



Novedades científicas

De actualidad

Reconocimiento

Noticias de la AMC



La sal del suelo

La acumulación de sales en los suelos puede alterar sus propiedades y deteriorar los servicios que brindan, como la producción de alimentos o el almacenamiento del agua. Estos efectos se han acelerado por la intervención humana y por la crisis climática global, con consecuencias sociales como el abandono de tierras, el empobrecimiento o la migración de los pobladores.

El suelo: motor de los ecosistemas y del bienestar humano

Al ser la salinidad una de las más graves amenazas para las actividades agrícolas y el ambiente en zonas áridas, el conocimiento y manejo de este tipo de degradación es primordial para mantener la productividad del suelo y evitar el colapso de los ecosistemas.

El suelo es un recurso no renovable de cuyas funciones depende la autorregulación, la productividad de los ecosistemas y la calidad de vida del ser humano. Entre los servicios que el suelo brinda se encuentra el soporte de las plantas, a las cuales también provee de agua y nutrimentos para la producción de biomasa agrícola o forestal. El almacenamiento, filtrado, amortiguamiento y transformación de sustancias es otra función del suelo, por lo que resulta fundamental en la regulación del ciclo hidrológico, el almacenamiento de carbono (importante en el contexto del cambio climático global), la atenuación de contaminantes, el ciclaje de nutrimentos y el intercambio gaseoso con la atmósfera. Asimismo, es el hábitat de millones de organismos y la base física para el desarrollo habitacional, industrial y productivo (Brady y Weil, 2002).

¿Sal en el suelo?

 De forma natural todos los suelos presentan una cierta cantidad de sales; sin embargo, existen distintos factores que llevan a su acumulación, es decir, a la salinización del suelo. En la mayoría de los casos se originan en los minerales atrapados en las rocas que se desgastan y liberan las sales a lo largo de cientos de años. Estas sales son principalmente cloruros y sulfatos de calcio, magnesio, potasio y

sodio que pueden ser transportados de regiones de mayor a menor altitud (por ejemplo, de montañas a valles), o de zonas con mayor humedad hacia regiones más secas (por ejemplo, del manto freático a la superficie del suelo; véase la Figura 1), donde el agua eventualmente se evapora, pero las sales permanecen y se acumulan con el paso del tiempo. En zonas de litoral, la brisa marina puede transportar sales que incrementan gradualmente la salinidad de los suelos circundantes. En resumen, los suelos salinos se presentan naturalmente y, en mayor proporción, en regiones áridas y semiáridas, en cuencas cerradas y en regiones costeras (Bresler y cols., 1982; Brady y Weil, 2002).

Los suelos naturalmente salinos albergan valiosos ecosistemas con gran variedad de plantas que se

adaptan a las condiciones de salinidad (por ejemplo, los manglares en los humedales costeros); sin embargo, el aumento de las sales puede presentarse rápidamente en respuesta a las actividades humanas, evitando el desarrollo de cualquier tipo de planta. Durante las últimas décadas, la expansión de la agricultura y, sobre todo, de las zonas bajo irrigación han provocado la salinización del suelo. La causa principal es la aplicación de riego con agua rica en sales y el uso de agroquímicos, como fertilizantes o plaguicidas, de forma excesiva. Fuera del sector agrícola y en ambientes fríos, la aplicación de sal y otros químicos como agentes descongelantes en carreteras y calles es una práctica que contribuye a la salinización del suelo y del agua (Bresler y cols., 1982; Vargas y cols., 2018).

El cambio climático también influye en la salinización del suelo. Por ejemplo, el aumento del nivel del mar no sólo puede llevar a la pérdida de tierra, sino también a la intrusión de agua salina en las aguas subterráneas y a una posible salinización del suelo. Se prevé también que, dadas las predicciones de un aumento del número y fuerza de los tsunamis, puede haber una mayor invasión del agua de mar en áreas antes no afectadas, lo cual también podría propiciar la salinización. Además, el incremento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones pueden favorecer el ascenso capilar de agua subterránea salina hacia la superficie del suelo. Finalmente, el hielo del **permafrost** contiene una cantidad significativa de sal, por lo que su deshielo progresivo, como consecuencia del calentamiento global, también aumentará la salinidad de los suelos (Vargas y cols., 2018).

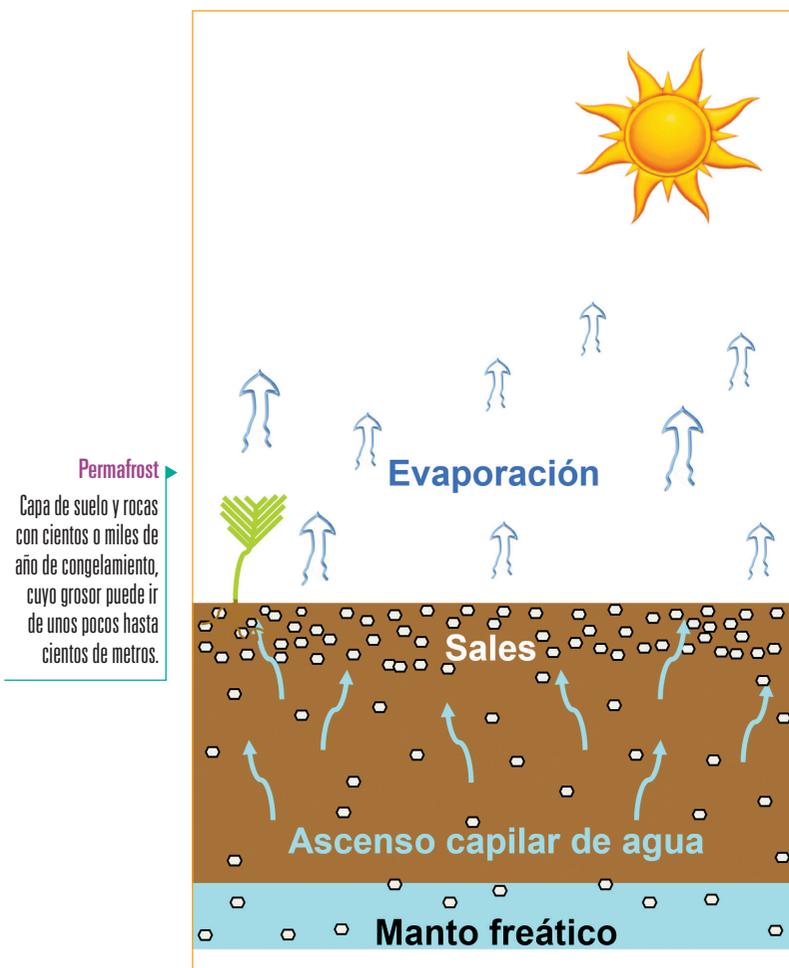


Figura 1. Ascenso capilar de agua desde un manto freático de poca profundidad (< 2 m). Se observa el proceso de salinización en la superficie del suelo después de que el agua se ha evaporado.

■ **¿Qué tan grave es el problema?**

■ Los suelos afectados por sales se encuentran distribuidos en todo el mundo, aunque la distribución y daño varía entre una región y otra. La extensión global se calcula en unos 1 128 millones de hectáreas. Medio Oriente y Australia son las regiones con mayores problemas (Wicke y cols., 2011). Sin embargo, México no es la excepción y ejemplo de ello es la superficie nacional afectada, la que asciende a

más de un millón de hectáreas. De éstas, gran parte se presenta en zonas agrícolas, de las cuales cerca de un 10% de las áreas bajo irrigación están afectadas (Semarnat, 2018), y el peligro de la incorporación de más tierras afectadas por sales es inminente en todo el mundo.

Hassani y cols. (2021) mencionan que, de acuerdo con predicciones a largo plazo (años 2031 a 2100), las zonas áridas de América del Sur, el sur de Australia, México, el suroeste de los Estados Unidos y Sudáfrica corren el mayor riesgo de aumento de la salinidad del suelo en comparación con el periodo de referencia (1961-1990). También prevén que –en respuesta al cambio climático proyectado para 2100– la salinización aumente en las zonas áridas de España, Marruecos, el norte de Argelia, el sur y oeste del Sahara, el centro de la India, el sureste de Mongolia y el norte de China. Hassani y cols. (2021) también indican que el grado de salinidad del suelo permanecerá constante o disminuirá en relación con el periodo de referencia en las zonas áridas ubicadas en el noroeste de los Estados Unidos, el África Oriental, Europa del Este, Turkmenistán y el oeste de Kazajistán.

■ ¿Cuáles son las consecuencias?

■ La presencia de sales en el suelo puede limitar el desarrollo vegetal por la presencia de iones tóxicos como el sodio o el cloruro, por lo que los sitios se pueden volver improductivos cuando la concentración salina aumenta. En el caso de que exista una alta presencia de sodio, las partículas del suelo tienden a dispersarse y taponear los poros del suelo. Lo anterior provoca compactación y reduce la aireación y la infiltración del agua, por lo que, en caso de establecerse, el crecimiento de plantas será muy deficiente. Los suelos afectados por sales también presentan un pH que limita la disponibilidad de nutrientes esenciales, como hierro, zinc o manganeso. Esto agrava las condiciones para el establecimiento y desarrollo de la vegetación y repercute en los microorganismos del suelo, lo cual afecta negativamente la biodiversidad en suelos afectados por sales (Bresler y cols., 1982; Brady y Weil, 2002).



La disminución de la infiltración del agua y una escasa cobertura vegetal que proteja al suelo pueden ocasionar un aumento de la erosión. Dicha erosión tiene consecuencias como la dispersión de las sales hacia otros suelos o la disminución de la calidad del aire por aumento del polvo en la atmósfera. Ejemplo de esto es la cantidad de polvo proveniente del ex Lago de Texcoco, que afecta al nororiente de la Ciudad de México en época seca. La erosión y la escasa cobertura también disminuyen la captura de carbono de estos suelos. Además del deterioro ambiental, las sales pueden dañar materiales como el concreto, comprometiendo la vida útil de infraestructuras como edificios, carreteras o puentes, los cuales requieren de mayores inversiones para su mantenimiento.

También existen otros aspectos que requieren atención inmediata, como el empobrecimiento de poblados enteros cuyas parcelas presentan salinización, o casos extremos como las migraciones masivas, un impacto poco estudiado en relación con la salinización del suelo, pero con grandes repercusiones a nivel internacional cuando se empalman otros detonantes de degradación ambiental que fomentan el desplazamiento de personas (Brady y Weil, 2002; Semarnat, 2018; Vargas y cols., 2018).

Como se mencionó, los problemas de salinización son particularmente graves en climas áridos por la baja precipitación. Esta condición puede fa-

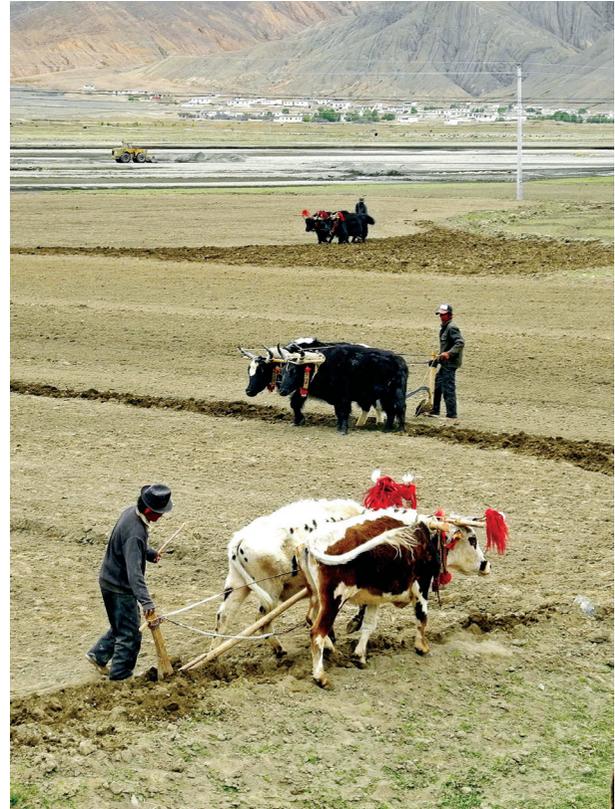
vorecer procesos de desertificación irreversibles con consecuencias como la pérdida total del suelo, escasez de agua, hambrunas prolongadas o extinción de especies. Si consideramos que las superficies áridas ocupan cerca del 41% de la superficie del planeta, que éstas albergan a un tercio de la población mundial y que las predicciones climáticas indican que la aridez aumentará en los próximos años, la magnitud de los problemas por la salinización de los suelos será peor de lo que se piensa, afectando incluso zonas de clima templado y suelos aún fértiles y productivos, lo cual comprometería significativamente la seguridad alimentaria de millones de personas (White y Nackoney, 2003).

¿Qué hacer?

Los métodos de manejo y recuperación de suelos afectados por sales son muy variados. En general, estas técnicas pueden ser efectivas cuando la salinidad es baja o la extensión de los suelos a recuperar es pequeña (por ejemplo, pocas hectáreas). Se debe considerar también que en la mayoría de los casos se requiere la combinación de dos o más tratamientos, los cuales pueden elevar el costo o aumentar los periodos de su aplicación a varias décadas. Asimismo, la efectividad de la recuperación está comprometida si la causa de la salinidad no puede ser controlada (por ejemplo, ascenso del agua subterránea, brisa marina o deshielo del permafrost) ya que, de lo contrario, el suelo podría volver a salinizarse en poco tiempo (Bresler y cols., 1982; Vargas y cols., 2018).

Entre los métodos más usuales están las actividades de labranza, como el arado de capas endurecidas. También se puede hacer un lavado de los suelos mediante la aplicación de agua para diluir las sales solubles; sin embargo, se requieren grandes volúmenes de agua baja en sales, lo cual es poco viable, sobre todo en regiones áridas donde ésta escasea. Además, se necesita la instalación de un drenaje que dé salida a las aguas salinas y la gestión de éstas para evitar que sean vertidas en lugares inadecuados (Bresler y cols., 1982; Brady y Weil, 2002).

Existen otros métodos que consisten en agregar sustancias como el yeso para reemplazar el sodio por



calcio o magnesio, pero también se requiere el uso de altos volúmenes de agua. Otra técnica es la electroremediación, que utiliza electrodos para aplicar una corriente eléctrica y de esta forma movilizar las sales hacia un sitio en particular. Sin embargo, el hecho de que involucra varios aspectos fisicoquímicos, así como propiedades del suelo, aumenta la complejidad de la técnica y los costos (Vargas y cols., 2018).

Entre los métodos más accesibles y amigables con el ambiente se encuentra la introducción de plantas tolerantes a la sal. Estas especies, mediante el crecimiento de sus raíces, pueden incrementar la infiltración del agua y la aireación del suelo, además aportan materia orgánica a través de sus residuos. Sin embargo, no todas las plantas pueden crecer en sitios con alta salinidad y se corre el riesgo de una invasión de especies traídas de otras zonas (especies exóticas o modificadas genéticamente), por lo que las opciones vegetales se reducen dependiendo de la afectación del suelo. Finalmente, una de las opciones más viables es la adición de abonos orgánicos (por ejemplo, compostas o materiales carbonizados)

que pueden ser aplicados solos o con otras técnicas, como la introducción de vegetación. Esto puede mejorar la porosidad, la actividad biológica y la disponibilidad del agua y de nutrientes en el suelo. No obstante, en algunos casos la alta concentración de sales y la fácil degradabilidad de los abonos pueden producir efectos secundarios como la emisión de gases de efecto invernadero (Bresler y cols., 1982; Brady y Weil, 2002), por lo que las opciones a emplear, incluso las que podríamos considerar menos dañinas como el uso de abonos, tienen ciertos riesgos que deben ser considerados.

Finalmente, el conocimiento de la distribución y la probabilidad de (re)aparición de suelos afectados por sales es crucial para comprender la degradación de la tierra y para la implementación de estrategias de recuperación efectivas frente a futuras incertidumbres climáticas. Por ello, los próximos años serán cruciales para el desarrollo de métodos de análisis espaciotemporal a gran escala, cuyos resultados tendrán implicaciones en la evaluación de tierras, la simulación del crecimiento de cultivos y la gestión sostenible del suelo y del agua.

Conclusiones

La salinización del suelo, como muchos otros problemas ambientales, no conoce fronteras y aunque la mayor parte de las tierras afectadas se concentra en zonas áridas y semiáridas, el problema de la salinización puede escalar y sus consecuencias actuales y futuras sentirse en todas las naciones. Por ejemplo, la demanda de suelos fértiles se intensificará año con año y la salinidad del suelo –además de otros problemas como la insuficiencia de agua– será uno de los principales retos para mantener la producción agropecuaria y forestal de una población mundial cada vez con más demandas y en crecimiento.

Algunos de los procesos involucrados en la salinización se han estudiado a fondo, como los relacionados con el riego o el uso de agroquímicos. Hay otros, sin embargo –como el efecto del cambio climático–, que son inciertos y la magnitud de su im-

pacto aún se desconoce. Si no se toman acciones para controlar y prevenir la salinización del suelo, el riesgo de la pérdida de ecosistemas, la escasez de alimentos o el potencial de migraciones masivas se incrementará exponencialmente.

Elizabeth Chávez-García

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.

elizabethchavezg@filos.unam.mx

Referencias específicas

- Brady, N. C. y R. R. Weil (2002), *The nature and properties of soils*, EUA, Prentice Hall.
- Bresler, E., E. L. McNeal y D. L. Carter (1982), *Saline and sodic soils. Principles-dynamics-modeling*, Berlín, Springer-Verlag.
- Hassani, A., A. Azapagic y N. Shokri (2021), “Global predictions of primary soil salinization under changing climate in the 21st century”, *Nature Communications*, 12:6663, Disponible en: <doi.org/10.1038/s41467-021-26907-3>, consultado el 10 de enero de 2021.
- Vargas, R., E. I. Pankova, S. A. Balyuk, P. V. Krasilnikov y G. M. Khasankhanova (2018), *Handbook for saline soil management*, Roma, Food and Agriculture Organization of the United Nations y Lomonosov Moscow State University. Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/17318EN/>, consultado el 8 de febrero de 2021.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018), *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*, México, Semarnat. Disponible en: <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>, consultado el 22 de enero de 2021.
- White, R. P. y J. Nackoney (2003), *Drylands, people, and ecosystem goods and services: A web-based geospatial analysis*, Washington, D. C., World Resources Institute. Disponible en: <https://www.wri.org/drylands-people-and-ecosystem-goods-and-services>, consultado el 24 de enero de 2021.
- Wicke, B. y cols. (2011), “The global technical and economic potential of bioenergy from salt-affected soils”, *Energy & Environmental Science*, 4:2669-2681.