

# Experiencias de biorremediación de suelos por técnicas biológicas en la provincia de Santa Cruz

Tettamanti●, G., Svoboda■, A.y Ercoli●, E.

■ UNAS, Repsol YPF, Argentina

● Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

## Sinopsis

Atendiendo a la necesidad que tienen las empresas petroleras de tratar suelos contaminados con hidrocarburos, se ha propiciado el estudio y desarrollo de técnicas biológicas adaptadas a zonas templado frías. La técnica de *Biopilas Aireadas por Remoción Mecánica* ha sido probada exitosamente en yacimientos de la Provincia de Neuquén y ha demostrado ser eficiente y económica para el tratamiento de “grandes volúmenes” de suelo, habiéndose obtenido metas de limpieza en tiempos sustancialmente más cortos que con la técnica de landfarming. Las pilas aireadas por remoción con excavadoras, en alturas que oscilan entre 2 y 3 metros, permiten un proceso biológico más activo como consecuencia de un incremento de la temperatura, lo cual favorece la actividad biológica del proceso degradativo y también los procesos de transferencia de materia dentro de la pila, de lo cual resulta un incremento en la cinética global del proceso. El propósito de este trabajo es mostrar resultados que demuestran la viabilidad de la técnica de *Biopilas Aireadas por Remoción Mecánica* para el tratamiento de suelos en el extremo sur argentino. Se presentan los resultados de los tratamientos desarrollados en Yacimiento Los Perales, provincia de Santa Cruz. Para tal fin se evalúan los resultados del tratamiento de más de 20000 m<sup>3</sup> de suelos provenientes de derrames de crudo. Las variables en estudio son: concentración de hidrocarburos en suelo, pH y temperatura del suelo. Los resultados indican una acelerada disminución de la concentración de hidrocarburos como resultado del fuerte incremento de la temperatura del suelo en tratamiento debido a una alta actividad microbiana.

## Introducción

La técnica de Biopilas Aireadas por Remoción Mecánica, basada en la estimulación de microbios autóctonos, permite degradar un gran número de moléculas orgánicas y ha demostrado ser altamente competitiva en biodegradación de hidrocarburos en suelo en zonas templadas y frías. En numerosas publicaciones se describen las características y ventajas de la técnica. Las experiencias realizadas en el Yacimiento Los Perales, brevemente descriptas en este reporte, demuestran en forma *contundente* las grandes ventajas que ofrece esta técnica frente a otras alternativas: alta tasa de degradación, amplio rango de aplicabilidad, destrucción de contaminantes, no destrucción del suelo, no incremento de volumen para el caso de suelos moderadamente contaminados, bajo costo en términos comparativos. Lo más destacable de la técnica es que ofrece la posibilidad de *recuperar* el suelo contaminado. Por las características del sistema de biodegradación resulta innecesario incorporar agua y la temperatura de trabajo se eleva espontáneamente hasta rangos compatibles con procesos biológicos eficientes, a diferencia del tradicional landfarming en donde es necesario incorporar agua frecuentemente y en donde el proceso biológico en zonas templadas y frías está basado en microbios psicrófilos. Un correcto manejo de nutrientes junto a un adecuado monitoreo y control de parámetros cinéticos son necesarios para hacer los procesos más eficientes y ambientalmente seguros.

El principio de funcionamiento de las *Biopilas Aireadas por Remoción Mecánica* consiste en incentivar la actividad microbiana degradadora de hidrocarburos, para lo cual se oxigena mecánicamente mediante remoción del suelo con maquinas excavadoras y se mantienen dentro de límites adecuados los valores de humedad, nutrientes, pH y temperatura. El sistema se diseña para trabajar a profundidades variables de hasta tres metros y volúmenes superiores a 500 m<sup>3</sup> por cada unidad de tratamiento, lo que permite mantener la temperatura del proceso por encima de 25° C aun cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0° C.

Para la implementación de este sistema el área de tratamiento debe ser acondicionada. Primero se debe cercar el predio, homogeneizar ligeramente el material a tratar y caracterizar el suelo contaminado. Es necesario acondicionar el suelo incorporando nutrientes, humectando y regulando el pH. Luego se comienza el trabajo de remoción con máquina excavadora. Con frecuencia establecida se realiza el monitoreo y control de las principales variables de operación. El tiempo estimado de tratamiento varía generalmente entre 9 y 12 meses dependiendo del tipo de suelo y contaminante a biodegradar, pero hay suelos que pueden ser tratados en tiempos menores. Los factores que dificultan la aplicabilidad y efectividad del proceso de degradación son los siguientes: suelos poco permeables, concentraciones de hidrocarburos superiores a 80 g/kg, hidrocarburos con porcentajes superiores a 50% de compuestos de carbono 35 o mayores, presencia de metales pesados en concentraciones superiores a 2.5 g/kg.

### **Métodos analíticos**

Nitrógeno edáfico: método modificado para suelos contaminados basado en Mét. Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales 4500-Norg B Mét Macro-kjeldah. Análisis químicos de suelos, Jackson 3ªEd.

Fósforo asimilable: método de Fósforo absorbido Bray-P1 (6S) Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report N°42, Version 3.0. January 1996.

pH: en suelos y residuos: método EPA SW 9045C

Textura: IRAM 10509:1982

Hidrocarburos totales del petróleo (TRPH): EPA método N° 418.1.

### **Desarrollo**

El tratamiento se realizó sobre una platea impermeabilizada, provista de drenajes para permitir la salida de los líquidos que pudieran lixiviar. Se removió con excavadora en forma mensual y se incorporaron los nutrientes necesarios mensualmente. Se incorporaron como nutrientes urea y fosfato diamónico para llevar a cabo el proceso en función de la concentración de hidrocarburo, manteniendo una relación C:N:P de 100:10:1. Durante el proceso no fue necesario incorporar agua ya que las precipitaciones registradas en la zona fueron suficiente para proporcionar la humedad adecuada.

### **Croquis y disposición de la biopilas**

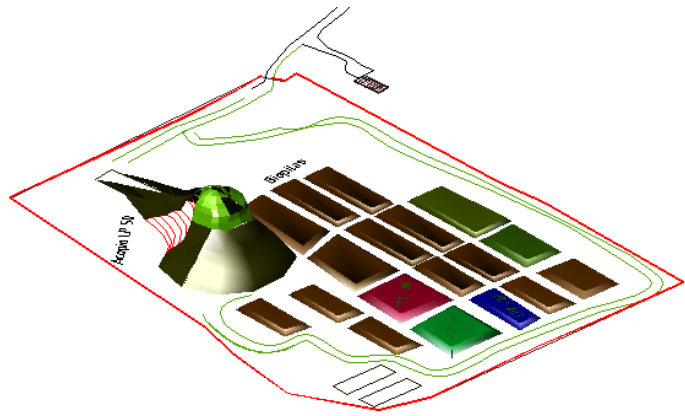


Figura 1. Disposición de las pilas de tratamiento y fotografía aérea del sector de tratamiento

### Características climáticas

El sitio de tratamiento se encuentra emplazado en la región Patagonia Extra Andina en donde el clima es templado frío del tipo semiárido árido. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre alrededor de 200 mm anuales. La temperatura media anual está alrededor de los 6 °C, siendo su pico de menor temperatura durante los meses de Junio y Julio con alrededor de 2 °C.

### Características del suelo

Textura	Arcilla 40%, limo-arena 60%
Densidad Aparente (g/ cm <sup>3</sup> )	0,96
Porosidad	65,4%

Nota. USDA 1999 define suelo de textura arcillosa como aquel formado por materiales que contienen 40% o más de arcilla, menos del 45% de arena y menos del 40% de limo.

### Proceso de biodegradación de hidrocarburos

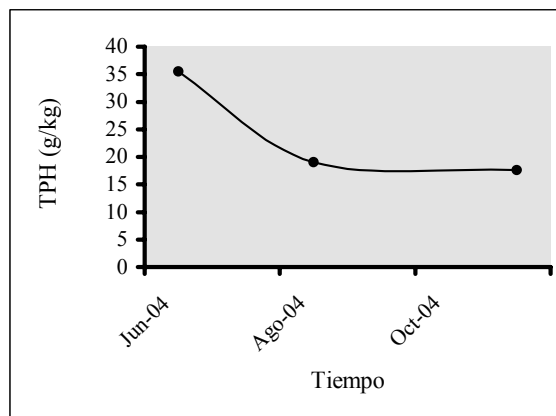
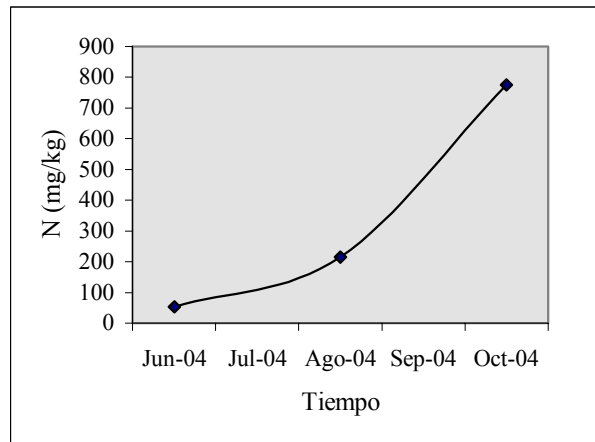


Gráfico 1.- Curva de degradación de hidrocarburos totales de petróleo expresados como TPH, según norma EPA 418.1

Según puede observarse en el gráfico 1, el proceso comenzó con un valor de TPH de 35,5 g/Kg y alcanzó una concentración inferior a 20 g/Kg en aproximadamente 4 meses de tratamiento. La meta a

alcanzar de 20 g/kg es la establecida por el Decreto Reglamentario 712/02 de Ley 2567 Anexo X. La



concentración de metales pesados fue inferior a los límites marcados por la regulación vigente.

Gráfico 2. Evolución de la concentración de Nitrógeno a lo largo del proceso

Fecha de Muestreo	pH
Junio 2004	8,3
Agosto 2004	8,3
Noviembre 2004	8,0
Marzo / Abril 2005	8,2

Tabla 1. Variación del pH a lo largo del proceso

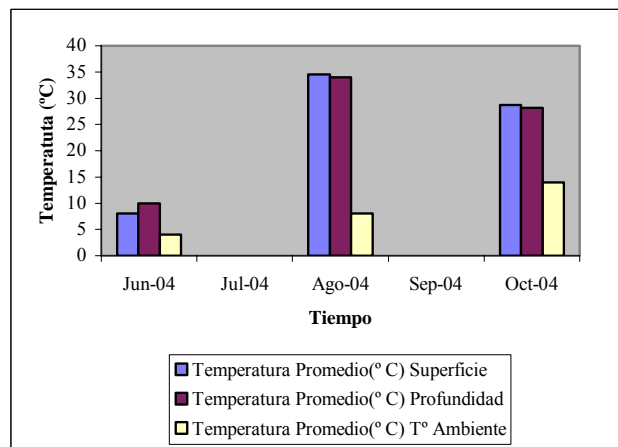


Gráfico 3.- Evolución de la temperatura en las biopilas en relación a la temperatura ambiente

El gráfico 2 muestra la evolución de la concentración de nitrógeno dentro de los rangos normales de proceso, al igual que la evolución del pH (tabla 1). Del gráfico 4 se desprende que la temperatura promedio tanto en superficie como en profundidad dentro de la biopila se mantiene significativamente por encima de la temperatura ambiente asegurando un proceso biológico eficiente.

## Conclusiones

Las ventajas comparativas de la técnica de *Biopilas Aireadas por Remoción Mecánica* son las siguientes aplicada en Yacimiento Los Perales, son las siguiente:

- técnica simple en cuanto a implementación y diseño
- escaso requerimiento de infraestructura operativa
- alta eficiencia en remoción de contaminantes
- técnica destructiva, ya que el contaminante es transformado en productos inocuos para el ambiente
- tiempos de tratamientos relativamente cortos comparados con otro procesos biológicos
- adecuada para distintos tipos de suelos y de contaminantes
- no requiere dilución del material a tratar con lo cual se evita el incremento de volumen
- es de aplicación in-situ con lo cual se evitan costos de transporte de material
- es adecuada para el tratamiento de suelos en zonas áridas o semiáridas
- es adecuada el tratamiento en climas templado-fríos y fríos
- no requiere incorporación de agua, excepto en periodos de extrema sequía donde es necesario incorporar volúmenes discretos de agua
- es posible obtener metas de limpieza según las regulaciones vigentes

El costo de tratamiento depende principalmente de tres factores: tipo y concentración del contaminante, nutrientes y movimiento de suelos.

## Bibliografía

Dibble, J.T. , R. Bartha, *Effect of Environmental Parameters on the Biodegradation of Oil Sludge*. Applied and Environmental Microbiology, p.729-739, Apr. 1979.

Ercoli, E., Gálvez, J.; Aranzadi, E. *Degradación biológica en suelos contaminados con hidrocarburos*. 2° Simposio de Producción de Hidrocarburos. Instituto Argentino del Petróleo., Tomo 1 pag. 487-496. 1995

Ercoli, E., Gálvez, J.; Aranzadi, E.; Santos, A.; Cantassano, P. *Tratamiento Biológico ex-situ de residuos semisólidos de oleoductos*. 1° Encuentro Latinoamericano para la Calidad en la Industria Petrolera: 311-318. 1995.

Ercoli, E., Galvez, J. Aranzadi, E. Di Paola, M. *Total petroleum hydrocarbon monitoring in biodegradation of weathered crude oily residues* . The Fourteenth International Conference on Solid Waste technology and Management, Philadelphia, P.A. U.S.A. 1998.

Ercoli, E., Saracino. C.; Galvez, J.; Videla. O. *Evaluación de dos años de experiencias de campo en biorremediación de suelos*. 3ras Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas, IAPG: Tomo 1, 47-60. 1998.

Ercoli, E., Gálvez, J.; Videla, S.; Curci, E.; Calleja, C. *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. INGEPET 99, Lima. Perú. 1999

Ercoli, E; Galvez, J.; Di Paola, M.; Cantero, J. A.; Videla, S.; Medaura, C. *Biorremediación de suelos altamente contaminados*. INGEPET 99, Lima. Perú. 1999

Ercoli, E; Galvez, J.; Di Paola, M.; Cantero, J. A.; Videla, S.; Medaura, C. Bauzá, J. *Análisis y evaluación de parámetros críticos en biodegradación de hidrocarburos en suelo. congreso Producción 2000. III Workshop Latinoamericano de la Ciencia en la Ingeniería de Petróleo. Puerto Iguazú. Argentina .2000.*

Ercoli E.; Gálvez, J.; Calleja, C.; Calvo, V.; Cantero, J.; Videla, S.; Medaura, M.C.; DiPaola, M. *Extensive Evaluation of Aerated Accumulation Technique for Soil Treatment. SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference held in Buenos Aires, Argentina, 25–28 March 2001.*

Ercoli, E. et al. *Biorremediación de suelos por técnica de acumulación aireada*. IV Jornadas de Preservación de Agua, Aire y Suelo en la Industria del Petróleo y del Gas. IAPG. Salta Argentina (2000).

Errampalli D., Trevors J.T., Lee H., Leung K., Cassidy M., Knoke K., Marwood T., Shaw K., Blears M.and

Hueseman, M. *Guidelines for Land-Treating Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils*. Journal of Soil Contamination. 3(3). 1994

Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo, pag 77, USDA 1999.