

CAPÍTULO 22

Fitorremediación de suelos salinos

Roberto R. Casas¹

¹Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua, PROSA, FECIC.

E-mail: casas.roberto@inta.gob.ar

Introducción

El noroeste bonaerense constituye una región arreica (carente de una red hídrica superficial) que abarca aproximadamente 6 millones de hectáreas; esta región fisiográficamente se conoce como pampa arenosa, transformándose en una de las subregiones más afectadas por las inundaciones recurrentes dentro de la región pampeana.

La zona de referencia configura una gran llanura con pendiente regional de oeste a este; el gradiente promedio es 0,25 por mil. Esta llanura está cubierta por cordones medanosos transversales al norte y médanos parabólicos al sur que entorpecen el drenaje superficial, impidiendo el libre movimiento de las aguas y actuando como barreras o diques naturales que determinan la acumulación en superficie (Casas y Pittaluga, 1990).

El período húmedo que afecta a la región desde 1972 provoca periódicamente el anegamiento de extensas superficies que, por carecer de vías de drenaje naturales, determinan que las áreas planas o ligeramente deprimidas mantengan el agua en superficie por mucho tiempo, comportándose como lagunas temporarias. Esta situación conduce al ascenso regional de la capa freática, que lleva disuelta elevadas cantidades de sales ya existentes en profundidad.

La problemática de la salinización y sodificación de los suelos por efecto de las oscilaciones y composición salina de la capa freática cercana a la superficie está incrementándose en extensión e intensidad afectando en grados diversos a millones de hectáreas de tierra.

Solamente en la provincia de Buenos Aires hay más de 3 millones de hectáreas afectadas por este proceso, principalmente en el noroeste y en ambientes bajos de la depresión del salado. La relevancia del problema cobra actualidad ante la posibilidad de utilizar parte de estas tierras para emprendimientos ganaderos principalmente.

La intensificación de los procesos de salinización y sodificación de los suelos en relación con las oscilaciones de los niveles freáticos con aguas cargadas de sales y sodio, están asociados a la variabilidad climática, principalmente a lluvias superiores a las medias históricas. Pero también son producto de la intensificación del uso agrícola de las tierras más altas circundantes a las afectadas, que alteran y afectan el balance y régimen hídrico de las zonas deprimidas, provocando ascensos temporales o permanentes de los niveles freáticos.

Fluctuación del nivel de la capa freática

Las fluctuaciones de los niveles freáticos se midieron en el Establecimiento Miraflores, partido de Carlos Tejedor, durante una década en forma continuada. En años de lluvias cercanas a la media anual y sin elevadas concentraciones en alguna época del año, la freática alcanza su máxima profundidad hacia fines de marzo (1,50 – 2,00 metros), elevándose a partir de abril y alcanzando su máximo nivel en los meses de junio – julio (0,60 – 1,00 metros). A partir de estos meses comienza a profundizarse en relación con las tasas de evapotranspiración crecientes, particularmente en la primavera y en la estación estival. En general las aguas freáticas del noroeste de la provincia de Buenos Aires son de salinidad elevada, sódica y bicarbonatada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición y contenido salino mínimo y máximo de aguas subterráneas y superficiales correspondientes a los partidos de Carlos Tejedor, Pehuajo y 9 de Julio (Casas y Pittaluga 1990).

	AGUAS SUBTERRÁNEAS				AGUAS SUPERFICIALES			
	Freatímetros		Molinos		Lagunas		Vías de escurrimiento	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
CE (mS.cm)	4,6	18,2	1,7	8,3	3,3	4,2	1,4	4,8
RS (g/l)	7,5	8,2	7,5	7,9	7,2	8,1	8,0	8,5
Ca (mg/l)	19,2	83,7	11,8	29,8	1,5	2,2	19,6	45,1
Mg (mg/l)	20,0	512,0	12,0	48,0	206,0	3,5	19,0	60,0
Na (mg/l)	1393,0	3358,0	340,0	1766,0	28,0	35,0	294,0	929,0
K (mg/l)	21,0	75,0	15,0	53,0	24,0	28,0	25,0	28,0
HCO ₃ (mg/l)	170,0	1365,0	118,0	1061,0	7,1	8,0	622,0	1299,0
Cl (mg/l)	542,0	6203,0	347,0	2246,0	18,0	25,0	148,0	1376,0
SO ₄ (mg/l)	70,0	2723,0	83,0	809,0	7,6	8,3	37,0	222,0
RAS	26	60	15	48	19	20	11	22

CE: conductividad eléctrica; RS: residuos sólidos; Ca: calcio; Mg: magnesio; Na: sodio; K: potasio; HCO₃: bicarbonatos; Cl: cloruros; SO₄: sulfatos; RAS: relación adsorción de sodio.

El proceso de salinización de los suelos

Al disminuir las lluvias, en los sectores planos y deprimidos, los suelos se van secando por infiltración y evapotranspiración. Es entonces cuando comienza a generarse el proceso de salinización quedando interrumpido el ciclo productivo en amplias superficies de la región. En este proceso se pueden reconocer tres fases: la primera de ellas se relaciona con el ascenso de la solución salina por capilaridad. La evapotranspiración se incrementa con el aumento de las temperaturas y vientos de primavera, actuando como una verdadera bomba que succiona en forma ascendente a la solución salina, a través del espacio poroso del suelo (Fig.1).

La segunda fase consiste en la concentración salina en el horizonte superficial en función de los factores mencionados anteriormente (Fig. 2). La tercera fase del proceso de salinización es la formación de las costras salina en superficie, que es particularmente visible en épocas calurosas, ventosas y secas (Fig.3). Estas eflorescencias y costras salinas expresan el grado más intenso de salinización y en estos suelos se superan los 20 ds.m de conductividad eléctrica.

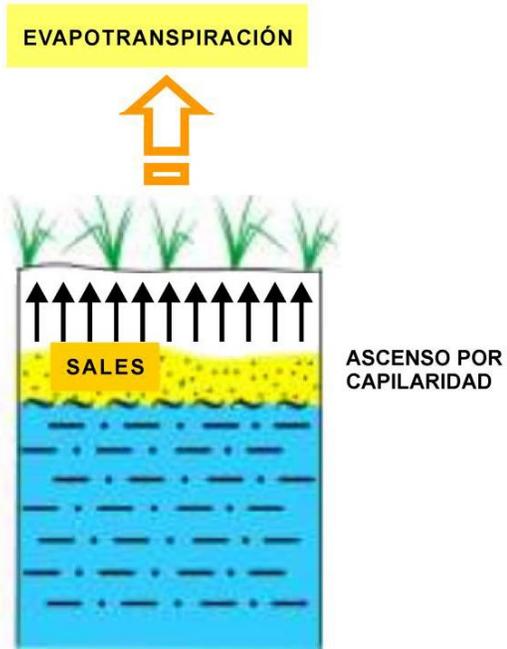


Figura 1. Salinización. Ascenso de solución Salina por capilaridad (primera fase)



Figura 2. Salinización. Concentración salina en el horizonte superficial (segunda fase).



Figura 3. Salinización. Formación de la costra salina (tercera fase).

El problema más común de afectación de estos suelos por sales y sodio se debe principalmente a la presencia de bicarbonato de sodio que se acumula en superficie, transformándose en parte a carbonato de sodio provocando una fuerte alcalinización de los suelos con pH por encima de nueve. La presencia de sodio provoca la dispersión de las arcilla y la materia orgánica, cuya consecuencia es la compactación de los suelos que se tornan duros en seco e impermeables en húmedo. La situación consignada afecta el crecimiento y desarrollo de muchas especies vegetales al limitar el crecimiento de las raíces por la resistencia mecánica y falta de aireación en el suelo. El resultado final es la formación de suelos sódicos del tipo conocidos como “álcali negro” debido a la presencia de materia orgánica dispersa en superficie, con pH superiores a nueve y con problemas de disponibilidad de algunos nutrientes tales como el fósforo y los microelementos.

El proceso de recuperación de los suelos

La recuperación de estos suelos se basa en la necesidad de reemplazar el sodio asociado a las arcillas y la materia orgánica por el calcio. Esto se puede lograr solubilizando el carbonato de calcio presente en el mismo suelo incrementando el contenido de dióxido de carbono a través de la actividad de las raíces y descomposición de residuos orgánicos. Cuando se recurre al sistema de recuperación utilizando plantas forrajeras adaptadas, el proceso es más lento y gradual aunque

menos costoso que utilizando enmiendas químicas que aceleran el proceso tales como el yeso. Por una parte, el ascenso de los niveles freáticos puede mitigarse incrementando las pérdidas de agua por evapotranspiración de una cubierta vegetal adaptada capaz de consumir los excesos de agua de lluvia percolante antes de que provoquen ascensos de los niveles freáticos. Dicha cobertura vegetal y sus residuos pueden provocar una reducción de la evaporación del agua desde la superficie, reducir el ascenso capilar del agua freática y la concentración salina superficial. Por otra parte las pasturas adaptadas, a través de sus sistemas radicales, mejoran la porosidad y permeabilidad del suelo, facilitando la infiltración del agua de lluvia y el desplazamiento de las sales y del sodio hacia la capa freática mantenida a una profundidad adecuada. Experiencias efectuadas en el Establecimiento Miraflores sobre una pastura de Agropiro (*Thinapirum ponticum*) a un año de su implantación permitieron medir los valores de conductividad eléctrica y pH en relación con la pastura natural sobrepastoreada (Figuras 4 y 5).

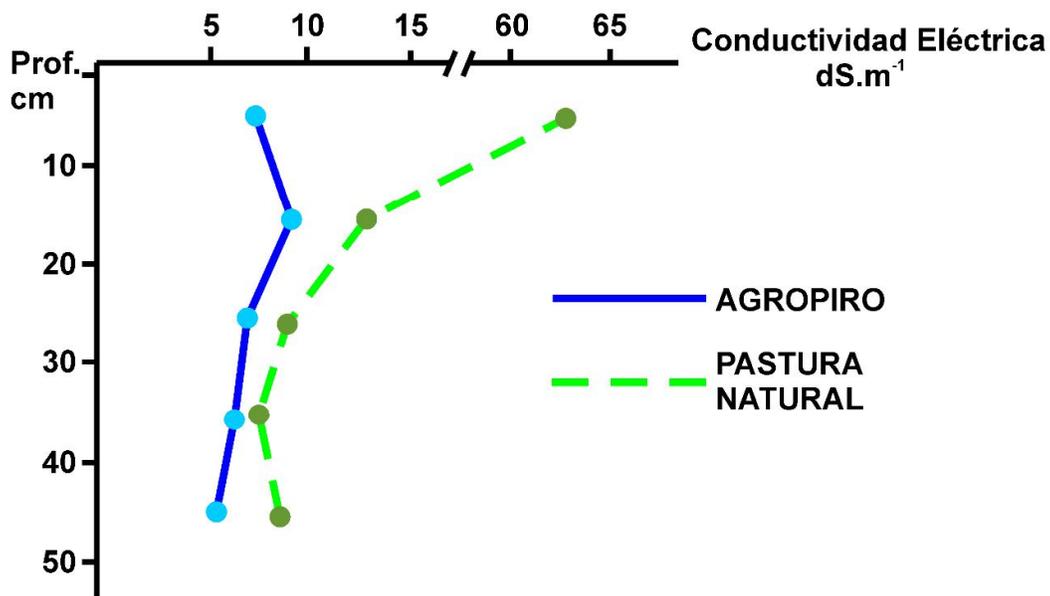


Figura 4. Variación en profundidad de la conductividad eléctrica en un suelo con Agropiro en clausura y con pastura natural sobrepastoreada

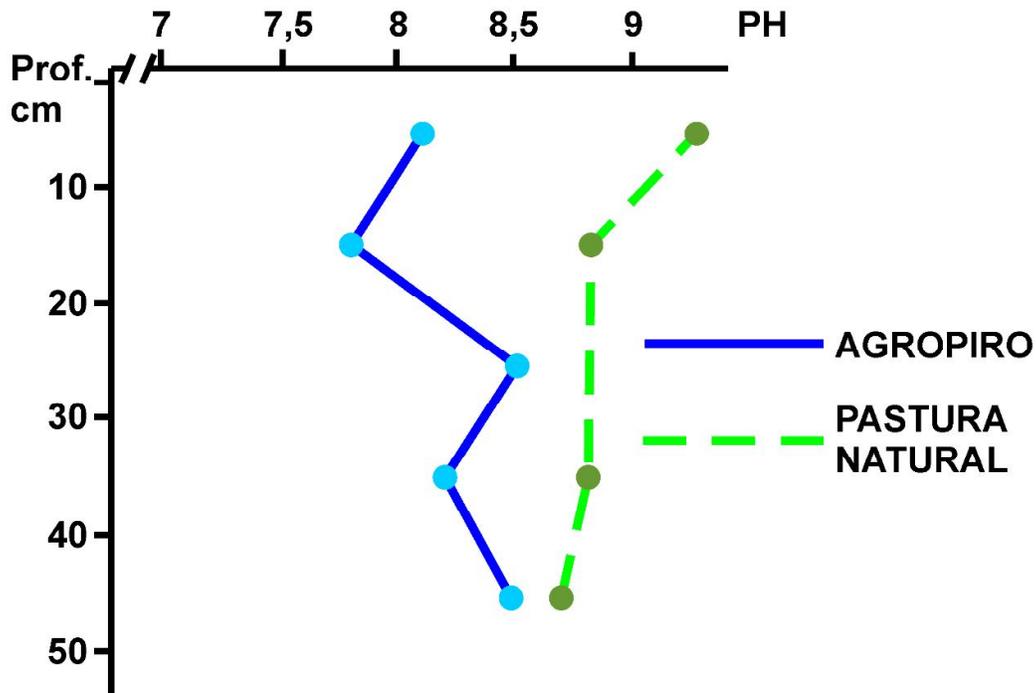


Figura 5. Variación en profundidad del PH en un suelo con Agropiro en clausura y con pastura natural sobrepastoreada

Se puede observar la mejoría significativa que se produce en los 20 a 25 cm superiores del perfil en función de la lixiviación de sales y la actividad radical que contribuye al descenso de la conductividad eléctrica y del pH.

Experiencias realizadas por el Instituto de Suelos del INTA apuntan a la instalación de especies forrajeras tolerantes a salinidad y sodicidad de elevada actividad radical y producción de materia seca. Entre las de mejor comportamiento se pueden mencionar grama rhodes (*Chloris gayana*), agropiro (*Thynapirum ponticum*) y lotus (*Lotus tenuis*). Se destaca el excelente comportamiento de la grama rhodes en cuanto a su adaptación a condiciones de elevada alcalinidad con producciones de materia seca superiores a las 6 toneladas por hectárea (Cuadros 2 y 3).

Para soluciones más integrales, estas prácticas deberán completarse con el adecuado manejo de las rotaciones de cultivos de las tierras ubicadas en posiciones más elevadas del relieve, de manera de evitar o minimizar el escurrimiento de agua hacia las áreas deprimidas que incrementan el ascenso de los niveles freáticos.

Se han registrado mejoras en la condición física de los suelos tratados con pasturas, en particular con la grama rhodes y el agropiro. También se registró un leve descenso

del pH, aunque continúan dentro del rango alcalino atendiendo al fuerte carácter sódico del ambiente.

Cuadro 2. pH, conductividad eléctrica y densidad aparente en los distintos tratamientos de fitorremediación.

TRATAMIENTO	pH	CE (dS.m)	DA (gr/ cm ³)
Agropiro	9,1	0,49	1,09
Gramma Rhodes	9,0	0,42	1,02
Lotus Tenuis	8,9	0,50	1,18
Pastura natural	9,5	1,67	1,42

A su vez se evaluó la producción de materia seca de las distintas especies empleadas en la recuperación de los suelos salino – sódicos.

Cuadro 3. Producción de materia seca de las distintas pasturas.

TRATAMIENTO	MATERIA SECA (kg /ha)
Agropiro	2628
Gramma rhodes	5936
Lotus tenuis	890
Pastura natural	300

Conclusiones

Los suelos salino – sódicos en áreas de secano por lo general experimentan un lento proceso de mejoramiento natural que puede acelerarse mediante prácticas de fitorremediación, tendientes a mejorar las condiciones hidrofísicas, químicas y biológicas.

La cobertura de los mismos limita el flujo de sales a superficie manteniendo una salinidad del suelo similar o inferior a la de la capa freática, por lo cual el manejo de estos suelos debe orientarse a conseguir y mantenerlos cubiertos.

Se recomienda iniciar los trabajos de recuperación cuando la capa freática se encuentre en profundidad en general coincidente con la primavera. Posteriormente durante el otoño se procederá a la siembra o interseembra de especies tolerantes a la salinidad. La fertilización con fósforo principalmente se visualiza como una alternativa para integrar en el paquete tecnológico para la recuperación.

El manejo de los suelos afectados por sales que ocupan las áreas más bajas del relieve deberá complementarse con el manejo de los suelos de los sectores medanosos más elevados propendiendo a utilizar rotaciones de cultivos, sistemas adecuados de pastoreo y prácticas mecánicas de control del escurrimiento para evitar o disminuir el anegamiento y el agravamiento del halomorfismo en épocas húmedas, especialmente.

Bibliografía

CASAS, R.R.; PITTALUGA, A. 1990. Anegamiento y salinización de suelos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. En: Manejo de Tierras Anegadizas. FECIC, Centro para la Promoción de la Conservación del suelo y el agua – PROSA.

CASAS, R.R. 2003. Estrategias de recuperación post – emergencia de los suelos afectados por las inundaciones. En: Inundaciones en la región pampeana. Universidad de La Plata.

CASAS, R.R.; ROSSI, M.S. 2011. Manejo de campos salinos. Ciencia y tecnología. Supercampo. Año XVII, N.º 196.

ROSSI, M.S.; BAIOCCHI, A.; CASAS, R.R. 2012. Forraje halotolerante para fitorremediación de un suelo salino-sódico. 25.ª Reunión Argentina de Ecología. Luján. Prov. de Buenos Aires. 24 al 28 de septiembre.

TABOADA, M.A.; LAVADO, R.S. 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos. El halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. Editorial Facultad de Agronomía de la UBA.

ZAMOLINSKY, A.; CASAS, R.R.; PITTALUGA, A. 1994. Manejo de suelos salinos en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires. INTA, EEA. General Villegas. Publicación Técnica N.º 15.
