) A wet soil should not cool as fast as a dry soil going into the winter. If soil temperatures were higher during the early winter because of a higher soil water content, this could accelerate bud development. 3. Defoliation increased the amount of plant metabolites for development of bud tissue during the winter. Soil water content and temperature data were not measured during and after defoliation into the winter in the defoliated treatments and in the control. I recommend this be done next year. Soil water contents should be measured gravimetrically, not by feel.

Before returning to Copiapo, Manuel Gandarilla Jr (SP) gave us a tour of the new plantings on their vineyard. They are planting the hillside, much like the avocado growers have done in San Diego Co. in California. A ditch exposed the roots of 3 – 4 year-old vines in nearby blocks. I measured a rootzone depth and width of 0.8 – 0.9 m based on the exposed roots. The soil texture was rocky, coarse sand.

Wednesday, July 21: I continued to work with the bean data provided by Sierra. He and I also discussed the treatment plan for the follow-on pot experiment. I also began to organize thoughts about the talk to be given the next day.

Later in the morning, Carlos Sierra and I visited with Maximiliano Baeza C., Secretary of the Agricultural Ministry for the Atacama Region. The primary topic discussed was the continued isolation and resistance to change of farmers within some of the irrigated valleys of Region 3 and 4. His primary example of how his office had recently found a way to help change this situation were the olive farmers in the Hausco Valley. A trip was arranged for a group of these farmers to olive growing regions in Argentina. He was pleased that the exposure of the farmers to alternative management practices had sparked an interest in adapting what they saw to their own operations.

The roles of the married, rural women were another topic that was discussed. I was left with the impression that the traditional roles did not go beyond tending to the family needs, and that their husbands did not hold these needs in high regard.

In the afternoon, Maria Soledad joined us during a tour to the farm in the middle of the upper Copiapo valley where a ridging/defoliation trial was underway. Here defoliation did not appear to affect bud break. The ridges were only about 20 – 30 high and 40 cm wide at the top. I recommended somewhat higher ridges

(about 45 cm), but was told that the farmer did not have equipment to make them higher. Also, I recommended that the tops of the ridge have a concave shape and that the drip line be located along center of the ridge, i.e. along the base of the concave-shaped, top of the bed. The reason for this recommendation is that the water should not run down the edge of the bed. The objective of the bed shape is to help confine the infiltration and redistribution of the irrigation water to the rootzone directly beneath the plant row.

Thursday, July 22: I made final notes for the talk, having decided to use a "chalk talk" format for most of the talk. The talk began at about 10 am and was given to an audience of about 40 people. Leonancio provided the translation. The first focus of the talk was on the leaching requirement and how it is related to the salt tolerance of the crop and to the irrigation requirement. Local conditions in terms of crops and irrigation water qualities were used throughout. The second focus was on the use of amendments in terms of their potential value to improve infiltration and aeration, and potentially also calcium nutrition. The talk ended at about 1:30 p.m.

Friday, July 23: I visited with Maria and her assistant. The primary topic was the reclamation trial. Although her English is only fair, and my Spanish is worse, we were able to communicate quite well.

The return trip to the U.S. began in the early afternoon with a flight to Santiago at 14:00 hrs.

1 Seminario

“Riego con aguas salinas en olivos ; en suelos de mal drenaje”.

Fecha : Jueves, 15 de Julio de 1999

Hora : 10 : 00 a 13 : 00 hrs.

Lugar : Casa de la cultura de la I. Municipalidad de Freirina

Dictado por : Sr. Jim Oster, Dr. en salinidad de la Universidad de California.

Asistentes :

Nº	Nombre	Actividad
1	Alejandro Caravantes	Agricultor
2	Liliana Ahumada	Agricultor
3	Juan Paez	Periodista
4	Armando Flores	Agrónomo
5	Oscar Ocaranza G.	Agricultor
6	Fernando Portilla	Agricultor
7	Aris Geraldo N.	Agricultor
8	Andrés Chadwick	Agrónomo
9	Alejandro Araya G.	Agricultor
10	Galindo	Agricultor
11	Joaquín Bruna	Técnico Agrícola
12	Rodrigo Briceño	Técnico Agrícola
13	Jaime Moreno P.	Agricultor
14	Rafael García Silva	Hidrocop Ltda. Copiapó
15	Eduardo Quiroz E.	INDAP
16	Raúl Campillay	Agricultor
17	Jaime Silva	Presidente Crianceros
18	Homero Callejas	Agricultor
19	Santiago Sandoval	S. A. G.
20	Homero Zeballos	Servicio País Freirina
21	Hernan Araya	Olivicultor
22	Narciso Meza	Olivicultor
23	Juan Bruzzzone	Olivicultor
24	Gregorio González	Olivicultor
25	Robinson Moreau	Agricultor Los Llanos
26	Roberto Rojas	Olivicultor
27	Seferino Urriche	Agricultor
28	Victor Cardenas	Olivicultor

2 Seminario

“Salinidad y problemas nutricionales de Calcio y potasio”.

Expositor : Dr. Jim Oster ; Químico de Suelos, Universidad de California, Riverside, USDA.

El seminario se llevo a efecto el día Viernes 16 de Julio, entre las 10 : 00 y 13 : 00 hrs. En el salón Auditorium del Centro Experimental Intihuasi, ubicado en la Colina San Joaquín S/Nº , La Serena. A esta actividad asistieron 46 personas no pertenecientes al INIA además de 11 personas de la Institución, en total 57 personas principalmente Ing. Agrónomos, Técnicos Agrícolas, agricultores y estudiantes universitarios.

3 Seminario

“ Manejo de suelos y aguas para el control de la salinidad en el valle de Copiapó”.

El seminario se llevó a cabo el día 22 de Julio en Copiapó, en el salón auditorium José Joaquín Vallejo, al lado oriente de la Intendencia Regional de Atacama, , entre las 9:00 y 14:00 hrs.

A esta actividad asistieron 62 personas, profesionales, técnicos y agricultores, del valle de Copiapó no incluyendo al personal de INIA y expositores.

LISTADO ASISTENTES

NOMBRE	EMPRESA
1. Gonzalo Benavente M.	CODESAT
2. Guillermo Concha B.	Agricultor
3. Patricio Berrios B.	G.M.T y Cía. Ltda.
4. Paola Salinas M.	Municipalidad Diego de Almagro
5. Andrés Argandoña	CAPEL
6. Mauricio Palma P.	Consultor Indap
7. Alejandro Perez	Agricultor
8. Carlos Díaz	Agricultor
9. Aracelle Cacéres	SAG
10. Patricia Cacéres	SAG
11. Luis Mondaca	Agricultor
12. Pablo Caviedes	Del Monte
13. Claudio Araya	Municipalidad de Copiapó
14. Fernando Escuti M.	Agrícola El Huerto
15. Alex Barrios	Agricultor
16. Octavio Vallejos	Agrícola El Datil
17. Marino Zepeda	Agricultor
18. Cristián Ramírez	Agricultor
19. Waldo Segovia	Agricultor
20. Joseba Zugabi C.	ACONEX
21. Andrés Martínez	ACONEX
22. Juan Díaz C.	Agro San Pedro
23. Rodrigo Bordoli G	Agricultor
24. Jorge Cid V.	Agricultor
25. Jaime Rodríguez V.	UNIAGRI
26. Manuel Gandarillas S.	Agricultor
27. Juan Mena E.	UNIAGRI
28. Daniel Meza M.	UNIAGRI

29. Roberto Segovia P.	Agricultor
30. Herbert Coste E	Agricultor
31. German Fuentes G.	Agricultor
32. Elías Resk N.	Agricultor
33. Víctor Berrios J.	INDAP
34. Marcelino Troncoso V.	Soc. Agrícola Seis Hnos.
35. Nelson Tirado C.	YESAGA
36. Nelson Tirado G.	YESAGA
37. Hugo Suzarte G.	Inv. del Pacífico
38. Juanita Chavez	Agricultor
39. Jorge Herrera H.	DOLE S.A
40. Carlos Reyes F.	Atacama Ltda.
41. Luis Baeza	Agrícola Millahue
42. Rodrigo Arévalo S.	Exp. Río Blanco
43. Luciano Arellano	Tulio Callegari
44. Luis Ricke M.	Provid Ltda.
45. Alberto Sartori	BASF Chile S.A
46. Claudia Fuentes	SAG
47. Caludio Campos O.	U.D.A
48. Lorenzo Caballero	U.D.A
49. Juan Carlos Poblete V.	CAPEL
50. Roberto Galaz B.	Inv. del Pacífico
51. Guillermo Baez D.	DOLE S.A
52. Luis Pesenti	Del Monte
53. Claudio Vera C.	Agrogénesis Ltda.
54. Carlos Araya A.	Agricultor
55. Maximiliano Baeza C.	SEREMI Agricultura
56. Mirta Sepúlveda R.	Consultor INDAP
57. Fernando Estay A.	DELIBAR S.A
58. Roberto Zelaya G.	Exp. Chiquita Ltda.
59. Gonzalo Meza S.	AGRO FRIO 7 Amigos
60. Patricio Rojas	Agrícola Santa Sabina Ltda.
61. Marcelo Espejo S.	DEL CURTO S.A
62. Patricio Ghiglino P.	Agricultor

Resumen de Actividades de los tres Seminarios realizados

Localidad	Fecha	N° Asistentes
Freirina	15 - 7	28
La Serena	16 - 7	57
Copiapó	22 - 7	62
	Total	147



Foto N°1 : Dr. Jim Oster, en Seminario realizado en el CRI-Intihuasi. La Serena.



Foto N°2 : Vista general del auditorio, en Seminario de salinidad realizado en el CRI-Intihuasi. La Serena.



Foto N°3 : Vista panorámica de sector con mal drenaje, en Camarico. Ovalle, Provincia de Limarí.



Foto N°4 : Vista general de parrón pisquero con claras evidencias de manchas salinas sobre la superficie del suelo, localidad Camarico Ovalle, Provincia de Limarí.



Foto N°5 y 6: Detalle del contenido salino superficial, en la entre hilera de parrón pisquero, regado por goteo, localidad Camarico Provincia de Limarí.



Foto N°7 : Salinidad superficial sobre el suelo en plantación de Olivos. Sector San Pedro, parte baja del valle de Copiapó.

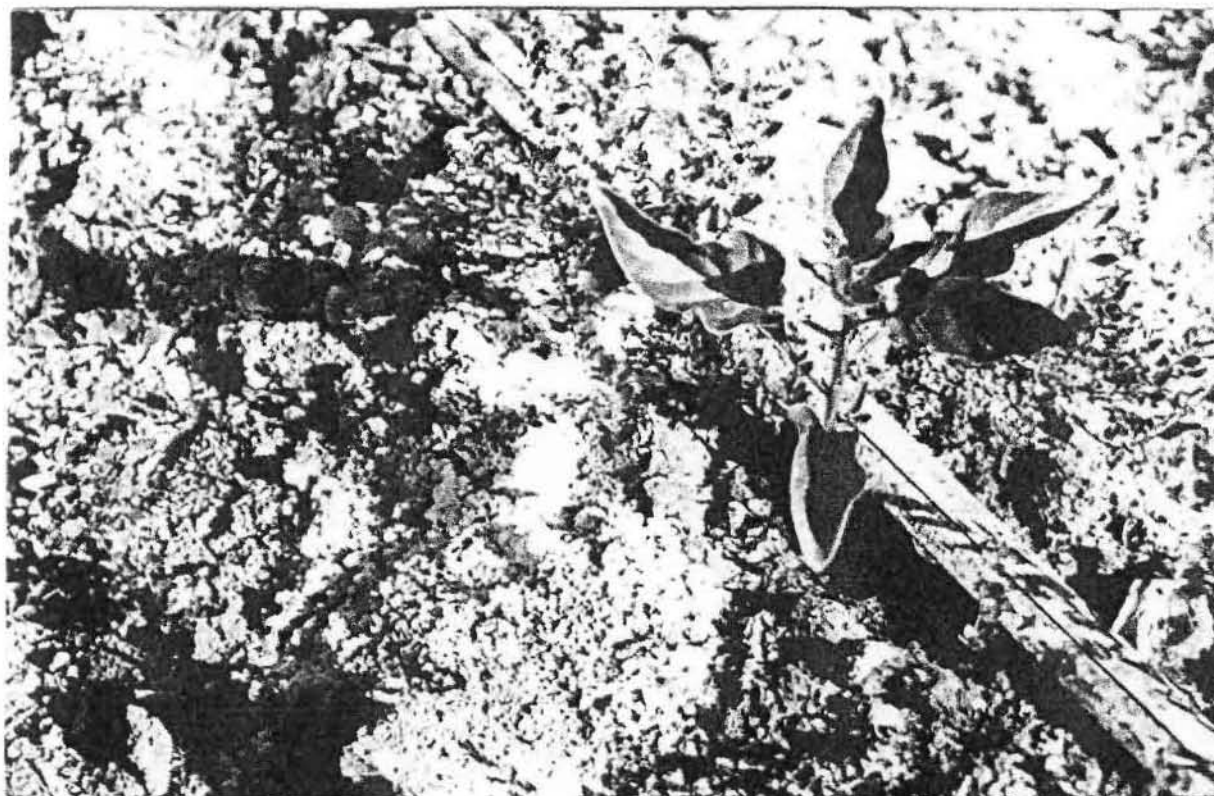


Foto N°8 : Detalle del contenido de salinidad en plantación de pimiento manejado con riego por cinta. Localidad de San Pedro, parte baja del valle de Copiapó.



Foto N° 9 : Vista general del contenido de sales en la superficie del suelo, en la entre hilera de parrón uva de mesa. Sector Bodega, parte media del valle de Copiapó.

ANEXO

**(Boletín Técnico entregado a los
agricultores en charla de Copiapó)**

Salinidad, origen y su efecto sobre suelos y plantas

*Carlos Sierra B.¹
M. Soledad Rojas²*

I. INTRODUCCION

La principal característica del valle de Copiapó es su bondad climática, lo que permite cultivar una gran diversidad de especies agrícolas. La alta radiación solar, la escasa nubosidad e inviernos “ abrigados ” permiten obtener cosechas tempranas de alto valor comercial tanto en el mercado interno como externo.

Uno de los problemas que enfrenta la agricultura local es el alto contenido de sales solubles en la mayoría de los suelos del valle, exceso de boro en el agua de riego y alto contenido salino del agua subterránea, especialmente en la porción media y baja del valle de Copiapó.

A lo anterior se suma el hecho de que el contenido de sales del suelo aumenta con el tiempo debido al efecto del ascenso capilar de las aguas freáticas, acumulando sales en las capas superiores del suelo.

La solución al problema de la salinidad existe pero no es factible económicamente, sin embargo se puede convivir con dicho problema a través de prácticas de lavado del suelo y o uso de fracciones de lavado. El uso de enmiendas puede igualmente ayudar a mitigar el problema en suelos sódicos. El uso de especies y portainjertos de mayor tolerancia a la salinidad es una alternativa que no debe descartarse, para optimizar la productividad de los frutales.

¹ Ing. Agrónomo Especialista en fertilidad de suelos y plantas. Centro Regional de Investigación Intihuasi.

² Ing. Agrónomo Encargada Proyecto Salinidad, Oficina Copiapó. Centro Regional de Investigación Intihuasi.

En la presente cartilla se dan a conocer aspectos relacionados con el efecto de la salinidad, del agua y del suelo, sobre el crecimiento de las plantas.

II. ANTECEDENTES GENERALES DE SALINIDAD

La salinidad de suelos y aguas es un problema común en zonas áridas y semi-áridas, las cuales poseen importantes áreas estériles o improductivas debido a esta causa. Los suelos salinos se dan preferentemente en agricultura de regadío en condiciones de aridez.

En los climas áridos o semi-áridos no existe la posibilidad de lavado natural del suelo. La escasa percolación profunda observada junto a una alta acumulación de sales en el perfil del suelo, afecta el normal crecimiento y desarrollo de muchas especies cultivadas, especialmente frutales de hoja caduca.

En Chile, el problema de la salinidad relacionada con la agricultura de regadío está presente desde la frontera chileno-peruana hasta la ciudad de Santiago por el sur. Siendo de mayor relevancia en los valles de Lluta, Azapa y Camarones en la I región, zona de Calama en la II región; el valle del río Copiapó y la desembocadura del río Huasco en la III región, la zona de las Vegas en La Serena y algunos sectores de Ovalle en la IV región y la zona de Batuco en la región Metropolitana (INIA - La Platina, 1999).

2.1 Origen de las sales

Las sales presentes en los suelos salinos proceden de la meteorización de los minerales y rocas que constituyen la corteza terrestre. En este proceso las sales son transportadas por el agua hacia estratas inferiores, donde pueden precipitar o continuar hasta el mar (Thorne, 1974; Pizarro, 1985; Palacios et al, 1994).

Thorne (1974) plantea que algunas de las sales solubles encontradas en los climas secos puede también tener su origen en un inadecuado manejo de suelos y aguas por el hombre.

Los principales elementos que participan en la salinización de los suelos, aguas superficiales y subterráneas son: calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), cloro (Cl), azufre (S) y boro (B).

Por otro lado Polynov y Kovda citado por Pizarro (1985) clasifican los elementos en cinco categorías según su capacidad de emigración (Cuadro 1).

Cuadro 1 : Categorías de emigración de los elementos.

Categoría	Elementos
1. Prácticamente no lavables	Si (Cuarzo)
2. Poco lavables	Fe, Al, Si
3. Lavables	Si, P, Mn
4. Bastante lavables	Ca, Na, K, Mg, Cu, Co, Zn
5. Muy Lavables	Cl, Br, I, S, C, B

Los elementos de la categoría 4 y 5 (Cuadro 1) son los que forman parte de las sales que salinizan el suelo: ClNa , SO_4Na_2 , Cl_2Mg , SO_4Mg , SO_4Ca , CO_3Na , CO_3HNa y CO_3Mg . Estas sales se acumulan en las depresiones y o en los suelos agrícolas, si no se hace un buen manejo de lavado del suelo.

2.2 Salinización de los suelos

En áreas donde predominan los factores salinizantes (evaporación y transpiración), frente a los de lavado, las aguas de riego irán acumulando sales paulatinamente. Por esta razón la mayor parte de las áreas salinas están situadas en regiones de clima árido.

La causa más común, que origina una alta salinidad en los terrenos agrícolas, es la acumulación de sales en las capas superiores del suelo, este proceso se produce por efecto del ascenso capilar de las sales que fueron lavadas a estratas inferiores.

Por otra parte, la salinización de los suelos se debe al aporte de sal que hace el agua de riego de mala calidad y este proceso se agudiza en suelos con drenaje restringido por elevación capilar del agua freática y en consecuencia una acumulación de las sales en la superficie.

La naturaleza de las sales acumuladas depende del origen de las aguas, en áreas continentales suelen predominar los carbonatos, sulfatos y cloruros. En la costa, la sal predominante es el cloruro de sodio.

2.3 Solubilidad de las sales

Esta propiedad es muy importante ya que cuanto mayor es la concentración salina de la solución del suelo, mayor es su efecto perjudicial sobre los cultivos.

Las sales más nocivas son las que tienen elevada solubilidad, ya que dan lugar a soluciones salinas muy concentradas, en cambio, las poco solubles precipitan antes de alcanzar los niveles perjudiciales. En general, la solubilidad disminuye a menor temperatura (Pizarro, 1985).

En soluciones complejas, en general, la presencia de sales con iones comunes disminuye la solubilidad de las sales. En cambio, cuando los iones son diferentes, suele aumentar el nivel de solubilidad de la sal menos soluble. Por ejemplo, la solubilidad del yeso, que es de 2,04 g/l en ausencia de NaCl, se eleva a 7,09 g/l cuando hay 358 g/l de NaCl (Pizarro, 1985).

2.4 Sales más importantes

Según Pizarro (1985) las tres sales más importantes, en relación con los suelos salinos, son: sulfato de magnesio, sulfato de sodio y cloruro de sodio y le siguen en importancia el carbonato de sodio y cloruro de magnesio.

- **Sulfato de Magnesio:** debido a su alta solubilidad, es una de las sales más perjudiciales. Nunca se acumula en los suelos en forma pura, sino en combinación con otras sales más solubles. Los rendimientos disminuirían cuando el magnesio es el ion predominante.
- **Sulfato de sodio:** su toxicidad es de 1 a 3 veces menor que la del sulfato de magnesio. Su solubilidad varía mucho con la temperatura, esto es muy importante ya que afecta a los precipitados y lavados de esta sal.
- **Cloruro de sodio:** su toxicidad para las plantas es muy elevada, así como su solubilidad, que es de 318 g/l y que no varía con la temperatura. Su toxicidad es tan elevada que incluso con 0,1 por ciento de cloruro de sodio las plantas se resienten. Con 2 a 5 por ciento los suelos se vuelven improductivos.

Otras sales menos perjudiciales son el carbonato de calcio y magnesio, sulfato de calcio, cloruro de potasio y nitratos. Estas sales son menos perjudiciales porque son poco solubles especialmente el carbonato de calcio y el yeso.

En el caso del carbonato de magnesio es más soluble que el carbonato de calcio, pero rara vez ocurren acumulaciones, debido a la adsorción del magnesio por las arcillas. El sulfato de calcio precipita formando yeso y su solubilidad es baja.

III MEDICION DE LA SALINIDAD

La salinidad se mide a partir de la conductividad eléctrica (CE) de una solución. Esta se obtiene del extracto de una pasta saturada de suelo, o también llamada extracto de saturación.

La CE de una solución es una medida que permite expresar el contenido salino de la misma. Una solución conduce la electricidad tanto mejor y cuanto mayor sea su concentración de sales.

La unidad de medida es el milimho/cm y su equivalencia en otras unidades es la siguiente:

1 milimho/cm	=	1000	micromho/cm
1 milimho/cm	=	1	decisiemens/metro
1 milimho/cm	=	1	milisiemens/cm

La CE depende de la temperatura. Las medidas de CE se ha convenido expresarla siempre a 25°C.

En muestras de suelo se trabaja frecuentemente con extractos de pasta saturada, como metodología normalizada.

Existe además, otro método más simplificado que consiste en preparar la solución a partir de una relación suelo - agua 1 : 5 . Esta solución es filtrada y evaluada su CE, mediante un conductivímetro. Este método es muy usado en laboratorios de servicio para agricultores, sin embargo no es tan preciso como el método de pasta de saturación.

IV EFECTO DE LAS SALES SOBRE EL SUELO

Las sales pueden perjudicar notablemente las características de infiltración del agua en el suelo.

En un suelo que contiene sales, el peligro de dispersión está relacionado con la proporción de sodio comparada con otros cationes adsorbidos por el complejo de intercambio. Esto se expresa a través del porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

A valores altos de PSI se presenta un suelo con alto porcentaje de sodio y bajo en calcio y magnesio, generando alteraciones físicas como :

- Dispersión del suelo, conocido como "chusca", que impide la infiltración de agua y germinación de las semillas.
- Baja conductividad hidráulica o mala infiltración. La infiltración del agua en el suelo es variable dependiendo de la calidad del agua de riego y de factores como estructura, materia orgánica y características químicas propias del suelo. Esta baja infiltración produce encharcamiento lo que afecta el drenaje natural del suelo.

El riesgo de dispersión aumenta cuando el PSI es alto y la conductividad eléctrica es baja y disminuye cuando aumenta la CE.

Suelos salinos con niveles adecuados de calcio y magnesio no se dispersan de manera importante, porque los coloides permanecen floculados, formando agregados, lo que determina una buena permeabilidad y aireación.

Una forma de estimar el grado de sodificación del suelo y el riesgo de sodificación por el agua de riego consiste en evaluar la relación de adsorción de sodio o RAS. Este parámetro evalúa la relación entre calcio, magnesio y sodio.

Más importante que las cantidades totales de estos elementos, interesa su cantidad relativa o la relación existente entre los cationes. El RAS se determina a partir de los cationes extraídos del suelo, según el método de pasta saturada. La relación de adsorción de sodio también se puede evaluar en el agua de riego, a partir del análisis de salinidad.

En el Cuadro 2 se presenta la relación de adsorción de sodio (RAS) y el grado de problema de infiltración del agua de riego.

Cuadro 2 : Relación entre el RAS y el grado de problema de infiltración.

RAS	PROBLEMA INFILTRACIÓN
0 - 5	sin problema
5 - 10	problema en aumento
> 15	severos problemas

4.1 Clasificación de los suelos salinos

Esta clasificación utiliza la CE y PSI para diagnosticar el tipo de suelo salino. Según estos parámetros los suelos se pueden clasificar en: normal, salino, sódico y salino - sódico. En el Cuadro 3 se presentan los parámetros que caracterizan los diferentes tipos de suelos.

Cuadro 3 : Tipos de suelos en relación a su conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio de intercambio (PSI).

Tipo de Suelo	CE dS/m	PSI %
Normal	<4,0	<15
Salino	>4,0	<15
Sódico (no salino - alcalino)	<4,0	>15
Salino - sódico (salino-alcalino)	>4,0	>15

V EFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Los efectos de la salinidad sobre las plantas se pueden clasificar como :

- Efecto osmótico.
- Efecto de desbalance nutricional.
- Toxicidad por iones específicos.

5.1 Efecto osmótico

La presencia de sales en el agua disminuye su potencial osmótico.

La causa principal del efecto osmótico es la disminución de la disponibilidad de agua para las plantas como consecuencia de la disminución de la energía libre del agua del suelo, debido a la presencia de sales solubles. (Barceló, J. et al, 1988). Es decir en términos simples el agua es retenida por la sal en el suelo, impidiendo ser absorbida por las raíces de las plantas.

Un potencial bajo de agua en el suelo puede producirse por un bajo contenido bajo de agua en el mismo, por una concentración elevada de sales, o por ambos factores. Como resultado, los cultivos muestran en etapas tempranas de su desarrollo los efectos de baja disponibilidad de agua, determinando un menor crecimiento de las plantas. Este efecto es el más frecuente que deteriora los cultivos y su efecto depresivo es más intenso en la estación de crecimiento activo de las plantas (primavera - verano).

5.2 Efecto de desbalance nutricional

Otro factor asociado que puede afectar el rendimiento de las plantas debido a la salinidad es la interferencia en la absorción normal de iones esenciales como calcio y magnesio por competencia de otros iones, como sodio a nivel de la superficie de las raíces.

Hay muchas evidencias de esta competencia entre ellos. Como ejemplo : un exceso de sodio en la solución del suelo afecta la absorción de potasio y calcio, al afectar la absorción de calcio se afecta la selectividad de la pared celular, incrementándose la absorción de iones que pueden ser tóxicos para la planta, como cloro boro y sodio (ASCE,1990).

Además un exceso de sulfato y cloro pueden afectar la absorción de fósforo y también de nitrato. También una concentración excesiva de magnesio en el suelo disminuye la absorción de calcio y potasio. Generalmente el daño por efecto nutricional va acompañado de efecto osmótico.

5.3 Efecto de toxicidad de iones específicos.

Este efecto está relacionado con la acumulación de uno o varios iones, siendo el cloro y el sodio los más comúnmente asociados con el mismo, además del boro. Este último elemento produce normalmente toxicidad en hojas de vides en el valle de Copiapó.

Los síntomas típicos son quemaduras simétricas en las hojas, y en el caso del boro en las vides, acucharamiento de las hojas.

VI METODOS DE RECUPERACION DE SUELOS SALINOS

La recuperación de suelos salinos puede tener dos objetivos distintos.

Uno de estos es reducir la concentración de sales solubles, es el caso de los suelos salinos y salino-sódicos,. En este tipo de suelos el método de recuperación es el lavado.

El otro fin es reducir el porcentaje de sodio adsorvido, caso de suelos sódicos, y también salino-sódicos, lo que se consigue mediante la aplicación de enmiendas químicas y lavado.

Las técnicas anteriormente señaladas son fundamentales en la recuperación de suelos salinos, pero además existen técnicas auxiliares como el subsolado, abonados orgánicos, etc., cuya función no son recuperar los suelos sino aumentar la eficiencia de las técnicas de lavado..

6.1 Lavado del suelo

La técnica de lavado consiste en agregar un exceso de agua respecto a la evapotranspiración, para producir un desplazamiento de las sales fuera de la zona radicular.

Para que esta técnica sea factible se requiere que el suelo tenga un buen drenaje natural o artificial, que permita eliminar el agua de la zona radicular.

Después de lavado el suelo se debe mantener la salinidad en niveles bajos, esto se logra aplicando en cada riego, cierto volumen de agua mayor que la evapotranspirada por las plantas, esto es lo que se denomina "fracción de lavado". Esta práctica permite mantener un contenido salino bajo en el área del bulbo húmedo.

El cálculo de la fracción de lavado se hace en función de diversos factores (salinidad del agua, tipo de suelo, nivel de salinidad exigido por los cultivos, régimen de lluvia, etc.,).

Se puede afirmar en cuanto a la técnica de lavado que:

- Cuanto mayor la lámina de agua, más enérgicos son los lavados.
- Los lavados son eficientes cuando el terreno dispone de un sistema de drenaje.
- El agua de drenaje, arrastra las sales comenzando por las más solubles, en primer lugar el cloruro de sodio y magnesio, sulfato de magnesio, mientras que el sulfato de sodio tarda más en disolverse.
- La eficiencia es mayor cuando se hace en estación cálida, debido a que la solubilidad de las sales aumenta con la temperatura.
- Si no se consigue aplicar la totalidad del agua del lavado en un año se puede establecer una rotación, lavado-cultivo tolerante-lavado.

- Los lavados pueden ocasionar pérdidas de nutrientes, que deben reponerse mediante la aplicación de fertilizaciones adecuadas, uno de los elementos más expuestos a esta pérdida es el nitrógeno.

VII CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

El agua de riego es un factor muy importante en la salinización del suelo, cuando no es manejada correctamente. Existen regiones agrícolas que como consecuencia de un riego inadecuado se han salinizado haciéndose totalmente improductivas.

Se define como agua salina aquella que presenta 1,0 dS/m o 1000 micromho/cm y/o 1 mgr/l o más de boro. De acuerdo a estos estándares la gran mayoría de las aguas de pozos del valle de Copiapó son salinas. Su contenido salino se incrementa desde la cordillera hacia el mar.

Recomendaciones

- Los suelos salinos y/o salino sódicos con buen drenaje se deben lavar, con altas cargas de agua (3000 a 5000 m³/ha) para eliminar las sales del perfil
- En suelos lavados y manejados con riego por goteo se debe regar siempre con un volumen de agua mayor del requerido por las plantas, para mantener un bajo contenido de sales en la zona de raíces. Este mayor volumen se conoce con el nombre de "fracción de lavado".
- En suelos salino - sódicos, ricos en carbonato de calcio se debe aplicar ácido sulfúrico como enmienda química. Estos corresponden a la mayoría de los suelos del valle de Copiapó.

LITERATURA CONSULTADA

Abrol, I.P. et al. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin 39. Rome. 131p.

Barceló, J. et al. 1988. Fisiología Vegetal. 5^{ta} edición. Ediciones Pirámide, S.A., Madrid. 823p.

Gurovich, L. 1990. Rehabilitación de los suelos afectados por la salinización causada por el uso de riego por goteo en el valle de Copiapó, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Colaboración : SAG, DIPROREN, FAO. 58p.

Hanson, B. et al. 1993. Agricultural Salinity and Drainage. University of California Irrigations Programs, University of California. 141p.

Hoffman, G. J. 1981. Alleviating salinity stress. In Arkin, G.F. and Taylor H.M. (Eds.). Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress, Monograph 4. ASAE. St. Joseph, MI. págs. 305-343.

INIA, CRI - Intihuasi. 1997. Manejo de suelos salinos y/o sódicos en los valles de Copiapó y Huasco. Temporada 95/96. Informe interno. 90 p.

INIA, CRI Intihuasi. 1999. Informe Anual de Actividades N° 2. Proyecto manejo de riego y suelo para reducir el impacto de la salinidad en cultivos agrícolas del valle

INIA, CRI La Platina, 1999. Curso de Capacitación para operadores del programa de "Recuperación de suelos degradados".págs.: 303 334.

Martínez, L. et al. 1997 Aspectos de salinidad y su incidencia en el rubro frutícola.INIA – Intihuasi. 45p.

Mass,E. 1990. "Crop salt tolerance". En : Agricultural salinity assessment and management. ASCE Manuals and reports on engineering practice N°71. págs. 262-304.

Medina, J. 1998. S ymposium internacional de salinidad. Chilecito (L.R.), Argentina. 21 p.

Pizarro, F. 1985. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos 2ª Edición. Ed. Agrícola Española S.A.541p.

Shainberg, I., et al. 1984. Soil Salinity under Irrigation. Ecological Studies 51. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York Tokyo. 172p.