

Restauración de suelos salinizados mediante técnica de Intercambio Catiónico

López[■], C.; Videla[■], S.; Calleja^{*}, C.; Segura^{*}, O. y Ercoli[■], E.

^{*}Repsol YPF, Neuquén, Argentina

[■]Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Sinopsis

El presente trabajo es un estudio para la restauración de suelos salinizados por el vertido de aguas de producción, utilizando la técnica de intercambio catiónico. Con los datos obtenidos en ensayos de laboratorio se abordó un trabajo de campo consistente en el tratamiento de cinco hectáreas de suelo salinizado. Cada hectárea fue dividida en melgas de entre 8 y 10 m de ancho seguidas por zanjas de drenaje a cielo abierto de 1 m de ancho y 0.8 m de profundidad. Una vez construidos los drenajes se procedió a remover la capa superficial de cada melga (0.5 m) por medio de un escarificador especialmente preparado para roturar el suelo erosionado. Luego se recolectaron muestras para definir el estado del suelo y la necesidad de enmienda química. Con los resultados obtenidos se procedió a incorporar sulfato de calcio al suelo y posteriormente se mezcló con la capa superficial para permitir un mejor intercambio. Debido a la falta de agua de buena calidad en la zona se esperó a que las lluvias produjeran el lavado del suelo. Los resultados obtenidos a la fecha son muy alentadores ya que ha disminuido el PSI del suelo desde 50% a valores inferiores a 15% en todas las hectáreas en tratamiento, encontrándose la mayor parte del sodio en forma de sulfato lo cual asegura la posibilidad de removerlo del suelo a través del sistema de drenaje. Se logró además aumento en la concentración de Calcio y Magnesio tanto en el complejo de cambio de las arcillas como en la solución del suelo. Ambos cationes intervienen en los procesos de floculación de la arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados. Se produce una mejora en la estructura, calidad y salud del suelo, mejorando los índices de infiltración, permeabilidad y aireación del mismo. Es importante también mencionar la disminución en los valores de pH, que marcan una reducción de los efectos de la alcalinidad producida por el Sodio. Estas modificaciones físicas y químicas producidas en el suelo tratado se hacen visibles en el crecimiento de la vegetación, que muestra avances muy significativos.

INTRODUCCION

El sitio en tratamiento se encuentra situado en Neuquén y abarca una amplia zona impactada por el vertido de agua de producción de la industria petrolera. El impacto se hace visible en el sitio debido a la falta de vegetación en toda el área y por los signos de erosión como encostramientos y dispersión de arcillas en la capa superficial. Con la intención de disminuir el impacto ocasionado se estudió el suelo tanto en sus propiedades físicas como químicas. Esto determinó que la causa principal de la degradación del suelo es el cloruro de sodio que fue aportado por el agua de producción.

Posteriormente se realizaron una serie de estudios en laboratorio (1) que confirmaron la tratabilidad del suelo mediante la técnica de intercambio catiónico en suelos arcillosos.

Con los resultados obtenidos se diseñó el sistema de riego, drenaje y recolección de lixiviados para un piloto en campo.

DESARROLLO

Tareas de campo

Determinación de pendientes.

Para realizar el piloto en campo se determinaron las pendientes de la zona a través de planos de fotografías satelitales.

Los relevamientos plani-altimétricos suministraron información para:

- a) proyectar la red de riego y de drenaje de la propiedad;
- b) subdividir el predio en diferentes parcelas;
- c) seleccionar y proyectar los métodos de riego;
- d) acondicionar las tierras para riego.

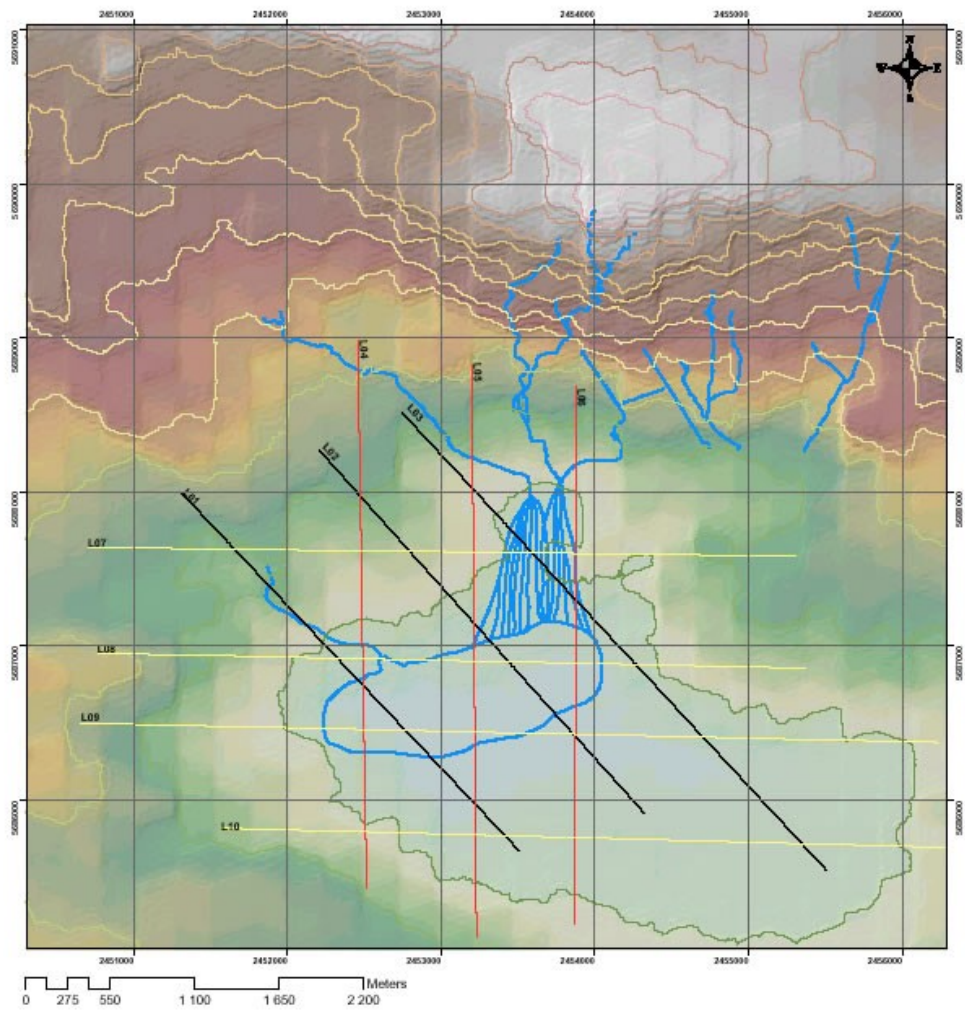


Figura 1. Relevamiento plani-altimétrico.

Del plano se deduce que la laguna se encuentra ubicada en la isolínea de 790 metros, y por lo tanto no se esperan variaciones de pendiente importantes. Se observan además cuatro cauces aluvionales principales, el primero de ellos recolecta el agua del suroeste del yacimiento.

Los otros cauces tienen su origen en la barda existente, recorren todo el sector noreste del sitio hasta desembocar en la laguna.

La pendiente máxima detectada es inferior al 1%.

Diseño del sistema de riego

De los métodos de riego superficiales más comúnmente usados se seleccionó el método por Inundación. En el riego por inundación o “a manto” la capa radical de suelo se humedece al tiempo que el agua cubre con una delgada lámina la superficie. Dentro del riego por inundación se seleccionó el riego por **melgas**. Para el empleo de este método se divide la superficie en melgas o sea en fajas de terreno separadas por bordes.

Los terrenos deben ser llanos y el método se presta para todos los tipos de suelo. Para este caso específico la distancia máxima entre bordes de las melgas no superó los 10 m.



Figura 2. Vista de las melgas

Diseño del sistema de drenaje

El drenaje tiene como objetivos principales eliminar el exceso de agua del suelo con el fin de mantener las condiciones de aireación y la actividad biológica como así también la remoción de sales del suelo y el mantenimiento de su balance salino. Para el caso de la laguna se utilizó una red de drenaje complejo y transversal. Se dice que es complejo porque el sistema está formado por varias líneas o laterales que desembocan a un colector. Se dice que es transversal porque los drenajes laterales se colocan perpendiculares a la pendiente y sólo los colectores quedan paralelos a la misma.

Se utilizó un drenaje de tipo parcelario con las siguientes características:

- Cerrado en forma de lecho filtrante
- Rellenos y nivelados con grava gruesa hasta 0.30 m desde la superficie
- sobre la grava se ubica un geotextil
- Material del suelo base sobre el geotextil
- Profundidad total: 0.70m



Figuras 3 y 4. Drenaje a cielo abierto.



Figura 5. Nivelación del drenaje



Figura 6. Aplicación de geotextil

Con este diseño se logra disminuir la profundidad de los drenajes imposibilitando la inundación de los mismos. También se evita el taponamiento de los drenajes, ya que la grava actúa de soporte de los taludes. La función del geotextil es evitar el paso de las partículas finas al interior del drenaje. El suelo de base colocado sobre el geotextil es el que estará afectado por la erosión tanto hídrica como eólica.

Incorporación de la enmienda

Previamente a la incorporación de la enmienda se escarificó el terreno para romper las costras superficiales y obtener muestras representativas de una capa de 0.30 m. De los resultados obtenidos surgieron las cantidades de mejorador utilizado en cada hectárea en tratamiento. El yeso se incorporó en forma manual y luego se homogeneizó con el suelo mediante el empleo de una retroexcavadora y una motoniveladora.



Figuras 7 y 8. Incorporación de la enmienda.

Para los cálculos de la enmienda química se realizó un muestreo de la capa superficial de suelo hasta una profundidad de 0.30m. Luego de la incorporación del yeso y una vez producidas las correspondientes lluvias en el lugar de tratamiento, se realizó un nuevo muestreo que permitió establecer la efectividad de la enmienda química.

MÉTODOS ANALÍTICOS

Para la determinación de propiedades químicas se utilizaron las siguientes técnicas analíticas:

-pH, Método EPA SW 9045C.

-Conductividad Eléctrica, EPA 9050 A y Soil Quality Test Kit Guide. Guía para la evaluación de la Calidad y Salud del Suelo.

-Capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables: método del acetato de amonio y determinación por absorción atómica para determinación de los cationes.

-Aniones en extracto de saturación. Extracto: Métodos N°2, N°3a y N°3b. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Cloruros: método de Mohr. Carbonatos y bicarbonatos: método N°12 Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Sulfatos: Método N°14^a. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos

-Cationes en extracto de saturación: Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio. Extracto: Método N° 2, N°3a y N°3b. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Lectura: Métodos EPA SW 846 Serie 7000.

RESULTADOS

pH y conductividad

Fecha	PH	Conductividad (mS/cm)
30/04/02	9.1	5.0
30/04/03	7.8	10.3

Se observa una disminución de los valores de pH de 1.3 unidades, descendiendo de la clasificación de *Fuertemente alcalino* hasta ubicarse en la franja de suelos *ligeramente alcalinos* (USDA).

En cambio, los valores de conductividad del suelo han aumentado en 5.3 unidades, ubicándose en la clasificación *Moderadamente salino*.

Cationes

	30/04/02 (meq/l)	30/04/03 (meq/l)	Gama satisfactoria para la mayoría de las plantas (meq/l)	Gama alta a excesiva (meq/l)
Sodio	42.6	74.9	< 0.1 a 3.5	> 15
Potasio	0.5	0.2	1.0 a 5.0	> 5.0
Calcio	5.3	23.1	1.0 a 10.0	-----
Magnesio	0.9	6.3	< 0.2 a 5.0	> 30.0

En la muestra actual se observa un aumento significativo en las concentraciones de Sodio y Calcio. Estas concentraciones son las determinadas en el extracto de pasta de saturación, que es el líquido obtenido de los intersticios del suelo, llamado “solución”. En el proceso de intercambio iónico este líquido es el que corresponde al proceso de lixiviado y los valores hallados responden a lo previsto. Es decir, al haberse incorporado sulfato de Calcio, el Sodio existente en el suelo se une a los sulfatos incorporados pasando a la solución como sulfato de Sodio. Además, debido a la presencia de cloruros, este catión seguirá retenido como cloruro de Sodio hasta tanto se produzcan lluvias importantes capaces de realizar el lavado del suelo. La concentración de Calcio se encuentra dentro de los requerimientos satisfactorios para la mayoría de las plantas, y es importante el aumento considerable en la solución.

Aniones

	30/04/02 (meq/l)	30/04/03 (meq/l)	Gama satisfactoria para la mayoría de las plantas (meq/l)	Gama alta a excesiva (meq/l)
Cloruros	26.9	41.2	< 0.2 a 5.0	10 a más de 100
Sulfatos	7.44	52.9	1.0 a 20.0	30 más de 100.0
Carbonatos	---	NC	0.0	Traza a 1.0
Bicarbonatos	7.4	8.9	0.1 a 2.5	5.0 a 19.9

Se observa que la formación salina corresponde a cloruro, sulfato y bicarbonato de Sodio y en un menor porcentaje a cloruro de Calcio. Esta última es indispensable para permitir el desarrollo de la vegetación, ya que interviene en los principales procesos de crecimiento de la misma.

RAS y PSI

	30/04/02	30/04/03
RAS	24	19
PSI	26	22

El RAS (Relación de Adsorción del Sodio) y el PSI (Porcentaje de Sodio Intercambiable) han disminuido en 5 unidades aproximadamente. Estos valores indican que la relación de Sodio con respecto a los otros cationes en la fase líquida ha disminuido, aproximándose a los valores establecidos como óptimos para el buen desarrollo de la vegetación. Cuando el suelo reciba el aporte necesario de agua para el desplazamiento de las nuevas sales solubles en la solución del suelo, ambos valores de RAS y PSI disminuirán considerablemente.

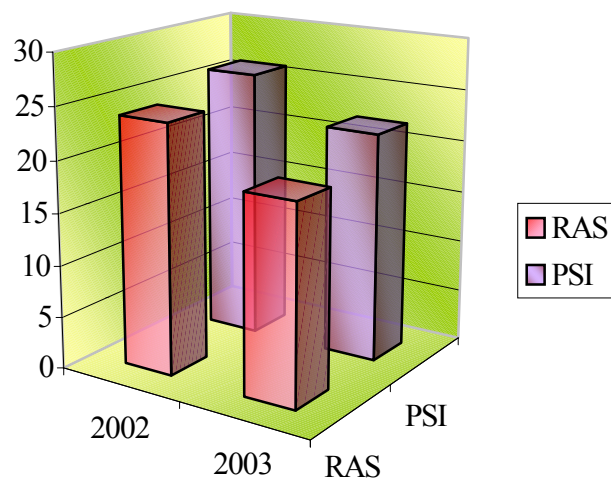


Figura 9. Gráfico comparativo con los valores obtenidos.

Capacidad de intercambio catiónico

A partir de la CIC se expresan las cantidades relativas de varios cationes intercambiables presentes en el suelo, como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico.

	CIC	Ca	Mg	Na	K
Unidades	(meq/100g suelo)				
30/04/02	33.2	11.1	4.6	16.3	1.3
%	100	33.2	13.8	49.2	3.9
30/04/03	64.1	22.1	40	0.73	1.21
%	100	35	62.4	1.1	1.9

Elemento	Valor Normal (%)
Sodio	Menor 5
Calcio	Entre 65 y 85
Magnesio	Entre 6 y 12
Potasio	Entre 2 y 5

CIC

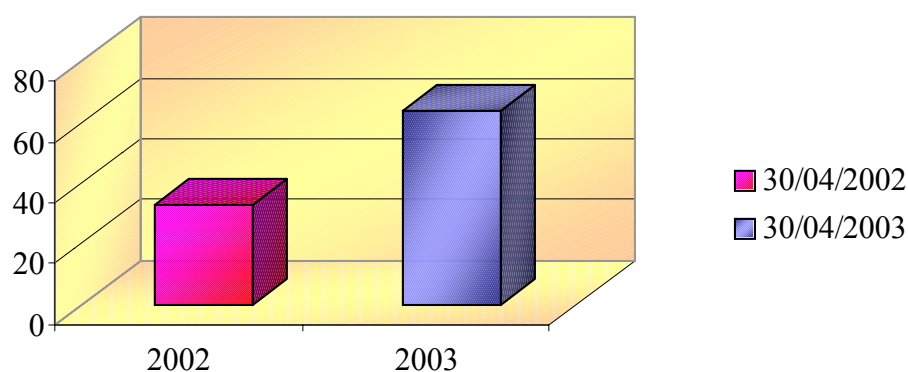


Figura 10. Gráfico comparativo de CIC.

Se observa un incremento del 50% en los valores de Capacidad de Intercambio Catiónico, luego de haberse realizado la enmienda química. Esto se debe al correspondiente aumento de cationes divalentes (Calcio y Magnesio) en el suelo.

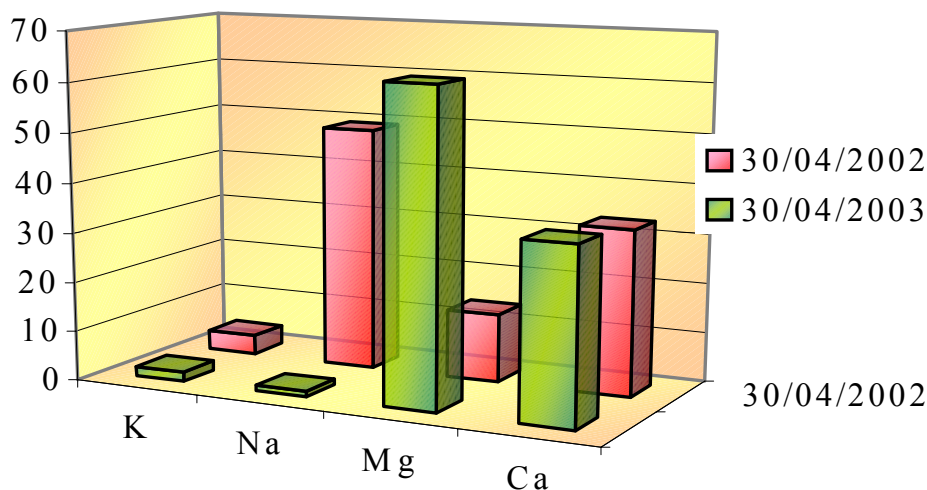


Figura 11. Gráfico comparativo de cationes.

En el gráfico anterior se establece el análisis comparativo de los valores obtenidos de los distintos cationes en las dos muestras evaluadas. Se observa que posteriormente a la enmienda química, el suelo ha adsorbido el Calcio incorporado desplazando al Sodio hacia la solución del suelo. Esto se hace posible debido a que la nueva sal formada (sulfato de Sodio) es mucho más soluble que la adicionada y se lava con mayor facilidad.

De esta manera, se han superado las metas de limpieza propuestas que implicaban una disminución del Porcentaje de Sodio Intercambiable a un valor inferior al 15% en el primer control de proceso luego de efectuada la enmienda.

CONCLUSIONES

Como conclusión del primer control de proceso realizado en el sitio tratado, se obtiene que el desplazamiento del sodio intercambiable mediante la técnica de intercambio catiónico es ampliamente satisfactorio. El PSI se redujo desde el 49% a un valor inferior al 15%.

Se logró un aumento de Calcio y Magnesio tanto en el complejo de cambio de las arcillas como en la solución del suelo. Ambos cationes intervienen en los procesos de floculación de la arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados. Se produce una mejora en la estructura, calidad y salud del suelo, mejorando los índices de infiltración, permeabilidad y aireación del mismo.

Es importante también mencionar la disminución en los valores de pH, que marcan una reducción de los efectos de la alcalinidad producida por el sodio.

Previo a la enmienda, el suelo al perder humedad formaba un encostramiento superficial y la formación de láminas compactas, sellando la superficie del suelo. Este efecto disminuye la permeabilidad y es el causante del anegamiento del suelo. Actualmente, al encontrarse floculadas las partículas del suelo por la acción de los nuevos cationes presentes, forman agregados que protegen la estructura del suelo de la erosión, mejorando la infiltración.

Estas modificaciones físicas y químicas que se han producido en el suelo tratado, se hacen visibles con el crecimiento de la vegetación.

Se espera que en los próximos meses las lluvias incorporen mayores volúmenes de agua para que se produzca el desplazamiento del exceso de sales solubles y la disminución en el RAS y PSI de la solución del suelo.



Figuras 12 y 13. Características del suelo antes del tratamiento.



Figura 14. Vista actual del sitio.

BIBLIOGRAFIA

López, C.; Videla, S., Calleja, C., Segura, O., Ercoli, E. Restauración de suelos salinizados mediante técnica de Intercambio Catiónico. Trabajo enviado para publicación Revista Petrotecnia, Agosto 2003.

Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. USDA.1994. Editorial Limusa.

Bermejo Vicente. Evaluación de parámetros físico químicos en la recuperación de un suelo salino sódico. Investigación Agropecuaria. INTA, Estación experimental regional agropecuaria Alto Valle de Rio Negro. 1984.

Instituto de Calidad de suelos. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica. 1999.

Chambouleyron, Jorge Luis. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Fascículos 2, 3 y 4 Riego y drenaje. 1980. Editorial Acme Bs As.

Juarez Badillo, Eulalio. Rico Rodríguez, Alfonso. Mecánica de suelos. Tomo 1. fundamentos de la mecánica de suelos. 1998.Editorial Limusa.

Urbano Terrón, Rojo Hernández. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. 1992. Editorial Mundi-Prensa.