



Procesos formadores de suelos: salinización

Apellidos, nombre	Moreno Ramón, Héctor (hecmoda@prv.upv.es) Ibáñez Asensio, Sara (sibanez@prv.upv.es)
Departamento	Producción Vegetal
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen

En este artículo vamos a presentar las ideas clave relativas al proceso formador de salinización, caracterizada por la movilización de las sales presentes en la naturaleza y que provocan problemática en algunos cultivos y plantas en función de su nivel de tolerancia.

2 Introducción.

Los procesos formadores de suelos son todas aquellas reacciones y alteraciones de tipo físico, químico y/o biológico que transforman un "no suelo" en suelo. El suelo es el sustrato idóneo para el crecimiento de las plantas, capaz de proporcionarles anclaje, agua y elementos nutrientes.

Como resultado de la alteración y transformación de las rocas los suelos heredan muchas de las propiedades del material original, o material parental, a partir del que se forman, madurando y envejeciendo a medida que siguen actuando los diferentes procesos de alteración con el discurrir de los años (Figura 1).

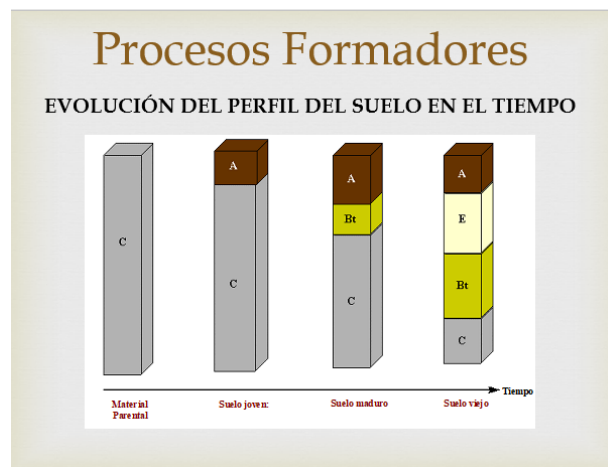


Figura 1. Transformación de un "no suelo" en suelo

Los procesos formadores fundamentales son la *meteorización* en sus diferentes formas y la *horizontalización*, pero existen otros muchos procesos que pueden diferenciarse en cuatro tipos en atención a los cambios que se producen en los componentes del suelo, ya sea en las partículas como en el espacio poroso que hay entre ellas (Figura 2).



Figura 2. Tipos de procesos formadores del suelo

La salinización/desalinización es un proceso formador de translocación que implica el movimiento de sales solubles en el agua del suelo. Los procesos de translocación de materiales en el suelo son:

1. *De carácter genérico*
 - 1.1. *Eluviación*
 - 1.2. *Iluviación*
 - 1.3. *Lixiviación*
 - 1.4. *Acumulación*

2. *Materiales transportados por el agua*
 - 2.1. *Calcificación/ Descalcificación*
 - 2.2. *Carbonatación /Descarbonatación*
 - 2.3. *Gypsificación/Desgypsificación*
 - 2.4. *Gleyficación*
 - 2.5. Salinización/Desalinización**
 - 2.6. *Sodificación*
 - 2.7. *Alcalinización/Desalcalinización*
 - 2.8. *Argiluviación*
 - 2.9. *Silicación/Desilicación*
 - 2.10. *Laterización*
 - 2.11. *Podsolización*

3. *Movimiento del propio suelo*
 - 3.1. *Argiloturbación*
 - 3.2. *Bioturbación*
 - 3.3. *Crioturbación*



El presente artículo se ha estructurado atendiendo a los siguientes puntos:

1. Resumen
2. Introducción
3. Objetivos
4. Desarrollo
5. Cierre
6. Bibliografía

3 Objetivos

El lector de este documento será capaz de:

- Entender las peculiaridades del proceso formador de salinización
- Identificar las condiciones ambientales que determinan la salinización del perfil del suelo
- Aplicar los conocimientos adquiridos a la formación de los horizontes del suelo

4 Desarrollo

4.1 Definición

La salinización es un proceso principalmente natural que se da en los suelos, donde se acumulan sales solubles en agua. Principalmente la sal que produce este fenómeno es el cloruro de sodio (ClNa), aunque también podemos reconocer otras sales como el ClK. Los principales aniones y cationes que componen las sales solubles que dan lugar a la salinidad son:

- Sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^+).
- Cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), nitrato (NO_3^-), bicarbonato (HCO_3^-).

Las sales conformadas con Sulfato de Calcio (CaSO_4), que también podrían darse como combinación de estos cationes y aniones tienen un proceso específico denominado de Gypsificación, al igual que los carbonatos [CaCO_3 y $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$], cuyo proceso es de carbonatación. De este modo la solubilidad de estas sales es Carbonatos > Yesos > Sales más solubles que el yeso. En este último caso englobamos las sales que provocan el proceso de formación del suelo que estamos estudiando: salinización.

El fenómeno clave necesario para la salinización/desalinización del suelo es la disolución de un compuesto iónico por medio del agua. De esta forma un soluto iónico (sal) como el cloruro sódico [NaCl] al entrar en contacto con el agua [H₂O] (molécula bipolar), provoca que los átomos positivos de cloruro de sodio [Na⁺], sean atraídos por la parte negativa del dipolo del agua, separándolos del cristal de sal. Esa misma situación se producirá entre la parte negativa [Cl⁻] y el dipolo positivo del agua. Esto provocará la separación de aniones y cationes de la estructura cristalina, siendo incorporados en la solución acuosa.



Esta reacción es la que se produce en un suelo cuando hay presencia de dicha sal y tras una lluvia/riego, el agua disuelve las sales y estas en fase acuosa son translocadas a lo largo del perfil.

La disolución de las sales y su posterior precipitación (al desaparecer el agua), son los principales causantes de la salinización/desalinización.

Este proceso suele aparecer generalmente en climas áridos y semiáridos, puesto que en climas húmedos las sales solubles son lavadas y eliminadas del perfil (por lo que, sí que hay desalinización, pero no salinización y por tanto no hay un proceso de translocación).

Debido a esto, el clima es fundamental, siendo la Evapotranspiración una variable clave que ha de ser relevante en la zona. Inicialmente las sales se translocan en el perfil desde horizontes superiores hacia horizontes más profundos por la acción del agua de percolación, aunque en dichas regiones, una capa freática cercana a la superficie puede provocar un ascenso capilar de las sales. En este caso, una capa freática con cierta salinidad (mayor que la del suelo), puede provocar que, debido a la evaporación en la parte alta del perfil del suelo, ciertas sales asciendan por capilaridad y precipiten en la superficie del suelo dando lugar a eflorescencias salinas (Figura 3) que provienen en este caso de la capa freática y no con un origen descendente.



Figura 3: Sales en superficie por ascenso capilar



Por lo que respecta a la salinidad de los suelos, es de destacar que puede ser primaria (de origen natural), es decir, ya sea porque la Roca madre es salina, haya un aporte de sales por capa freática, o sales cíclicas marinas. Por el contrario, hay otra fuente de salinización de origen secundario, es decir, la salinidad aportada por la acción del hombre. En este caso el riego con aguas de mala calidad (salobres) o la fertilización con sales puede dar lugar a procesos de salinización inducidos sobre el perfil del suelo.

La existencia de plantas salinas como la *Salicornia*, el *Tamarix* u otras plantas halófitas y cultivos tolerantes a sales indican la presencia de sales y por consiguiente la posibilidad de que se produzca este proceso formador del suelo, acumulando sales en algún horizonte. En este sentido también es de destacar la existencia de fisiopatías en las plantas debido a la presencia de sales en el suelo. Esto también es un claro indicador de la acumulación de sales en el perfil del suelo y por consiguiente de la translocación de estas en el suelo.

4.2 Procesos formadores similares y/o contrapuestos

Hay otros procesos formadores que presentan grandes similitudes con el proceso de salinización y tiene que ver con los procesos de acumulación de cationes/aniones en el perfil del suelo.

La carbonatación, calcificación, sodificación, gypsificación o alcalinización son procesos de acumulación de compuestos iónicos o sales como el carbonato de calcio, la acumulación de calcio, sodio o Sulfato cálcico en algún horizonte del perfil del suelo. En contraposición, todos los procesos de decarbonatación, descalcificación, desodificación, desgypsificación y desalcalinización son procesos contrapuestos y que, en lugar de acumular sales, provocan su pérdida en profundidad.

4.3 La salinización y el perfil de los suelos

Horizontes genéticos B_z y C_z

La acumulación de sales solubles suele producirse en horizontes B, designándose con el subíndice z (B_z). También podemos anotar la presencia de sales más solubles que el yeso en el horizonte C (C_z).

En el caso de la salinización podemos destacar dos supuestos de localización de las sales en el perfil del suelo en base a su solubilidad. Con la presencia de carbonatos, yesos y sales más solubles que el yeso en el perfil del suelo, podemos encontrar la disposición de las sales de forma muy diferente en base a dos condiciones disímiles: la presencia y ausencia de capa freática fluctuante.

Al ser la solubilidad del carbonato de calcio menor a la del yeso y la del yeso menor a la de las sales más solubles que éste (casos de sales como el ClK o el ClNa), su posición en el perfil se determinará en base a su solubilidad y a la fuente de aporte de sales. En uno de los supuestos, al tener una capa freática fluctuante las sales más solubles serán las que encontremos en la parte superior, pues estarán disueltas en el frente salino, siendo las otras sales menos solubles las que se encuentren en profundidad.

Esta disposición de sales es totalmente inversa al caso en el que no hay presencia de capa freática, puesto que las sales más solubles serán las que podrán ser lavadas en profundidad, encontrándose estas en las zonas más profundas, como se puede observar en el siguiente esquema (Figura 4).

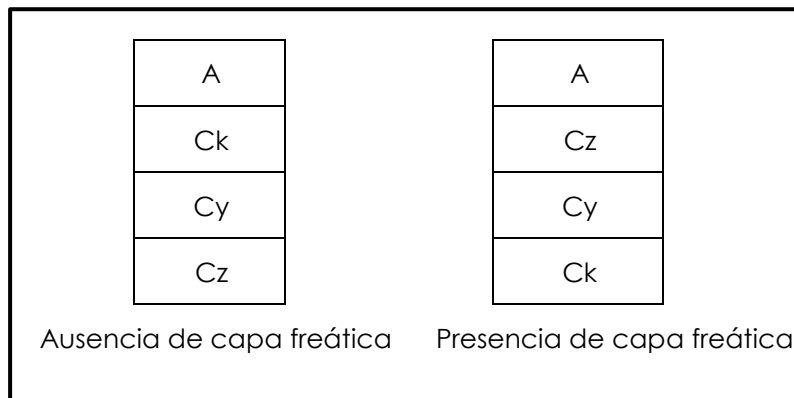


Figura 4: Distribución de sales esquemática en el perfil del suelo

Horizontes sálicos y clasificaciones

Según la *World Reference Base* (WRB, 2015) los suelos que sufren procesos de salinización en su perfil se clasifican principalmente como Solonchaks, los cuales tienen una alta concentración de sales solubles en algún momento del año. Los Solonchaks se encuentran como anteriormente se indicó en zonas climáticas áridas y semiáridas, así como en zonas costeras en todos los climas. Tiene la peculiaridad de tener un horizonte sálico, que recoge altas cantidades de sales fácilmente solubles [más solubles que el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\log K_s = -4.85$ a 25°C)].

Para clasificar los horizontes como sálicos nos centraremos en la Conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE_e) a 25°C , siendo datos accesorios para su identificación el pH del agua del extracto de saturación y el espesor del horizonte. En este sentido la WRB utiliza calificadores para designar el carácter salino de los suelos y por tanto reflejar los procesos de acumulación de sales. La presencia de calificadores primarios y suplementarios como “salic”, “endosalic”, “evapocrustic”, “hypersalic” o “protosalic” en la clasificación de los suelos reflejan la salinidad en el perfil del suelo. Por ejemplo, el evapocrustic refleja la existencia en superficie de una costra salina, mientras que Hypersalic o protosalic reflejan la cantidad de sales expresada en la Conductividad eléctrica del extracto.



Por lo que respecta a los suelos clasificados con la *Soil Taxonomy*, destacar que debe de existir un horizonte sálico (donde se produce la acumulación por translocación de sales), para asignar una taxa con referencia a la salinidad en este sistema de clasificación. En este sentido, la gran mayoría de suelos salinos o que han sufrido procesos de salinización vienen definidos dentro del orden de los Aridisoles. No obstante, a nivel de subgrupo en la taxonomía USDA, muchos órdenes de suelos como los Gelisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Mollisoles también incluyen referencias al carácter salino de los suelos mediante los prefijos "salidic y salic", mientras que a nivel de Gran grupo encontramos los Halaquepts.

Según la *Soil Taxonomy*, el horizonte sálico es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso en agua fría y precisamos para su identificación el espesor y los valore de CE del extracto del suelo.

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto en qué consiste el proceso formador de suelos de salinización, destacando la diferencia que existe entre las diferentes sales del suelo, siendo las más solubles que el yeso, aquellas que quedan reflejadas por este proceso formador del perfil del suelo. La presencia de horizontes Bz y Cz son la clave para la identificación de los procesos de salinización y desalinización en un suelo. Por último, destacar la relación de este proceso con los Solonchaks y los Aridisoles en los Sistema de clasificación de suelos.

Este conocimiento del proceso de salinización te será de gran utilidad a la hora de clasificar un suelo o, simplemente, valorar su idoneidad o aptitud para su puesta en cultivo.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

Gisbert, JM; Ibáñez, S: "Génesis de Suelos", Ed. Universitat Politècnica de Valencia, 2002.

IUSS Working Group WRB, 2015. Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma

Porta, J; López-Acevedo, M; Poch, R.M: "Introducción a la edafología: uso y protección de suelos", Ed. Mundi Prensa, 2011, Madrid.

Porta, J; López-Acevedo, M; Roquero, C: "Edafología para la agricultura y el medio ambiente", Ed. Mundi Prensa, 2003, Madrid.

Soil Survey Staff: "Claves para la Taxonomía de Suelos", 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, 2014, Washington, DC.