



# kairós

El tiempo de los nativos sustentables

## **Avances en manejo y recuperación de suelos salinos-sódicos**

Raúl S. Lavado

Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes e INBA (CONICET/UBA). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE Buenos Aires, Argentina.

Los suelos afectados por sales poseen un exceso de sales solubles que perturban sus características y afectan a las plantas. Por ello, presentan diversos grados de limitaciones para la agricultura y constituyen un problema de importancia creciente en la Argentina y el mundo. La definición de los suelos afectados por sales es compleja e incluye principalmente, pero no únicamente, a los suelos salinos y los alcalinos. Cuando predominan cloruros y sulfatos de sodio, son suelos salinos y cuando predominan carbonatos y bicarbonatos de sodio, son sódicos o alcalinos. Sin embargo, los carbonatos y bicarbonatos no tienen valor diagnóstico y se recurre al porcentaje de sodio intercambiable o, lo que es equivalente, la Relación de Adsorción de Sodio. En los últimos años se han generado grandes avances en las posibilidades tecnológicas para manejar o recuperar a estos suelos.

### **Avances a futuro**

La principal área de avance a nivel planta está constituida por los organismos “genéticamente modificados” (GM), en los que se incorporaron uno o más genes en su genoma, por medio de la ingeniería genética. Son los organismos transgénicos. La tecnología de los organismos GM ha contribuido desde hace 30 años a un crecimiento sostenido en la producción de alimentos. Esta tecnología presenta resultados prometedores para incrementar la tolerancia a salinidad. Mediante esta tecnología se incrementan los mecanismos de tolerancia a los estreses y así las técnicas moleculares contribuyen a acelerar la selección de variedades tolerantes a salinidad. A nivel bioquímico, la salinidad induce estrés oxidativo celular, con aumento en las concentraciones de especies reactivas del oxígeno (ROS): oxígeno singulete, anión radical superóxido, radical hidroxilo y peróxido de hidrógeno. Las plantas mitigan el daño causado por estas ROS, con un complejo sistema de defensa antioxidante (Catalasa, Superóxido Dismutasa, Ascorbato Peroxidasa, etc) y no enzimático (Glutatión)(AOX). La investigación apunta a reducir ese impacto, mejorando el sistema de defensa antioxidante enzimático (AOX) o inhibiendo la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS).



El tiempo de los nativos sustentables

Cuando la salinidad predomina como factor limitante (regiones áridas como Mendoza, California o Israel, bajo riego) estos cultivos GM se pueden adaptar con perspectiva de éxito, aunque existen muchas otras limitaciones. El problema a resolver se encuentra en las áreas donde la salinidad es muchas veces un problema menor, comparado con el defecto y/o exceso de agua, la alcalinidad, limitaciones físicas y nutritivas de los suelos, etc. Otra alternativa más modesta y con resultados más inmediatos es aprovechando la interacción planta/microorganismos, ya que muchos hongos y bacterias producen metabolitos biológicamente activos, que permiten aumentar la tolerancia a la salinidad.

A nivel suelo se estudian agentes sintéticos orgánicos para el mejoramiento de la estructura (poliacrilamidas) o para retener sales solubles (distintos polímeros y poliquelatógenos), así como inorgánicos (alofanos sintéticos) que absorben cloruros. También se mejora el movimiento de agua mediante agentes tensioactivos. Todo esto, sin embargo, está fuera del alcance de la tecnología y la economía actual, particularmente para producciones extensivas en seco. Muy probablemente en el futuro se puedan aplicar. Con menor espectacularidad, hay algunos avances en tecnologías clásicas y aplicables al presente.

### **Avances en tecnologías de manejo actual**

Estas tecnologías se pueden clasificar en “recuperación química”, “recuperación biológica” y “prevención del ascenso de sales”

#### **Recuperación química**

Las enmiendas utilizadas en la corrección y/o mejoramiento de suelos sódicos son minerales o subproductos industriales. Entre ellos se destaca el yeso por su abundancia, disponibilidad y bajo costo. Se puede utilizar en suelos sódicos y salino-sódicos o en los casos de alcalinización del suelo por aplicación de riego suplementario. La información disponible sobre esta tecnología en condiciones de seco es muy escasa en la Argentina.

El efecto de yeso sobre el suelo que puede discriminarse en dos etapas. La primera es la floculación del material disperso que tiene un efecto rápido sobre propiedades del suelo, tales como la tasa de infiltración. La segunda es el intercambio del sodio por calcio, que da estabilidad a la nueva condición física del suelo. Este proceso dual permite el desarrollo la cobertura y la vegetación, aumentando la capacidad productiva del lote. La velocidad y la duración de este proceso están condicionadas por la profundidad de la capa freática, ya que el ascenso capilar de sales hasta la superficie limita el círculo virtuoso iniciado con la aplicación



# kairós

El tiempo de los nativos sustentables

del yeso. El ascenso capilar está vinculado a lo que se denomina “profundidad crítica de agua subterránea” que en términos generales se ubica entre 1,00-1,50 m de profundidad. En los lugares donde la capa freática se ubica por debajo de la profundidad crítica el ascenso capilar de sales hacia la superficie es muy limitado y las posibilidades de éxito de la aplicación de yeso a lo largo del tiempo son mayores.

El yeso se puede aplicar en dosis masivas, pero por problemas logísticos, económicos y de riesgo, no es una práctica muy recomendable. Es recomendable la aplicación de yeso en dosis bajas, realizando simultáneamente interseembra de forrajeras sobre la vegetación presente. El yeso se aplica en bandas localizadas en la línea de siembra, lo que facilita la germinación-emergencia de las plántulas y su establecimiento dentro del pastizal. En lotes con escasa cobertura vegetal es preferible permitir primero que se restablezca una cierta cobertura, mediante la realización de clausuras al pastoreo o la aplicación de rastrojos a modo de “mulches”. Posteriormente, con cierto nivel de revegetación, se puede pasar a la interseembra y la aplicación localizada de yeso, para aumentar significativamente la receptividad del lote. Dado que el principal problema de los suelos sódicos y sodificados es el deterioro de sus propiedades físicas, las labranzas no son una práctica adecuada ni recomendable. Por esa razón la aplicación de yeso sólo es compatible con algún equipo mecánico que pueda descompactar sin remoción de la cobertura. Por ejemplo, el laboreo vertical.

Un problema mayúsculo que posee la tecnología de aplicación de yeso en los ambientes de secano del país es que no hay información fidedigna de las dosis a agregar en cada lote o ambiente. A diferencia de lo que ocurre en las regiones áridas bajo riego, la experimentación local y la calibración de las dosis es muy escasa. Se han realizado experimentos aislados desde la década de 1970, destacándose los ensayos de campo realizados hace casi 20 años en la EERA INTA Balcarce. Se puede realizar un cálculo teórico a partir del sodio intercambiable a reemplazar por calcio, pero normalmente este cálculo ofrece dosis excesivas. También existe una metodología analítica denominada “necesidad de yeso”, pero sólo es aplicable a suelos irrigados. Por eso, lo recomendable es aplicar sucesivas dosis bajas de yeso y apuntar que se produzca una mejora lenta, pero continua de las propiedades del suelo.

## **Recuperación biológica**

### **Abonos orgánicos**



# kairós

El tiempo de los nativos sustentables

Para la utilización de estos residuos es clave la logística (almacenamiento, transporte, etc.), no el costo del producto. En este sentido, en los campos ganaderos existen numerosas oportunidades de utilización de estos productos (por ej. estiércol de corrales de encierre, o de piletones de tambo), las que a menudo se desaprovechan, por desconocimiento, desidia, o por falta de maquinaria para esparcir a campo. Una técnica muy elemental, pero eficiente, para aprovechar la descarga de estiércol entre los animales bajo pastoreo a campo es el traslado de los comederos o rollos de pasto hacia ambientes de suelos sódicos dentro de los lotes. Esto genera una aplicación natural de estiércol de esos ambientes que, aunque incontrolada, contribuye al mejoramiento de suelos afectados por sales, con muy bajo costo.

Existen también muchos subproductos de la agroindustria y distintos residuos urbanos, pero la problemática de su uso es mucho más compleja que los anteriores. En esos casos intervienen organismos de control y aplicación de diversas leyes vinculadas al medioambiente, como el SENASA, los organismos ambientales nacionales y provinciales y aún municipales.

La adición de abonos orgánicos a los suelos aporta nutrientes esenciales y mejora sus propiedades físicas. Estas mejoras físicas son particularmente cruciales en los suelos sódicos, aquejados precisamente por un deficiente funcionamiento físico-hídrico. Como resultado de estas mejoras se producen aumentos significativos en la productividad forrajera de estos ambientes. Sin embargo, en suelos muy sódicos la materia orgánica sólo es a menudo inadecuada para estabilizar la estructura. Muchos estudios muestran que los residuos orgánicos no son capaces de unir a las partículas de estos suelos. Inclusive, la adición de compuestos orgánicos a suelos de alto pH puede incrementar el potencial dispersivo del suelo. Bajo estas condiciones el uso de residuos orgánicos solos no es efectivo en la agregación de las partículas y es necesario primero flocular el suelo. Por ese motivo puede efectuarse la aplicación combinada de yeso con residuos orgánicos. Esto es una salida tecnológica poco explorada en el país, que podría sumar el efecto físico-químico de la aplicación del yeso con el efecto químico y biológico que aporta el residuo. Esto permitiría una mejora en la condición física, hídrica y nutritiva del suelo. Lamentablemente en nuestro país la mayor parte de los efluentes y residuos orgánicos de origen animal no son reutilizados en los propios lugares de producción y se transforman en un factor de contaminación de aguas.

## **Cultivo del suelo con plantas mejoradoras**



# kairós

El tiempo de los nativos sustentables

La idea de sembrar especies mejoradoras no es nueva. En nuestro país existieron experiencias pioneras, hace más de 60 años atrás a cargo de los conocidos Ings. Molina y Sauberán, que plantearon mejorar suelos sódicos con maíz de Guinea (*Sorghumtechnicum*). Sin embargo, las experiencias más exitosas se hicieron con agropiro alargado (llamado ahora *Thinopyrumponticum*). Sin embargo, paralelo a ejemplos de pasturas con esta especie que significaron incrementos en la producción de forraje, se conocen casos donde el reemplazo de la vegetación natural fue contraproducente. También se implantaron otras forrajeras tolerantes al exceso de salinidad y alcalinidad, Lotus tenuis (*Lotus tenuis*), festuca (*Festucaarundinácea*) o Melilotusalbus (*Melilotusalbus*) y otras. La implantación de estas especies exóticas suele ser difícil, debido a las limitantes de estos suelos para la germinación, emergencia y establecimiento de plántulas. Para agropiro alargado, por ejemplo, se registra un promedio de 25 % plantas logradas a campo, a los 60-90 días después de la siembra. Las siembras en otoño presentan riesgos de encharcamiento y/o inundación posterior, mientras que las de primavera presentan riesgo de déficit hídrico estival. Ambas pueden provocar la muerte de plántulas que se establezcan. Además del aumento de producción de forraje, se registraron reducciones en los tenores salinos y de pH, de los suelos, debido a la acumulación de material vivo y muerto sobre su superficie. La cobertura del forraje limita el flujo de sales a superficie, por lo cual el manejo de estos suelos debe orientarse a conseguir y mantenerlos cubiertos con las distintas pasturas

Por otro lado, se han encontrado resultados auspiciosos con especies megatérmicas, como grama Rhodes (*Chlorisgayana* Kuhn), o mijo perenne (*Panicumcoloratum* L.) en suelos afectados por sales, en regiones como la Pampa Deprimida. Estas especies también incrementan la producción de forraje respecto de la vegetación natural y con el manejo adecuado pueden producir forrajes en la temporada estival (enero-febrero), cubriendo un período crítico. Asimismo, pueden utilizarse para la producción de rollos de reserva. Sin embargo, la obtención de buenas pasturas en estos suelos suele presentar un panorama errático y se han registrado numerosos casos de implantación fallida. Estos riesgos limitan la difusión de estas especies en la región. Aún en los casos de implantación razonable de estas especies, la misma suele ser desperejada. Al igual que las otras forrajeras, puede generar mejoras en las propiedades físicas del suelo y especialmente en su salinidad y alcalinidad, debido a la cobertura del suelo y a un incremento en la biomasa viva y muerta, sobre y dentro del suelo.



El tiempo de los nativos sustentables

Todas estas especies forrajeras están siendo objeto de mejoramiento genético, tanto en el INTA (donde se destacan Pergamino y Castelar) y las Universidades (Facultad de Agronomía de la UBA y otras). Se está trabajando con tecnología de avanzada para lograr modificaciones genéticas. La metabolómica, transcriptómica, proteómica, etc son herramientas de uso normal para lograr resistencia a los diferentes estreses de suelo y ambientales. Otra alternativa es la introducción al cultivo de especies nativas con potencial forrajero. En este caso, se destaca la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Litoral. En la Argentina existen cerca de 732 especies de leguminosas, algunas con potencial para ser introducidas como buenas forrajeras. Por otro lado, crecen en el país unas 1200 especies de gramíneas, de las que al menos la mitad son consideradas importantes forrajeras. También se registran otras familias con potencial forrajero, por ejemplo las Quenopodiaceas, cuyo género *Atriplex* posee 33 especies que crecen en Argentina. Esto muestra la potencialidad de la flora nativa para ofrecer especies forrajeras para ambientes salinos y alcalinos y que hasta ahora han sido poco valorados. Estas especies deben sufrir un proceso de mejora genética para alcanzar la etapa de cultivo que, en algunos casos, ya ha comenzado.

### **Prevención del ascenso de sales**

La recuperación de suelos salinos y sódicos utilizando las tecnologías indicadas previamente es limitada si no se provee el drenaje adecuado para la eliminación de las sales. Dado que esto normalmente excede las posibilidades de un productor aislado, se puede intentar el manejo de los flujos de sales mediante tecnologías de uso a nivel de predio.

### **Manejo agrohidrológico**

Se incluye en este grupo de técnicas la sistematización agrohidrológica, que se aplican a nivel de cuenca y de lote, y consisten en la realización de obras para el manejo de excedentes hídricos dentro del campo. Se trata de técnicas muy específicas que exceden esta síntesis

### **Siembra directa e intersiembra**

El cubrimiento del suelo mediante el manejo de los rastrojos reduce las pérdidas por evaporación y contribuye lavar las sales por su efecto positivo sobre la tasa de infiltración. Siempre debe favorecerse presencia de "*mulch*" sobre la superficie para reducir los flujos ascendentes de sales, evitando labranzas. Por otro lado, en suelos con horizontes superficiales muy delgados las labranzas generaron daños casi irreparables al enterrar el horizonte A y





El tiempo de los nativos sustentables

exponer el horizonte B arcilloso y alcalino a la superficie. Para evitar esas situaciones, es recomendable sembrar las pasturas en siembra directa o intersembrar.

### **Manejo del pastoreo**

Numerosos trabajos realizados en áreas ocupadas por suelos salinos y/o alcalinos muestran al pastoreo continuo como causa de decobertura del suelo, que facilita el ascenso de sales desde el fondo de los perfiles. Se ha demostrado que es posible controlar la salinización superficial del suelo manejando las pasturas con descansos periódicos o con pastoreo rotativo, lo que aumenta cobertura superficial del suelo. Estas tecnologías de manejo del pastoreo son efectivas para aumentar la productividad de los lotes y evitar el deterioro de los suelos, pero no constituyen técnicas de transformación de los mismos.

### **Fertilización**

La fertilización no es una medida directa para recuperar suelos afectados por sales, pero puede contribuir a ese fin, como soporte de otras tecnologías. Tanto las especies forrajeras cultivadas, como las nativas responden al nitrógeno y al fósforo, usualmente. El pastizal nativo está integrado por especies de los grupos fotosintéticos C3 y C4. Las especies C3 son las principales responsables de la producción en la estación fría mientras que las C4 durante la estación cálida. Durante la primavera, el período de máximo crecimiento del pastizal, ambos grupos fotosintéticos contribuye a este crecimiento. En un estudio de fertilización utilizando *Danthoniamontevicensis* y *Stipaneesiana* (especies C3), y *SetariageniculataySporobolusindicus* (especies C4), se encontró que respuesta al N y al P por parte de las especies C4. Estos resultados sugieren que la aplicación de fertilizantes in primavera tardía favorece a los componentes del pastizal del grupo C4, incrementa su productividad y conduce a un cambio significativo de la composición florística del pastizal. Además de la fertilización, en el caso de leguminosas como *Lotus tenuis* se han encontrado resultados promisorios con la Inoculación con hongos micorrízicosarbusculares y bacterias solubilizadoras de fósforo.

### **Sumario**

Existen tecnologías de rehabilitación posibles para los suelos salino-sódicos, con viabilidad futura. Para las tecnologías de aplicación actual, es importante considerar, previo a su implementación, la influencia del agua subterránea como fuente de sales y sodio. Es importante mantener el suelo cubierto por vegetación, para evitar la llegada de las sales a la superficie del



# kairós

El tiempo de los nativos sustentables

suelo. Las tecnologías disponibles, como enyesado, mejora biológica por abonos orgánicos, especies adaptadas, siembra directa y otras, requieren mayor grado de experimentación local. La fertilización de pasturas y pastizales es una herramienta que merece más atención.

## **Bibliografía**

- Taboada, M.A. y R.S. Lavado. 2008. Funcionamiento de los suelos salinos y sódicos. Actas XVI Congreso AAPRESID, 339-348.
- Taboada M.A. y R.S. Lavado (Ed). 2009. Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones. EFA, Buenos Aires. 163 páginas. ISBN 978-950-29-1162-5
- Taleisnik, E., Grunberg, K., Guillermo S.M. (Ed). 2007. La Salinización de suelos en la Argentina. Editorial EDUCC. Córdoba. ISBN: 978-987-626-013-8.
- Taleisnik, E. y R.S. Lavado (Ed). 2017. Salinidad y alcalinidad en suelos de la Argentina. Prospección y tentativas de aprovechamiento productivo. UCC y OGE. En prensa.