

LA SALINIDAD EN LOS SUELOS

La salinización o alcalinización de los suelos agrícolas es quizás el problema más serio que enfrenta la agricultura actual. En México, la salinización afecta el 3.2% del territorio nacional (600,000 ha) y se concentra principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, San Luis Potosí, Chiapas, Nuevo León, Oaxaca, Veracruz y Zacatecas (SEMARNAT, 2009). Los suelos salinos se concentran en áreas de riego de zonas áridas, las cuales ocupan el 60% de la superficie del país, y donde este proceso se acelera con el uso de aguas ricas en sales y un manejo inadecuado de los suelos, lo que ocasiona un deterioro progresivo de estos suelos, disminuyendo la producción y calidad de las cosechas (Bayuelo *et al.*, 2002; Zamudio *et al.*, 2004).



Figura 1. Suelos afectados por sales.

Origen de la salinidad del suelo

La salinización es el proceso de acumulación de sales en los suelos con predominio de calcio y magnesio. En cambio, la sodificación o alcalinización se da cuando en el suelo

predomina netamente el sodio. Tanto la salinización como la sodificación proceden de orígenes muy diferentes. Estos pueden ser de origen natural o proceder de contaminación antrópica (Figura 1). La salinización natural es aquella asociada a condiciones de aridez y presencia de materiales originales ricos en sales; mientras que la salinización antropogénica se debe principalmente a la actividad agrícola (riego) y pecuaria (desechos). La concentración de sales solubles en el suelo se determina mediante la conductividad eléctrica, cuyas unidades de medida son el mmhos/cm (milimhos/cm) y el dS/m (deciSiemens/metro). Por otra parte, la concentración de sodio en el suelo se mide por la razón de adsorción de sodio (RAS) y mediante el porcentaje de sodio intercambiable.

Las aguas subterráneas utilizadas en el riego presentan sales solubles como: sodio, calcio, magnesio,

potasio, sulfatos y cloruros disueltos de las rocas y minerales. Asimismo, en regiones áridas, el viento arrastra partículas en suspensión como: carbonatos, sulfatos y cloruros, acumulándose en los suelos donde son depositados. La evaporación del agua sobre el suelo permite que se acumulen cantidades excesivas de sales, salvo que exista una lixiviación y drenaje adecuados. Este proceso de salinización de los suelos se denomina salinización por irrigación (Smith y Smith, 2007).

Existen cultivos sensibles a la salinidad y sodicidad de los suelos como: frutales (aguacate, ciruelo, almendro, peral, y cítricos entre otros), mientras que, dentro de los rangos normales de salinidad, la sensibilidad de la planta está determinada sobre todo por la composición de las sales y no por la concentración total de éstas (López *et al.* 2008).

La concentración de sales confiere a los suelos, propiedades con efectos nocivos para los cultivos, donde se distinguen dos situaciones, según sea el catión predominante en el complejo de cambio Ca^{2+} o Na^{+} . Si el catión dominante es el Ca^{2+} , y las sales solubles son muy abundantes en el suelo, es probable que el perfil se encuentre muy poco diferenciado, pero su estructura tiende a ser estable, como resultado de la acción floculante del Ca^{2+} , por lo que la alta presión osmótica de la solución del suelo es la responsable de la baja productividad. Los suelos con las cualidades mencionadas se denominan suelos salinos o halomorfos (suelos con abundante NaCl derivado del mar o rocas), siendo el Solonchak el más representativo de ellos, que es un suelo con alta concentración de sales solubles en algún momento del año; los cuales están ampliamente confinados a zonas climáticas áridas y semiáridas y regiones costeras en todos los climas (IUSS 2007).

Por otro lado, cuando el Na^{+} es el catión dominante se produce la dispersión de las arcillas, lo que lleva a una destrucción de la estructura que, aunado al proceso de hidrólisis de las arcillas sódicas, producen la alcalinización del perfil. Los suelos sódicos o alcalinos presentan estas características y los más comunes son los Solonetz, que son suelos con un horizonte subsuperficial arcilloso denso, fuertemente estructurado, que tiene una proporción elevada de iones Na^{+} y/o Mg^{2+} adsorbidos (IUSS 2007).

Clasificación de los suelos salinos o alcalinos

Los suelos salinos o alcalinos son aquellos que contienen una elevada concentración de sales solubles (salinos) y/o sodio intercambiable en las arcillas (suelos alcalinos o sódicos). Las sales más comunes

en los suelos salinos son: cloruro de sodio (NaCl), cloruro de magnesio (MgCl₂), sulfato de magnesio (MgSO₄) y sulfato de sodio (Na₂SO₄), de las cuales, la mayoría provienen del mar (Badia, 1992). Entre los diferentes tipos de suelos salinos o alcalinos existe toda una graduación cuyos efectos sobre el desarrollo de las plantas puede ser variable. En base a esta consideración, Richards (1982) menciona que se han agrupado los suelos afectados por sales en cuatro categorías (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación de suelos salinos o alcalinos.

SUELO	CE	PSI	pH	UBICACIÓN DE LAS SALES EN EL SUELO
	(dSm-1)	(%)	Adimensional	
Salino	> 4	< 15	7.0 - 8.5	Disueltas en la solución del suelo Costras blancas de sal en la superficie
Sódico o alcalino	< 4	> 15	8.5* - 10.0	Adsorbidas en las arcillas (Na ⁺) Costras negras y quebradizas en la superficie
Salino-sódico	> 4	> 15	< 8.5*	Adsorbidas en coloides y en la solución del suelo Costras blancas y oscuras en la superficie
Normal	< 4	< 15	6.5 - 7.5	Adsorbidas en coloides y en la solución del suelo

CE: Conductividad eléctrica medida en el extracto de saturación del suelo (Concentración de sales en la solución del suelo); PSI: Porcentaje de sodio intercambiable (Porcentaje de sodio adsorbido en los coloides del suelo).

*Algunos autores consideran el valor de pH entre 8.2 y 10 para suelos sódicos y menor a 8.2 para suelos salino-sódico.

Fuente: Adaptado de: De la Peña (1980) y Richards (1982).

Los suelos normales son aquellos que poseen una concentración de sales tal que no afecta el desarrollo de los cultivos. Los suelos salinos presentan muchas sales en solución (fase líquida), bajo contenido de sodio absorbido en las arcillas (fase sólida), esta flocculado y estructurado, por lo que, no presentan problemas de infiltración y permeabilidad, la cual es igual o mayor que en un suelo normal. En los suelos salinos, el lavado con un exceso de agua baja en sales, puede disminuir la concentración y/o acumulación de éstas en el suelo (De la Peña, 1980; Richards, 1982).

Por otro lado, los suelos sódicos o alcalinos tienen cantidades de sodio intercambiable muy altas (afectan a los cultivos) y con bajas concentraciones de sales solubles. El sodio (Na⁺) es más activo que el calcio (Ca²⁺) y magnesio (Mg²⁺), lo que provoca que las partículas del suelo (arcillas) se dispersen y se destruya la estructura del suelo. Por esto, los suelos sódicos presentan baja permeabilidad

(infiltración lenta) y alta defloculación, que los hace difíciles de trabajar. Estos suelos presentan un pH entre 8.5 y 10, debido a la ausencia de hidrógeno (H^+) y abundancia de Na^+ en la solución del suelo. Por su parte, los suelos salino-sódico presentan un exceso de sales en la solución del suelo y un alto porcentaje de sodio intercambiable en los coloides del suelo. En estos suelos no es recomendable el lavado ya que puede derivar en la formación de suelos sódicos, generando problemas mayores (De la Peña, 1980; Richards, 1982).

Fuentes

- Badia V., D. 1992. Los suelos afectados por sales. *Butll. Soc. Cact. Cien.* 13(1):609-629.
- Bayuelo J., J. S., D. G. Debouck y J. P. Lynch. 2002. Salinity tolerance in Phaseolus species during early vegetative growth. *Crop Science* 42: 2184-2192
- De la Peña, I. 1980. Salinidad de los suelos agrícolas: su origen, clasificación, prevención y recuperación. SARH. Boletín técnico #10.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- López C., M.F., V. Arbona, R. M. Pérez C., A. Gómez C. 2008. Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. *Environmental and Experimental Botany.* 62(2): 176-184.
- Mata F., I., M. L. Rodríguez G., J. López B. y G. Vela C. 2014. Dinámica de la salinidad en los suelos. *Revista digital del Departamento. El Hombre y su ambiente. E-BIOS* 1(5):26-35.
- Richards, L. A. Ed. (1982). Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos. US Salinity Laboratory. Ed. Limusa. México.
- Smith, T. M y R. L. Smith. 2007. *Ecología*. Ed. Pearson-Addison Wesley. Madrid España. 776 p.
- Zamudio G., B., L. López P., G. Alcántar G. D. R. González E., J. A. Ruiz C., J. Z. Castellanos R. 2004. Delimitación de áreas salinas en el distrito de riego de Caborca, Sonora, México. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 22(1): 91-97.