

Iniciamos en este número de Tierra Adentro una serie de artículos para tratar el tema de la salinidad. Hemos hecho un esfuerzo por reducir al mínimo la terminología técnica e incorporar definiciones simples, para facilitar la lectura. Sin embargo, es posible que la lectura exija un esfuerzo mayor para quienes desconocen la materia. Asimismo, hemos conservado algunos datos o fórmulas útiles para especialistas y que un lector corriente puede omitir.

Ricardo Céspedes R.
Ingeniero Agrónomo
INIA Intihuasi

PARTE ANTECEDENTES GENERALES

SALINIDAD EN

Aunque la mayor parte de la producción agrícola nacional no se ha visto enfrentada a graves problemas de salinidad, el conocimiento de este fenómeno es necesario en la medida que se desarrollan las regiones áridas y semiáridas del país, donde la agricultura, minería, turismo y desarrollo urbano compiten por el agua, que es un recurso escaso.

Los suelos salinos son aquellos que presentan acumulaciones de sales solubles en el perfil. Pueden ser salinos desde su origen o haber sido salinizados por el riego con aguas salinas; en algunos casos la salinización ocurre por el contacto con las aguas subterráneas (aporte capilar de la napa freática) o con la brisa marina.

La medida usada para medir la salinidad es la conductividad eléctrica, la que actualmente se expresa en deciSiemens por metro (dS/m) y antes en milimhos por centímetro (mmhos/cm).

Un ejemplo es el sector de Huasco Bajo, Región de Atacama, donde se produce salinización por ascenso capilar de la napa freática. Cuando el nivel de agua se ubica a una profundidad promedio de 124 centímetros, la conductividad en la superficie se eleva a 17,6 dS/m (extremadamente salino), mientras que cuando el agua se encuentra a un promedio de 148 centímetros de profundidad, es de 6,9 dS/m (medianamente salino).

La conductividad eléctrica está

Efectos de las sales sobre el suelo

Comúnmente, los suelos salinos tienen propiedades físicas normales. Sin embargo, las reacciones fisicoquímicas de los suelos sódicos pueden causar la desintegración de los agregados (pérdida de estructura), producto del hinchamiento y dispersión de las arcillas. Esta desintegración se ve favorecida por los bajos contenidos de materia orgánica. Así, se reduce la permeabilidad del suelo, el que toma un aspecto muy limoso, y sus condiciones hacen que el laboreo sea ineficiente.

Las características físicas de dichos suelos se deben, en gran medida, a la notable capacidad de hidratación del sodio. Cuando este elemento se humedece -tal como ocurre con la sal de mesa común o cloruro de sodio-, retiene las moléculas de agua con gran fuerza y se hincha. Si el proceso continúa y hay abundante cantidad de sodio, se produce la dispersión del suelo, observándose abundante polvo suelto o «chusca» en la superficie del potrero.

La disminución de la permeabilidad se produce porque, al disgregarse el suelo, se reduce el tamaño de los poros, condición que, además, favorece el encostramiento y dificulta el laboreo.

La dispersión y desintegración de los agregados del suelo puede ocurrir a valores de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) menores a 15, si la concentración total de sales solubles es baja.

En suelos con niveles de calcio y magnesio relativamente altos en comparación al sodio, o simplemente con altas concentraciones de sales solubles (suelos salinos), la competencia por formar uniones con las arcillas es ganada por estos elementos que, a diferencia del sodio, tienen menor capacidad de hinchamiento. Esto permite que las partículas puedan acercarse bastante para su cohesión y

LA AGRICULTURA



Suelo disperso por los elevados valores de sodio intercambiable. El color oscuro es típico en estas condiciones.

estrechamente relacionada con la cantidad de sales disueltas en la solución del suelo que no están precipitadas y que contribuyen a retener el agua, haciendo más difícil su absorción por las raíces de las plantas. Esto provoca a los cultivos problemas semejantes a la falta de agua o estrés hídrico.

Los iones más comunes que generan salinidad son: calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruro, bicarbonato y sulfato. Cuando el ión predominante es el sodio sobre el calcio y el magnesio, entonces se produce un proceso particular de salinización llamado sodificación o suelos sódicos, los que se clasifican por su porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

formación de agregados; entonces el suelo tiene estructura. Un suelo con estructura posee poros de mayor tamaño, lo que mejora la permeabilidad y laboreo en comparación a suelos que presentan partículas individuales y no forman agregados.

Cationes tales como los señalados (calcio y magnesio) son atraídos a la superficie de las arcillas con una fuerza dos veces mayor que el sodio, lo que resulta muy positivo, ya que de existir aumentos en los niveles de sodio, se podría mitigar su efecto con la adición de calcio. En algunos casos, la adición de yeso a la superficie del suelo o al agua de riego puede ayudar a evitar problemas de bajas infiltraciones y encostramiento. El yeso aumenta la concentración total de sales del agua de riego y suministra calcio (divalente) para reemplazar el sodio.

En resumen, los suelos con altas concentraciones de sales y bajos valores relativos de sodio (bajos valores de PSI) pueden considerarse como indicadores de buenas propiedades físicas del suelo. Al revés, bajas concentraciones de sales y proporciones relativamente altas de sodio (PSI altos), afectan negativamente la permeabilidad y el laboreo de los suelos.

Efectos de las sales en las plantas

Un exceso de salinidad en el suelo reduce la tasa de crecimiento de las plantas. Tal afirmación corresponde a la hipótesis que sostiene que la planta debe gastar más energía para absorber agua desde un suelo salino y hacer los ajustes bioquímicos necesarios para sobrevivir, desviando para ello energía desde los procesos de crecimiento y desarrollo.

Comúnmente, el crecimiento se detiene cuando un cierto valor de salinidad, llamado «umbral», es excedido. Este valor depende del cultivo y de factores abióticos tales como la temperatura, la humedad



Los métodos de riego localizado y la incorporación de materia orgánica compensan el uso de aguas de riego de calidad marginal.

relativa, la velocidad del viento y la fuerza con que esté retenida el agua en la solución del suelo. La detención del crecimiento es directamente proporcional al aumento de la salinidad, hasta la muerte de la planta. El valor umbral está relacionado con la tolerancia. La tolerancia a sales de muchos cultivos puede ser expresada de la siguiente manera:

Fórmula de Maas y Hoffman

$$R_r = 100 - b(C_{ee} - a)$$

Donde:

R_r = Rendimiento relativo esperado (%).

a = Valor umbral o nivel en el cual el rendimiento comienza a disminuir (conductividad eléctrica).

b = Tasa de caída del rendimiento.

C_{ee} = Salinidad del suelo medida como conductividad eléctrica en el extracto de saturación, expresada en dS/m.

En el Cuadro 1 se indican valores de a y b para algunos cultivos, que han sido determinados sobre la base del crecimiento vegetativo de cada especie. En todo caso, puede que no siempre reflejen exactamente el rendimiento de la plantación o huerto, y no estén en estrecha relación con la calidad. Para conocer la salinidad del suelo debe hacerse un análisis en laboratorio.

Esta ecuación asume que los cultivos responden primariamente al potencial osmótico de la solución del suelo, debiendo considerar separadamente los efectos de iones específicos, generalmente menos importantes.

La mayoría de las plantas son relativamente tolerantes durante la germinación y más sensibles durante el estado de plántulas. Por lo tanto, es necesario

mantener bajos niveles de salinidad después de la germinación. En algunos casos, como el del tomate industrial y el del melón, una salinidad alta en las fases finales de desarrollo del cultivo favorece la acumulación de sólidos totales, maduración y calidad del producto. En frutales puede ocurrir que variedades de una misma especie presenten diferentes tolerancias a las sales. También sucede que distintos portainjertos de frutales y viñas soporten de distinta manera la presencia de las sales. Todo depende de la capacidad de cada uno para regular la absorción y movilización de sales potencialmente tóxicas -como el sodio, boro y cloruro- a la parte aérea. Uno de los casos más interesantes es lo que sucede en vides. Experiencias extranjeras señalan que de las 59 especies del género *Vitis*, por lo menos ocho son más resistentes a la toxicidad por cloruro, en comparación a *Vitis vinifera*. En Chile también se ha probado que el uso de algunos portainjertos en suelos salinos favorece el crecimiento y desarrollo de las variedades injertadas. En este sentido los patrones que presentan mayor



Los cítricos, considerados susceptibles a la salinidad, requieren cuidados especiales en relación a la fertilización con macro y micronutrientes.

El crecimiento de las plantas se detiene cuando se excede un cierto valor de salinidad. A mayor salinidad, mayor detención del crecimiento, hasta la muerte de la planta.

tolerancia generalmente son clones o cruzamientos entre *V. riparia*, *V. rupestris*, *V. berlandieri* y *V. champini*. De hecho, el patrón comercial tolerante a sales que existe en Estados Unidos, el Salt Creek, es de la especie *V. champini*. En cítricos y paltos también existen diferencias entre patrones.

La tolerancia a las sales también depende del método de riego y su frecuencia. En riego por surco y tendido, las concentraciones de sales, dentro del perfil regado, cambian constantemente. El riego por aspersión resulta potencialmente peligroso debido al daño que puede producir en el follaje. Es posible evitar este último problema regando en la noche.

El clima constituye el principal factor que afecta la tolerancia de los cultivos a las sales. Si se presenta frío y húmedo, la tolerancia aumenta, mientras que si es seco y caluroso, disminuye.

Si además de salinos, los suelos son sódicos, en algunas especies cabe que ocurran deficiencias o desbalances nutricionales de calcio, fósforo, zinc y hierro, pudiendo mejorarse éstos en algunos casos con el uso de enmiendas, tales como el yeso y el ácido sulfúrico (este último en suelos calcáreos). El aumento de la salinidad también puede favorecer la expresión de enfermedades, como *Botrytis* en alcachofa y *Phytophthora* en cítricos.

Es posible que la salinidad promedio en la profundidad del sistema radical del cultivo cambie durante la estación de crecimiento y desarrollo. Entonces la salinidad real a la cual se enfrenta el cultivo, debe ser ponderada por el tiempo de exposición de las raíces a los diferentes cambios.

En la segunda parte de esta serie se analizarán algunas herramientas utilizadas para realizar un adecuado diagnóstico de salinidad. ▲

Cuadro 1

Valores de tolerancia a la salinidad para algunos cultivos

Cultivo	Umbral de salinidad (a)	Tasa de caída (b)
Alfalfa	2,0	7,3
Cebolla	1,2	16,0
Frutilla	1,0	33,0
Lechuga	1,3	13,0
Maíz	1,7	12,0
Naranja	1,7	16,0
Papa	1,7	12,0
Pepino ensalada	2,5	13,0
Pimiento	1,5	14,0
Poroto	1,0	19,0
Repollo	2,8	9,2
Tomate	2,5	9,9
Vid	1,5	9,6
Zanahoria	1,0	14,4
Zapallo de guarda	3,2	16,0
Zapallo italiano	4,7	9,4