

RESULTADOS DE LA RESTAURACIÓN DE UN SITIO SALINIZADO POR ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS

López, C.; Videla, S.; Ercoli, E.

Laboratorio de Bioprocesos, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo

Calleja, C.; Segura, O.

Repsol YPF S.A. Unidad Económica Loma La Lata

SINOPSIS

En el año 2002 se comenzó el tratamiento de cinco hectáreas de suelo impactado por salinidad en el Yacimiento Cerro Bandera. La zona es una depresión natural del terreno donde descargan a través de cauces aluviales agua de lluvia y antiguamente agua de producción con restos de hidrocarburo, lo que originó la afectación. Este desarrollo se originó a partir del éxito de la aplicación de la técnica de intercambio catiónico en laboratorio con el suelo del lugar. En este ensayo se pudo modificar las variables de un suelo con características salino – sódicas, logrando disminuir el valor de PSI desde 50% a valores inferiores al 15%, valor límite que no debe ser superado para evitar el deterioro de la estructura y calidad del suelo. Los resultados de este estudio preliminar permitieron justificar la aplicación sobre cinco hectáreas de terreno salinizado. En el año 2003 fueron presentados los resultados del primer control de proceso, mostrando la eficiencia de la implementación de la técnica en campo. Actualmente, luego de tres años, el suelo en general presenta una mejoría dado la estabilidad de los agregados, bajo índice de compactación y marcada floculación, cuyas características aumentan la permeabilidad y aireación favoreciendo las condiciones edáficas y agronómicas del suelo. La existencia y actividad de numerosos vertebrados (pequeños mamíferos, lagartijas, aves, etc.) están asociados a la presencia de arbustos en las zonas áridas, por lo tanto, la vegetación arbustiva que está creciendo paulatinamente representa centros de concentración biológica. De esta manera se están restableciendo las principales funciones edáficas vitales que implican el sostenimiento de la actividad, diversidad y productividad biológica.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo se presentan los trabajos realizados de manera conjunta entre Repsol YPF y el Laboratorio de Bioprocesos de la Universidad Nacional de Cuyo.

En el Yacimiento de Cerro Bandera en la Provincia de Neuquén se comenzó a restaurar una zona que presenta suelos salinizados, utilizando la técnica de intercambio catiónico. La salinización y sodificación del suelo es un problema grave que afecta su desarrollo. La salinización produce una acumulación de sales solubles que dificultan el crecimiento de la mayoría de los cultivos y plantas no adaptadas. La sodificación provoca una acción de dispersión de arcillas y de solubilización de la materia orgánica, que afecta negativamente a las propiedades físicas del suelo.

La zona abarca 30 hectáreas dentro del yacimiento. Están encuadradas en una depresión natural del terreno donde descargan a través de cauces aluviales agua de lluvia y donde antiguamente llegaba agua de producción con restos de hidrocarburo, lo que en principio originó la afectación.

El primer relevamiento del terreno tuvo como objetivo determinar las causas por las cuales no crecía vegetación en las 30 hectáreas que abarca el sitio.

Una vez realizados los análisis de rutina se concluyó que la zona no se encontraba afectada por hidrocarburos pero las elevadas concentraciones de sales de sodio, provocaron el deterioro del suelo superficial y la falta de crecimiento vegetal.

Ante esta realidad se propuso realizar un estudio en laboratorio que permitiera definir si era posible aplicar las técnicas de rehabilitación de suelos salinos sódicos para mejorar las propiedades físico – químicas del suelo.

Se trabajó para definir las propiedades físicoquímicas del suelo y evaluar las posibilidades de rehabilitarlo mediante la aplicación de mejoradores químicos y lavados sucesivos.

El suelo en estudio presentó características salino – sódicas, con un PSI de 50% (cuando para que se considere un suelo normal ha de tener menos del 15%), sus partículas son arcillosas y se encuentran totalmente dispersas formando una capa superficial dura y compacta que impide el crecimiento de la vegetación.

En los ensayos de laboratorio se pudo comprobar que el agregado de una enmienda química, siguiendo los lineamientos del *Manual de Suelos Salinos y Sódicos* propuestos por USDA (United States Department of Agriculture), y el posterior lavado de suelo, permitía disminuir el PSI a valores inferiores al 15%, valor límite que no debe ser superado para evitar el deterioro de la estructura y calidad del suelo.

Los resultados de este estudio preliminar permitieron justificar la realización de un estudio piloto sobre terreno salinizado.

El proyecto comenzó en Abril del 2002 aplicándose a 5 hectáreas y consistió en:

- Proyecto y construcción de lechos filtrantes con el fin de drenar a piletas colectoras el agua de lavado.
- Construcción de “melgas” o “surcos” para el riego parcelario.
- Remoción del suelo para mejorar la capacidad de infiltración y para discontinuar capas poco permeables.
- Agregado de enmienda química sulfato de calcio (yeso) para facilitar el intercambio catiónico.
- El lavado del suelo se lograba en épocas de lluvia por el agua caída.



Figuras 1 y 2. Vista de la depresión en épocas de lluvias y estado original del suelo afectado.



Figuras 3 y 4. Vista del armado de las zanjas de drenaje.



Figuras 5 y 6. Vista del armado de los lechos filtrantes y drenajes.



Figuras 7 y 8. Vista de la incorporación de enmienda química en cada una de las melgas.



Figuras 9 y 10. Vista del armado y remoción de las melgas y su posterior lavado por lluvias.

Concluido este proceso se realizaron controles anuales para verificar el grado de avance.

DESARROLLO

Para el control de proceso de las hectáreas tratadas se realizaron determinaciones analíticas de todos los parámetros de medición para el control de la salinidad y sodicidad en suelos.

En las siguientes tablas se presentarán los resultados analíticos realizados desde el inicio del tratamiento hasta el segundo control de proceso, luego de la incorporación de la enmienda química y del lavado realizado por las lluvias producidas en el 2004.

Caracterización química

Para la determinación de propiedades químicas se utilizaron las siguientes técnicas analíticas:
pH, Método EPA SW 9045C.

Conductividad, 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 de los cationes por absorción atómica.

1. PH

	Primera Ha	Segunda Ha	Tercera Ha	Cuarta Ha	Quinta Ha
2002 Inicio	9,1	8	7,9	8,3	8,3
2003 Primer Control	7,8	7,9	7,8	7,7	7,9
2004 Segundo Control	7,7	7,8	7,7	7,6	7,8

De los valores de pH se puede observar la disminución de unidades. Esto se debe al desplazamiento del sodio de la solución del suelo. Si bien la disminución de estos valores no es muy significativa respecto de los medidos en el primer control de proceso, son indicadores de la eficiencia del intercambio catiónico. Al producirse el desplazamiento del sodio de la solución (que es el causante de las condiciones iniciales de pH) empieza a producirse una reacción de neutralización entre los iones del suelo y los disueltos en la solución o agua del suelo.

2. Conductividad eléctrica

	Primera Ha	Segunda Ha	Tercera Ha	Cuarta Ha	Quinta Ha
Unidades	dS/m				
2002 Inicio	5	6,6	2,9	9,5	5,7
2003 Primer Control	10,3	11	17,6	13,5	14
2004 Segundo Control	7,9	7,5	8,3	8,5	7,4

Una vez incorporada la enmienda, los valores de conductividad aumentaron debido al agregado de nuevas sales al suelo. Luego del primer control se observa una importante disminución en los valores de Conductividad eléctrica, lo que determina que se ha producido el lavado de sales de la solución del suelo con el agua de las lluvias estacionales de la región. Se espera que con las próximas lluvias estos valores sigan disminuyendo ya que todavía se observan elevadas concentraciones de cationes en la solución del suelo. Cuando esas concentraciones disminuyen por el lavado se produce un descenso de los valores de la conductividad eléctrica del suelo.

3. Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)

	Unidades	Primera Ha	Segunda Ha	Tercera Ha	Cuarta Ha	Quinta Ha
2002 Inicio	(meq/100g suelo)	16,3	14,3	13,9	25	18,7
	%	49	58,1	32,5	53,8	41,7
2003 Primer	(meq/100g suelo)	0,7	1,2	2,14	1,7	2,2
	%	1,1	1,4	2,1	1,9	1,9
2004 Segundo	(meq/100g suelo)	1,2	1,2	0,5	2	2,5
	%	8	6	2,2	8	10

Elemento	Valor Normal para suelo agrícola del elemento en relación a la concentración total de cationes (%)
Sodio	Menor 5
Calcio	Entre 65 y 85
Magnesio	Entre 6 y 12
Potasio	Entre 2 y 5

En todas las hectáreas evaluadas se observa un incremento en los valores de Sodio adsorbido luego del primer control de proceso. Esto no indica que haya aumentado la concentración de este catión en el suelo, sino que el agua que ha efectuado el lavado ha retirado parcialmente las sales en exceso de la solución del suelo como el Calcio, Sodio y Magnesio. Esto denota una marcada eficiencia en la enmienda química ya que al momento de realizarse los dos controles de proceso anteriores no se había producido un lavado importante que verificara dicha eficiencia.

El límite de recuperación que se propuso fue la disminución del PSI hasta alcanzar un valor del 12%.

La analítica presentada verifica la eficiencia de la enmienda y las observaciones en campo la confirman.

CONCLUSIONES

Las precipitaciones producidas antes del control de año 2004 (segundo control de proceso) han realizado un nuevo lavado en el suelo tratado, disminuyendo los valores de conductividad eléctrica y el pH del suelo. Cuando se implementó la técnica de intercambio catiónico ambos valores se habían incrementado debido al agregado de enmienda química, reduciéndose los parámetros críticos ocasionados por el sodio. Se esperaba que las lluvias fueran realizando el lavado paulatino del suelo tratado, y los resultados analíticos preliminares de diagnóstico así lo demuestran.

Como se puede apreciar la vegetación está desarrollándose en todas las zonas que fueran tratadas en el año 2002. Se observan mayores poblaciones en aquellas zonas más húmedas y menos erosionadas e impactadas, como son los márgenes de la depresión y las zonas de drenajes.

Estas condiciones favorecen el crecimiento de las plantas en el interior del sitio, ya que, al ir revegetándose los márgenes, se acortan las distancias que deben recorrer las semillas para germinar.

El suelo en general presenta una mejor calidad considerando parámetros como la estabilidad de los agregados, el bajo índice de compactación y una marcada floculación. Estas características aumentan la permeabilidad y aireación, favoreciendo las condiciones edáficas y agronómicas del suelo.

La existencia y actividad de numerosos vertebrados (pequeños mamíferos, lagartijas, aves, etc.) están asociados a la presencia de arbustos en las zonas áridas, por lo tanto, la vegetación arbustiva que está creciendo paulatinamente representa centros de concentración biológica. De esta manera se están restableciendo las principales funciones edáficas vitales que implican el sostenimiento de la actividad, diversidad y productividad biológica.



Figuras 11 y 12. Vista de los agregados antes y después de la enmienda respectivamente.



Figura 13. Vista del suelo en una de las melgas y drenajes luego del primer lavado por lluvias.





Figuras 14, 15, 16, 17 y 18. Vista de las distintas especies y comunidades vegetales a dos años de tratamiento.





Figuras 19 y 20. Vista de la presencia de aves e insectos en el sitio en primavera a dos años de tratamiento.



Figura 21. Vista de la altura de las plantas actualmente.



Figura 22. Vista general del sector tratado.

BIBLIOGRAFÍA

Restauración de suelos salinizados mediante técnica de intercambio catiónico. Laboratorio Bioprocesos Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo, Yacimiento Loma La Lata Repsol YPF, Neuquen. Quintas Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria de Petróleo y del Gas (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.

CURRICULUM DE LOS AUTORES

“RESULTADOS DE LA RESTAURACIÓN DE UN SITIO SALINIZADO POR ACTIVIDADES HIDROCARBURÍFERAS”

ANDREA CECILIA LOPEZ

Estudiante avanzada de la Carrera de Ingeniería Química en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Ha realizado cursos de especialización en Ingeniería Ambiental y Gestión Ambiental Industrial.

En el 2000 realiza una pasantía en el Laboratorio de Bioprocesos en la Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo a partir de entonces implementa el Laboratorio de Análisis Físicos de suelos en el cual se desempeña como Analista y Responsable del mismo. Desde el 2000 participa en los proyectos de investigación tales como: Estudio, diagnóstico, evaluación y rehabilitación de suelos salinizados, bajo la dirección del Dr. Eduardo C. Ercoli.

MARIA SILVINA VIDELA

Ingeniera Química. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza 1996.

Estudiante del Doctorado en Ingeniería Bioquímica de la UNCuyo.

En 1997 ingresa al Laboratorio de Bioprocesos de la Facultad de Ingeniería, UNCuyo desempeñándose hasta la fecha en la Unidad de Ingeniería.

Desde 1998 es Jefe de Trabajos Prácticos en Química Orgánica en la misma unidad académica.

EDUARDO CARLOS ERCOLI

Eduardo Carlos Ercoli es consultor en Biotecnología Ambiental con 28 años de experiencia en ciencia e ingeniería. Es considerado un experto en suelos contaminados con hidrocarburos. Es Doctor en Química y realizó sus estudios postdoctorales en la Universidad de Cornell. Ha dirigido un importante número de proyectos relacionados *a evaluación y tratamiento de suelos contaminados* para compañías petroleras, entre otras: Repsol-YPF, YPF S.A., Petrobras S.A., Astra C.A.P.S.A., Petrolera San Jorge S.A., Pérez Companc S.A., Pecom Energía SA, Empresa Petrolera Andina S.A. Ha dirigido 8 proyectos de Investigación y Desarrollo, -dos en cooperación internacional con Alemania-. Ha sido invitado por universidades, instituciones y gobiernos para desarrollar cursos avanzados, seminarios, talleres y conferencias en Argentina, España, Finlandia, Ecuador, Perú, Chile, Brasil y Bolivia. Ha sido representante argentino en eventos petroleros internacionales en tres oportunidades, uno como Presidente de Mesa Directiva en la especialidad Medio Ambiente en Perú. Es Profesor Titular en la Universidad Nacional de Cuyo y Profesor de los Cursos de Verano de la Universidad de Cantabria, España. Es Director del Instituto de Procesos de la Facultad de Ingeniería de la UNCuyo. Es investigador Categoría I. Es Profesor de la maestría en Ingeniería Ambiental y del Doctorado en Ingeniería de la Universidad mencionada. Es evaluador en la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica de SECYT Argentina y en ocho universidades nacionales y dos gobiernos provinciales. Ha realizado más de 50 presentaciones en congresos y ha realizado 30 publicaciones científicas y técnicas. Ha realizado pasantía de estudio en UFZ, Alemania (1992, 1994, 1996 y 2000), Universidad de Maryland, USA (1996, 1998), MIT, USA (1999). Ha dictado 43 cursos de postgrado. Ha dirigido tesis doctorales y de maestría. Ha recibido becarios/pasantes de Argentina, España, Finlandia, Ecuador, Perú y Chile.

CECILIA CALLEJA

Ingeniera Química de la Universidad Nacional del Sur (1981).

Especialista en Industrialización del Petróleo de la Universidad de Buenos Aires (1985).

Especialista en Ingeniería Ambiental – Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo (2001).

Actualmente se desempeña en el Área MASC de la UELLL Neuquén.

OSCAR SEGURA

Técnico Maestro Mayor de Obra.

Especialización en Hormigón y Movimiento de Suelos.

En 1975 ingresa a YPF desempeñándose en Ingeniería Civil, Mendoza.

Actualmente es responsable de Servicios Auxiliares de Operaciones de la UELLL Neuquén.