

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO



**LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA
DE RIEGO Y SU RELACIÓN
CON LOS CULTIVOS**

**PROYECTO:
"VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE
RIEGO EN EL VALLE DEL HUASCO"**

**CARTILLA DIVULGATIVA Nº 5
1996**

La Comisión Nacional de Riego (CNR) encargó al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) la elaboración de tres cartillas referidas a temas de interés para el desarrollo del regadío en el Valle del Huasco como parte de las actividades de divulgación del proyecto "Validación de Tecnologías de Riego en el Valle del Huasco".

Estas cartillas tratan temas relacionados con el manejo y mantención de sistemas de riego por goteo y las diversas alternativas hortofrutícolas para los distintos microclimas que existen dentro del Valle. Además se expone el tema de la salinidad que afecta a los suelos y agua del sector de Huasco Bajo, proponiéndose medidas para mejorar la productividad del olivo que es prácticamente la única especie que se cultiva en este sector.

Estas cartillas serán distribuidas a los agricultores del Valle para proporcionarles elementos técnicos y económicos que le permitan cultivar dichas especies hortofrutícolas considerando factores de rentabilidad.

Autor : Ricardo Céspedes Ruiz

*Ingeniero Agrónomo,
Departamento Recursos Naturales y Medio Ambiente.*

Editores: Alfonso Osorio Ulloa

*Ingeniero Agrónomo M.Sc.,
Departamento Recursos Naturales y Medio Ambiente.*

Sergio Torres Allen

*Ingeniero Agrónomo,
Departamento Recursos Naturales y Medio Ambiente.*

Roberto Salinas Yasuda

*Ingeniero Agrónomo,
Unidad de Comunicaciones y Marketing.*

**Diseño y
Diagramación: Patricia Soto A.**

Impresión: Arte e Imágen Impresores

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO



**LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA
DE RIEGO Y SU RELACIÓN
CON LOS CULTIVOS**

**PROYECTO:
"VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE
RIEGO EN EL VALLE DEL HUASCO"**

CARTILLA DIVULGATIVA Nº 5
1996

LA SALINIDAD DEL SUELO Y DEL AGUA DE RIEGO Y SU RELACIÓN CON LOS CULTIVOS

I. INTRODUCCIÓN.

II. ANTECEDENTES GENERALES

III. ADAPTACIÓN DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD.

- a) *Tolerancia de los cultivos.*
- b) *Mecanismos de tolerancia.*

IV. PERSPECTIVAS DE MANEJO DEL PROBLEMA.

- a) *Salinización de aguas de riego y suelos agrícolas.*
- b) *Respuesta de los cultivos a la salinidad.*
- c) *Uso del agua de riego y métodos de riego.*

V. CONVIVIENDO CON LA SALINIDAD.

- a) *Prácticas específicas de manejo.*
- b) *Utilización de aguas de drenaje en fases avanzadas del cultivo.*

VI. CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCIÓN

En esta cartilla divulgativa se analizan algunos aspectos que tienen relación con el uso del agua por los cultivos y la presencia de sales en el agua de riego y el suelo. Esta situación se analiza particularmente para el valle del río Huasco, Región de Atacama.

El agua, sea ésta superficial o subterránea, es un recurso por el que compiten el desarrollo urbano, la minería, el turismo y la agricultura. Al respecto, considerando el continuo crecimiento de los distintos sectores productivos del país, y particularmente aquellos que se desarrollan en zonas áridas, se puede suponer que la cantidad de agua será cada vez menor, en términos relativos. Por esto, la eficiencia de utilización del agua es un factor preponderante en la agricultura, más aún cuando existen problemas de salinidad en suelos y agua.

Al respecto, y particularmente en la Provincia del Huasco, el manejo más eficiente de los recursos naturales permitirá una mayor sustentabilidad de su agricultura.

Se debe entender que las sales están presentes de modo natural en el agua y en el suelo. A modo de ejemplo, nos podemos dar cuenta de esta situación cuando, después de regar, el agua se evapora dejando depósitos blanquecinos en la superficie del suelo. También es posible advertir la presencia de sales al hacer hervir agua en una tetera, observándose luego

diminutas partículas en suspensión, las que lentamente se van depositando en el fondo formando una capa blanca. En algunos casos se detecta la presencia de sales por el sabor del agua. Este fenómeno de la salinidad es más pronunciado en regiones desérticas como el valle del Huasco, debido a que las precipitaciones son bajas y poco frecuentes, no produciéndose un lavado natural de los suelos.

*Suelos salinos son aquellos que presentan acumulaciones de sales solubles en la superficie y en profundidad, que es donde crecen y se desarrollan las raíces de los cultivos. Técnicamente, se reconoce un suelo salino cuando se encuentran en ellos niveles de **2** o más **deciSiemens/metro** (medida de conductividad eléctrica del suelo), que es la forma de medir la salinidad.*

Un problema particular de salinización es cuando hay exceso de sodio. Con este problema, conocido como sodificación, el suelo se presenta muy suelto y si se pisa con el pié se hunde con facilidad. En este estado los agregados del suelo, o terrones, son destruidos y las partículas pasan a obstruir los microporos del suelo, lo que origina problemas de infiltración de agua, produciéndose apozamientos en sectores del predio.

A continuación se analizan algunos aspectos relativos a la salinidad en el valle de Huasco.

II. ANTECEDENTES GENERALES

En el valle del río Huasco la salinización de los suelos tiene su origen en el agua de riego -con altos contenidos de sales-, en el drenaje imperfecto de los suelos -comprendidos mayoritariamente entre Freirina y Huasco, en el sector Bajo del río-, y en la ausencia de lluvias que laven el suelo.

Muchos de estos suelos eran vegas, las que fueron habilitadas como terrenos productivos a través de sistemas de drenaje.

Además, gran parte de estas tierras son regadas con aguas de alto contenido de sales.

En el Cuadro 1 se puede apreciar que las aguas más salinas se encuentran desde la ciudad de Vallenar hasta Huasco, considerando que un agua con **1** o más **deciSimens/metro** es salina.

Cuadro 1: Salinidad de aguas de riego en el valle del río Huasco

Sector	Salinidad dS/m	Condición Salina
Río Laguna Grande	0.359	Baja
Río Laguna Chica	0.465	Baja
Río Cazadero antes de Laguna Grande	0.281	Baja
Río Conay antes de río Chollay	0.549	Moderada
Río Chollay antes de río Conay	0.425	Baja
Río Tránsito en Angostura	0.490	Moderada
Río Tránsito antes del río Carmen	0.646	Moderada
Río Carmen antes del río Tránsito	0.685	Moderada
Río Carmen en San Félix	0.690	Moderada
Quebrada Pinte antes del río Tránsito	0.295	Baja
Río Huasco en Algodones	0.760	Alta
Río Huasco en Santa Juana	0.753	Alta
Río Huasco en Nicolasa	3.853	Extr. Alta
Río Huasco en Freirina	4.275	Extr. Alta
Vertiente Huasco en Freirina	3.240	Extr. Alta

Estos valores no son constantes y es necesario aclarar que la salinidad del agua varía según la cantidad de agua disponible para disolver las sales. Cuánto más agua, menor salinidad; con menos agua disponible, mayor salinidad.

Así sucederá siempre; en años

lluviosos se puede esperar un agua de riego de buena calidad y en años malos, de sequía, empeoramiento de la calidad del agua.

En la Figura 1 podemos observar los sectores del valle del río Huasco donde se encuentran condiciones de mayor y menor salinidad.

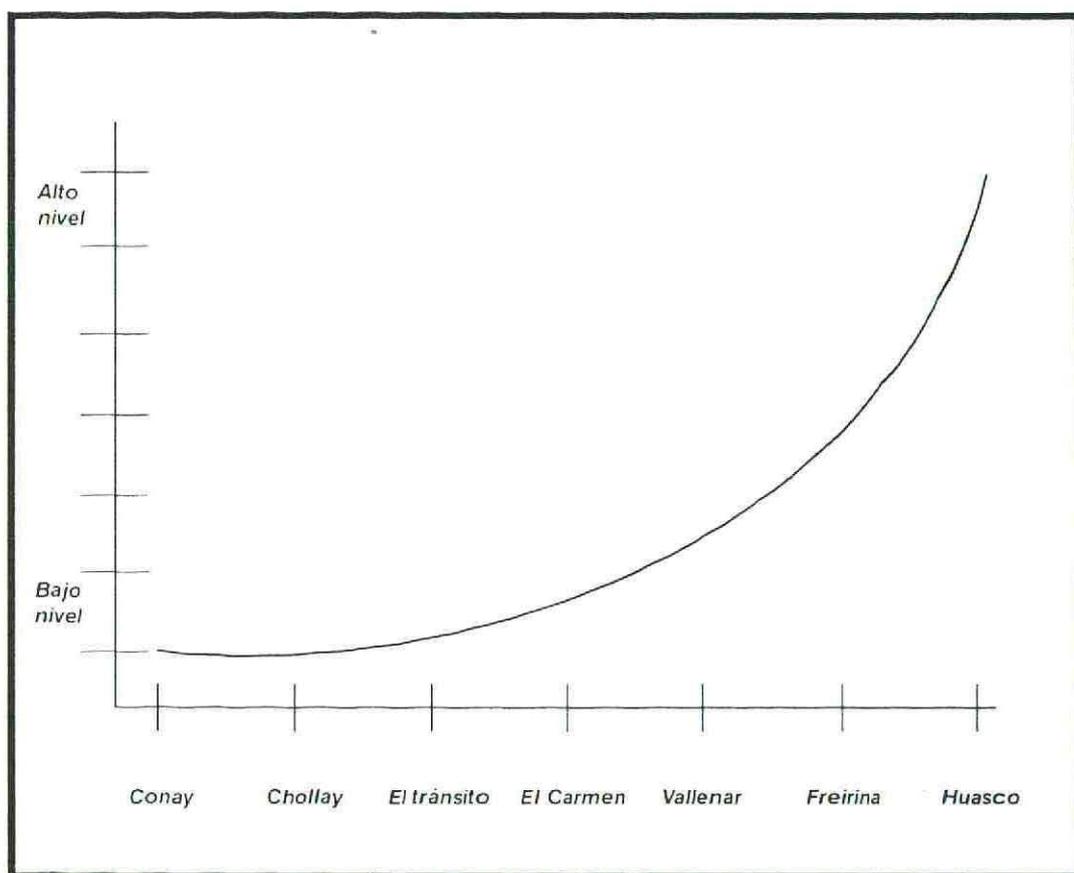


Figura 1 : Sectores del Valle del Huasco afectados por problemas de salinidad.

III. ADAPTACIÓN DE LAS PLANTAS A LA SALINIDAD

a. Tolerancia de los cultivos

De manera natural existen cultivos más tolerantes que otros a la salinidad. En el Cuadro 2 se detalla una lista con algunos ejemplos.

Esta clasificación fue realizada sobre la base de pruebas bajo condiciones muy controladas, resultado de

diversas investigaciones sobre la materia. Sin embargo, cada respuesta específica debe evaluarse localmente, debido a que el clima y el tipo de suelo influyen notablemente la respuesta.

Otro aspecto a considerar, es que el estado de plántula, más que cualquier otro estado de desarrollo del vegetal, es el más sensible a la salinidad.

Cuadro 2: Clasificación de algunos cultivos según su sensibilidad o tolerancia a las sales y valores aproximados de salinidad del suelo para obtener un 90 % de productividad.

Tolerancia de los cultivos a la salinidad	Valores aprox. de conductividad eléctrica en el suelo (dS/m)	Cultivos
Sensibles	hasta 1,8	Porotos, zanahoria, frutilla, cebolla, limones, mandarina, naranjo, paltos.
Moderadamente Sensibles	hasta 2,5	Lechuga, aji, haba, maíz, papa, apio, pepino, tomate, brócoli, repollo, vides, alfalfa, trébol.
Medianamente tolerantes	hasta 5,0	Pastos en general, betarraga, zapallo italiano, trigo sorgo, olivos.
Tolerantes	hasta 6,5	Cebada, espárrago, algodón.

b. Mecanismos de tolerancia

La respuesta de los cultivos a la salinidad está condicionada por mecanismos de tolerancia. Estos mecanismos tienen que ver con el control de la salinidad a nivel celular o con mecanismos de exclusión que intentan colocar las sales en raíces y tallos, de manera que no lleguen sales a las hojas. Ambos casos corresponden a la tolerancia natural, genética.

Un tipo de tolerancia indirecta es la que pueden inducir los agricultores a través del uso de fertilizantes. Hasta un cierto rango, cuanto más nitrógeno es aplicado al cultivo mayor es el crecimiento vegetativo. Esta mayor cantidad de tejido vegetal es la que permite contener una mayor cantidad de sales a bajas concentraciones. Esto no significa que el cultivo sea más tolerante a las sales, sino que tiene más tejido y lugares donde acumularlas.

IV. PERSPECTIVAS DE MANEJO DEL PROBLEMA

a. Salinización de aguas de riego y suelos agrícolas

El hecho de que las aguas de riego contengan sales es un fenómeno muy natural, sin embargo, para evitar esta situación han sido desarrolladas técnicas de desalinización de aguas, pero son muy caras de usar en la agricultura debido a los altos volúmenes de agua que deben tratarse.

Una práctica más concreta de implementar, en vez de eliminar las sales del agua, es manejar la

presencia de sales depositadas en el suelo. Al respecto, la práctica más común es el lavado de suelos. Aplicaciones de grandes cantidades de agua deberían mantener los suelos agrícolas sin grandes problemas de salinidad.

Del mismo modo, los métodos de riego influyen grandemente los niveles de salinidad del suelo. Los métodos de riego superficiales, por tendido, bordes, o por surcos, por ejemplo, tienen una alta pérdida de agua por percolación, arrastrando una gran cantidad de sales en su recorrido, como se aprecia en la Figura 2.

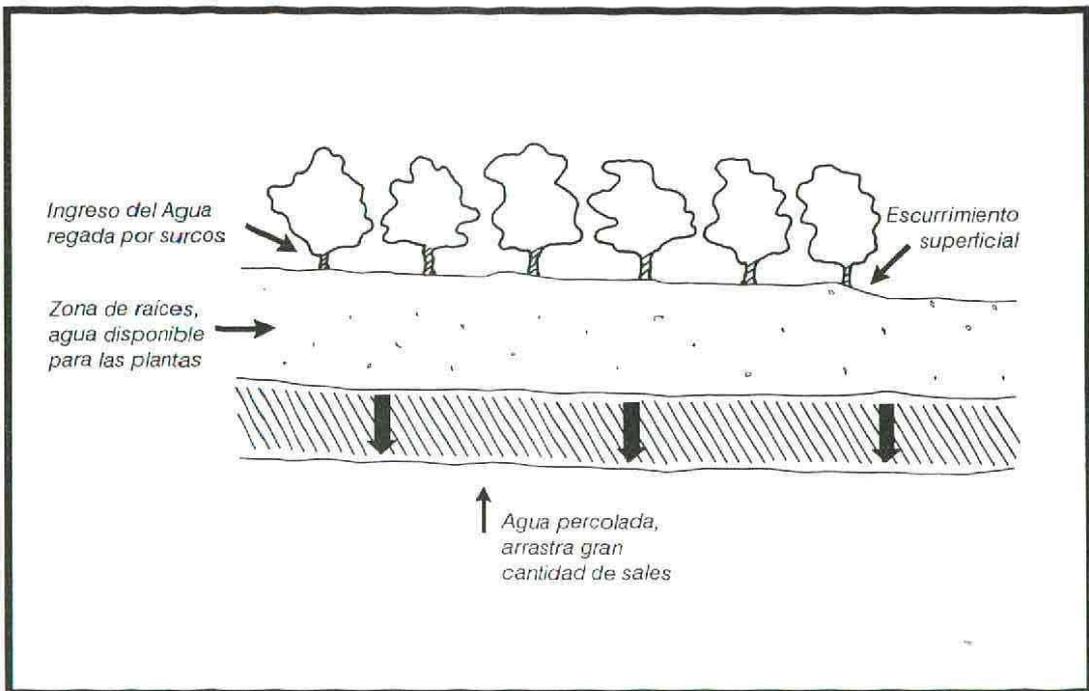


Figura 2: Esquema de la pérdida de agua por percolación (más allá del sistema radicular), mostrando el arrastre de gran cantidad de sales.

Los riegos superficiales o gravitacionales sirven también para lavar los suelos del exceso de sales. El problema de estos métodos de riego es la alta cantidad de agua que usan para regar, o sea, grandes volúmenes de agua por temporada, y la baja eficiencia de suministro de agua a los cultivos.

Los métodos de riego tecnificados de aplicación localizada del agua, como goteo y microaspersión, resultan positivos por su alta frecuencia de aplicación de agua (pudiendo ser diaria) y debido a que emplean bajos

volúmenes gracias a su alta eficiencia. Pero estos sistemas de riego deben ser muy bien manejados, ya que de lo contrario causan salinización por la forma de distribución del agua, como puede observarse en la Figura 3. De todos modos, pese al buen manejo que pueda hacerse del sistema de riego, debido a lo localizado de la aplicación del agua, habría que considerar lavar todo el suelo cada 3 ó 4 temporadas, ya sea por inundación en terrenos planos (usando pretilas), o por aspersión en aquellos terrenos con problemas de pendiente.

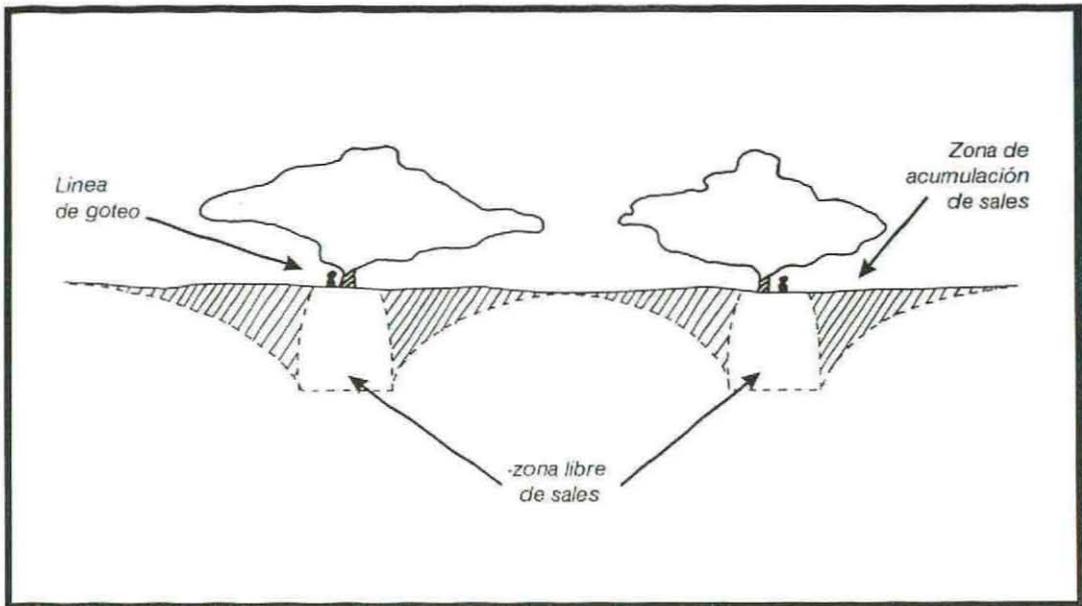


Figura 3 : Líneas de goteo o microaspersión ubicados sobre la línea de plantación, para impedir la acumulación de sales.

En el caso de usarse un sistema de riego por aspersión para lavar el suelo, el sistema de riego por goteo debería considerar acoples rápidos y presión extra para el trabajo de los aspersores. No obstante, debe tenerse presente que con cualquier método de lavado se debe contar con excelentes condiciones de drenaje del suelo.

b. Respuesta de los cultivos a la salinidad

Las plantas responden de distintas formas a la presencia de sales. Existen plantas que se benefician en crecimiento cuando se encuentran expuestas bajo condiciones salinas, como por ejemplo la Brea o Peril, que es una maleza, y la Acelga, una

hortaliza. Estas plantas realizan el control de la salinidad en la célula, por lo que pueden soportar la presencia de sales incluso en las hojas sin dañar su normal funcionamiento, razón por la que continúan creciendo y desarrollándose.

Desafortunadamente, la mayoría de las especies cultivadas no se benefician en crecimiento cuando se encuentran expuestas a condiciones salinas, entre ellas porotos, arvejas, vides, maíz. En el caso de éstas, los mecanismos que controlan la dinámica de las sales dentro de la planta están menos evolucionados y, generalmente, consisten en acumular las sales absorbidas en raíces y tallos, de manera de no intoxicar las hojas.

Entre estas plantas existen grupos más sensibles y otros menos sensibles. Por ejemplo, es sabido que las vides no toleran muy bien la presencia de sales, sin embargo, los olivos presentan una mayor tolerancia.

No obstante, todos los cultivos -en mayor o menor grado- sufren el efecto de las sales, aunque algunas veces sin daño visual. De hecho, cuando vemos los síntomas visuales (hojas quemadas) ya se han producido serios trastornos en el metabolismo o normal funcionamiento de las células de la planta.

Uno de los daños o efectos más comunes de la salinidad, es cuando la planta desvía la energía que está usando en los procesos de crecimiento y desarrollo, hacia el control del nivel de sales en las células. A través de este sistema de defensa, la planta finalmente detiene el crecimiento parcial o totalmente.

En la Figura 4 se grafican los efectos sobre la producción de un cultivo, cuando existen mayores o menores condiciones de salinidad en el suelo. En el primer caso puede observarse un cultivo sin problemas de salinidad, produciendo bien y en épocas adecuadas. Luego, en condiciones de baja salinidad, se observa el mismo cultivo con menos producción y cosecha atrasada y, finalmente, bajo condiciones de alta salinidad, se

observa el mismo cultivo casi sin crecimiento y sin producción.

c. Uso del agua de riego y métodos de riego

Los sistemas de riego de mayor desarrollo tecnológico usados en zonas áridas, son aquellos que se conocen como métodos de riego presurizados. Ellos son goteo, microaspersión y aspersion.

Usar cualesquiera de estos métodos tecnificados de riego es una excelente manera de entregar la humedad que necesitan los cultivos, con volúmenes de agua más bajos que cuando se usan métodos de riego superficiales, como surcos, tendido, bordes y tazas. A la vez, mantienen alejadas las sales, debido a la alta frecuencia de aplicación de agua, lográndose constantemente un bulbo húmedo en la zona de raíces.

El Valle del Huasco necesita tecnificarse para hacer un buen aprovechamiento de la escasa cantidad de agua disponible y de esta manera enfrentar de mejor forma el control de la salinidad en las diferentes áreas afectadas por este problema. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se muestra el perfil de humedecimiento del suelo utilizando riego por goteo y su efecto sobre el control de la salinidad.

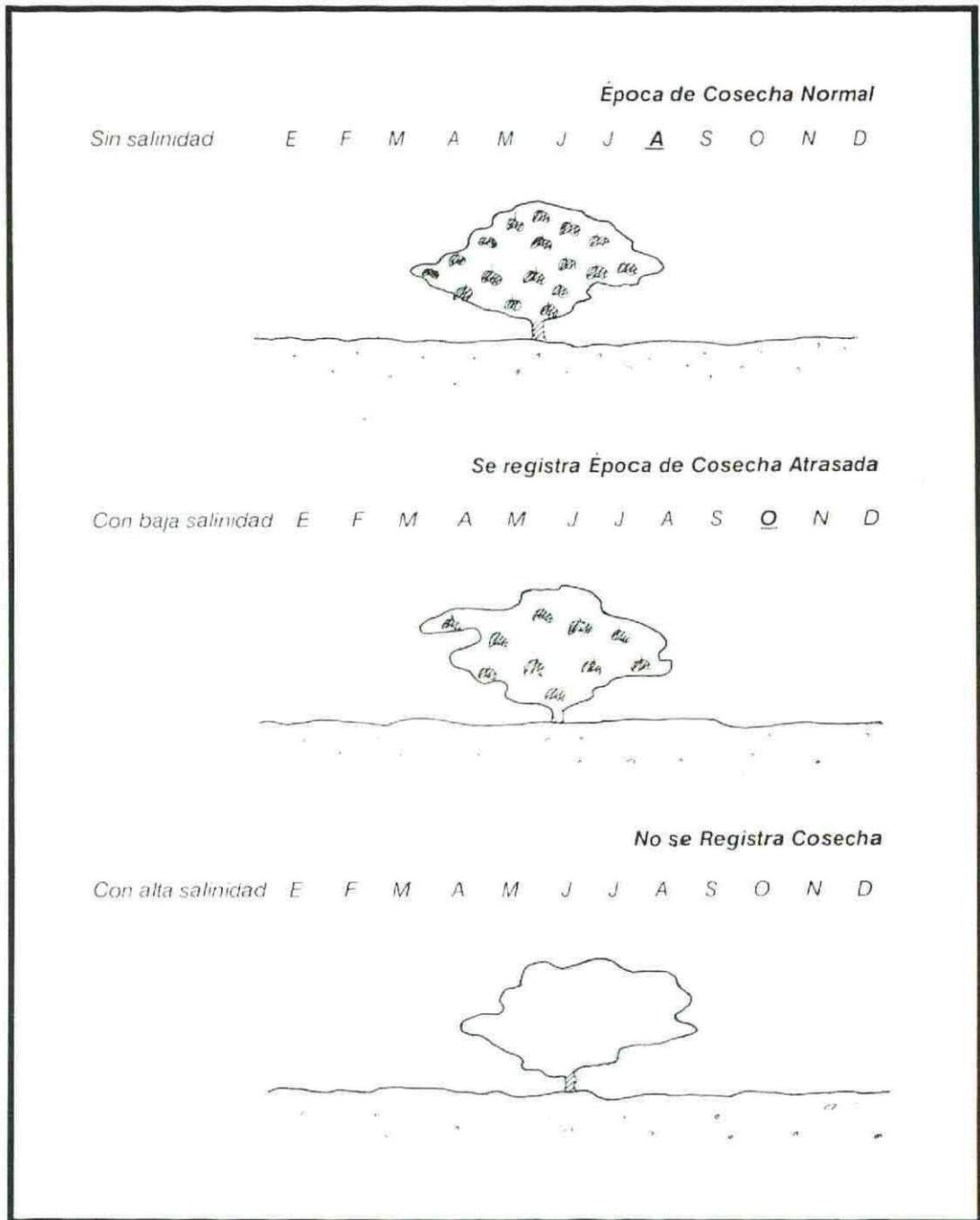


Figura 4: Épocas de cosecha y producción de un cultivo , bajo tres condiciones o niveles de salinidad del suelo.

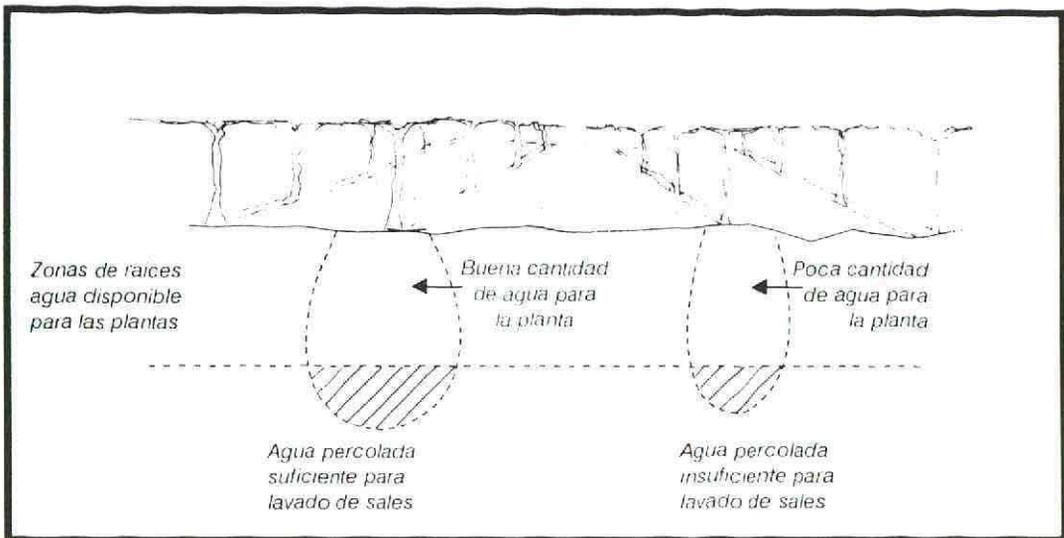


Figura 5: Humedecimiento del perfil de suelo con riego por goteo y distribución de sales.

En la Figura 5 puede observarse que hay que considerar una fracción del agua aplicada para que percole y lave las sales.

Esto también es aplicable en el caso del riego por microaspersores, como se observa en la Figura 6.

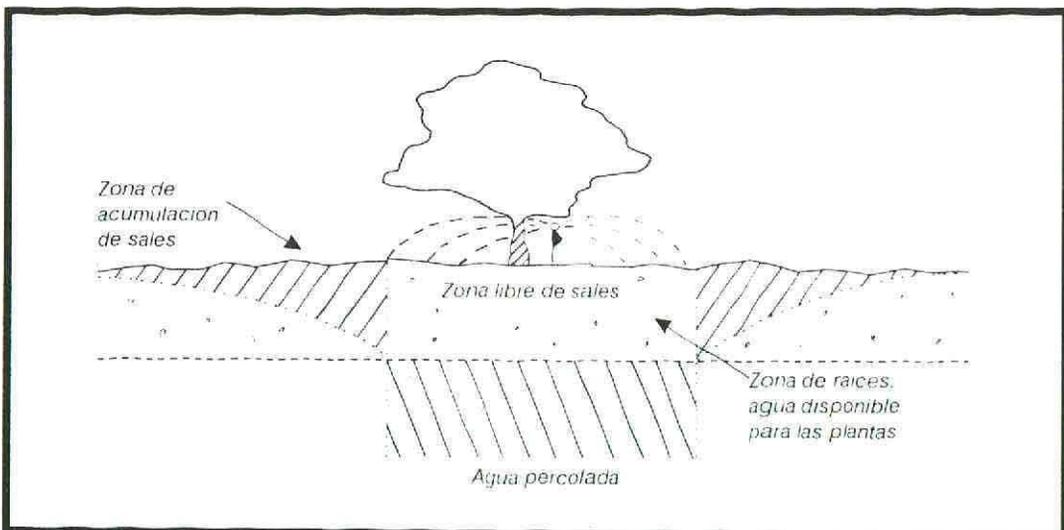


Figura 6: Distribución de agua y sales en el perfil de suelo con riego por microaspersión.

V. CONVIVIENDO CON LA SALINIDAD

a. Prácticas específicas de manejo

Una práctica específica de manejo, como se ha detallado anteriormente, es el lavado del suelo, siempre y cuando que no existan problemas de drenaje.

Es recomendable realizar, como trabajos previos al lavado, labores de subsolado, aradura, rastraje con rastras tipo off-set y uso de vibrocultivador. El lavado se realiza, solamente, posterior a estas labores de preparación de suelo. La finalidad es dejar el suelo bien mullido para que el agua pueda penetrar fácilmente en todos los poros.

¿Cuánta agua debe agregarse?. Esto dependerá del nivel de salinidad del suelo y del método de lavado. La regla general es que la lámina de lavado debe ser siempre por lo menos el doble de la profundidad de suelo que queremos lavar. Si se necesita lavar 50 cm de suelo, entonces debe usarse una lámina ó altura de agua de 100 centímetros.

Por ejemplo, si el método de lavado es a través de aspersores que entregan 1,5 metros cúbicos por hora, con espaciamiento de 6 x 12 metros, se debería pensar en la aplicación de agua por un tiempo mínimo de 50 horas para lavar los primeros 50 centímetros de suelo.

El tiempo de riego estará en función del caudal disponible por unidad de superficie.

*Si también existen problemas de **sodicidad**, entonces se recomienda la aplicación de yeso en aquellos suelos donde no exista yeso en cantidades suficientes, o aplicación de ácido sulfúrico en aquellos suelos donde exista carbonato de calcio, que es en casi todo el Valle del Huasco (el ácido sulfúrico al unirse con el carbonato de calcio produce yeso en forma natural en un suelo húmedo). Luego debe procederse al lavado.*

*En el caso de cultivos ya establecidos, como el olivo, debería pensarse en lavados por apretillamiento en aquellos suelos que así lo permitan y lavados por microaspersión en suelos con pendiente. En algunos casos es recomendable la aplicación de ácido sulfúrico en el agua, y por **ningún motivo** aplicarlo directamente al suelo.*

Otra práctica de manejo, cuando se usa riego por surcos en chacras u hortalizas, es tener cuidado de no colocar la semilla o plántula en la parte alta del camellón, debido a que en esta zona existe una gran acumulación de sales. Por esto, debe colocarse la planta o semilla en el costado del camellón a la altura del agua, según se indica en Figura 7.

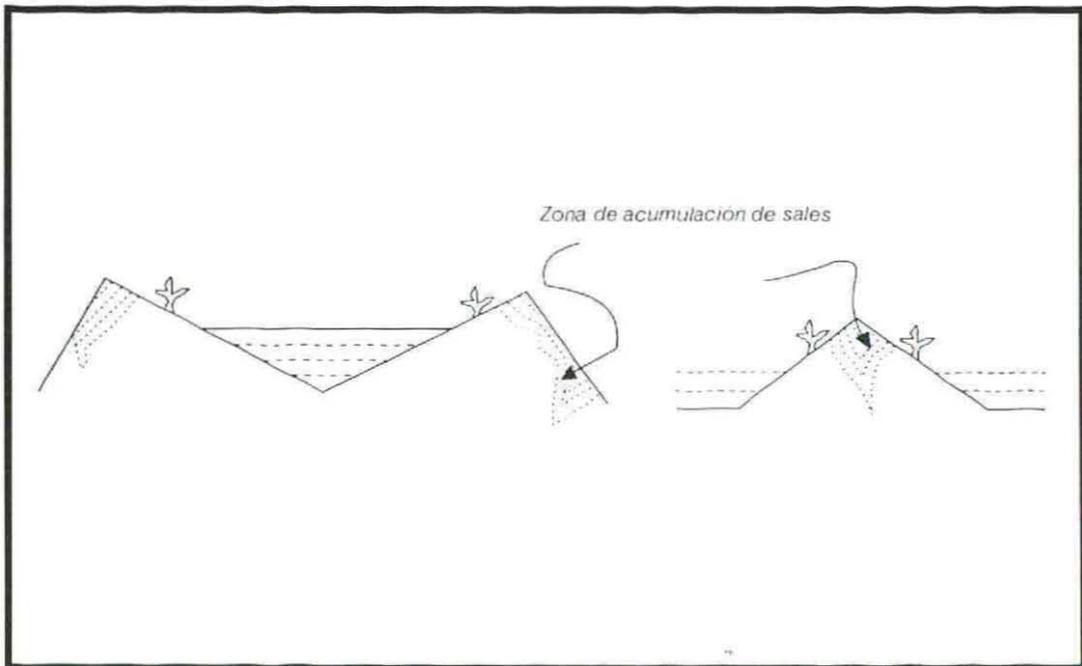


Figura 7: Localización correcta de semillas o plantas cuando se riega a través de surcos, en condiciones de salinidad.

b. Utilización de aguas de drenaje en fases avanzadas del cultivo

Las aguas de drenaje también pueden usarse para regar, siempre y cuando se empleen en cultivos tolerantes o en fases avanzadas de los cultivos. Esta práctica también depende de la calidad del agua, medida a través de los factores que se mencionan en el Cuadro 3.

Estos criterios son generales y dependerán del contenido de otros iones en el agua de riego, tales como calcio, potasio, sodio, magnesio, bicarbonato, cloruro, sulfato y boro.

En algunos casos es necesario determinar el contenido de nitratos en el agua, ya que si este contenido es alto, puede producirse una alta proliferación de algas, de difícil control, las que provocan obturaciones en sistemas de riego localizado.

Cuadro 3 : Clasificación del agua de riego, según su salinidad y sodicidad.

	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (Porcentaje de Saturación de Sodio)
<i>Buena calidad</i>	<i>menor que 1</i>	<i>menor que 6</i>
<i>Media calidad</i>	<i>entre 1 y 3</i>	<i>entre 6 y 9</i>
<i>Baja calidad</i>	<i>mayor que 3</i>	<i>mayor que 9</i>

VI. CONCLUSIONES

Es importante tener claro que todas las aguas de riego poseen una concentración natural de sales. Esta concentración será baja o elevada dependiendo del volumen de agua que llevan los ríos.

Los suelos también pueden tener sales en exceso desde su origen.

Las prácticas de manejo del agua de riego son muy importantes sobre todo cuando se utiliza agua de carácter salino.

Los sistema de riego tecnificado ofrecen una excelente alternativa para el uso de aguas salinas, debido a que a través de ellos existe la posibilidad de aplicar agua frecuentemente, lo que

disminuye el efecto de las sales en la planta.

Existen plantas más resistentes que otras. Esta resistencia está asociada a mecanismos propios de los vegetales que caracterizan a algunos grupos de plantas.

En el sector comprendido entre Maitencillo y Huasco debería pensarse en utilizar cultivos que posean algún grado de resistencia a la salinidad.

Aunque el olivo es un frutal clasificado como medianamente tolerante, se deberían realizar lavados de suelos en aquellos lugares donde exista el problema.

BIBLIOGRAFÍA SUGERIDA

- **Céspedes R., Ricardo. 1995.**

La salinidad en la agricultura. Parte 1. Antecedentes Generales. Revista Tierra Adentro N°5. Noviembre - Diciembre. INIA, p. 46 - 49.

- **Céspedes R., Ricardo. 1996.**

La salinidad en la agricultura. Parte 2. Revista Tierra Adentro N°6. Enero - Febrero. INIA. p.46 - 49.

- **Céspedes R., Ricardo y Sierra, Carlos. 1997.**

El Yeso: mejorador de suelos con problemas de infiltración de agua. Revista Tierra Adentro. N°16, Julio - Agosto. INIA, por editar.

- **FAO. 1976.**

El drenaje de los suelos. Estudio FAO Riego y Drenaje N°16. Roma. 94 p.

- **Gurovich R., Luis. 1990.**

Mejoramiento de suelos afectados por goteo en el Valle de Copiapó. Revista Acconex N°28. Abril - Junio. p.15 - 19. (chequear RC).

- **Martínez B., Leoncio. 1987.**

La salinidad : un problema potencial para la agricultura del valle de Copiapó. IPA La Platina N°40, Marzo - Abril. p. 28 - 29.

- **Pizarro, Fernando. 1985.**

Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. 2ª Edición, Editorial Agrícola Española S.A., Madrid, España. 521 p.

- **Pizarro, Fernando. 1987.**

Riegos localizados de alta frecuencia : goteo, microaspersión, exudación. Ed. Mundi - Prensa, Madrid, España. 459 p.

- **Razeto M., Bruno. 1985.**

La salinidad en frutales. Revista Acconex N°9, Enero - Marzo. p.5 - 10.

- **Ruiz S., Rafael. 1984.**

Diagnostico y Estrategia para el control de problemas salinos: IPA La Platina N°23, Mayo - Junio. p.49 - 53.