

## TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE LODOS DE PERFORACIÓN EN COLUMNAS DE SUELO (LISÍMETROS)

Héctor Zegarra-Martínez, Roberto Ríos-Vázquez, Jesús Reyes-Avila, Norma Rojas-Avelizapa, Teresa Roldán-Carrillo, Martha Ramírez-Islas, Luis Fernández-Linares. Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, 07730 México D.F. Fax (525) 30037705. email:

[hzegarra@imp.mx](mailto:hzegarra@imp.mx)

*Palabras clave: biorremediación, lisímetros, hidrocarburo*

**Introducción.** Se estima que el 73% de los residuos peligrosos generados por PEMEX corresponde a los residuos y lodos de perforación. Las regulaciones ambientales de México – a diferencia de las norteamericanas- establecen que estos residuos deben ser saneados, por lo que se requiere una intensa investigación para su tratamiento. Una de las tecnologías de saneamiento con mayor aceptación es la biorremediación. Para su aplicación se requiere conocer tanto a los principales factores biológicos que permitan estimular la actividad de biodegradación de los hidrocarburos, como a los factores físicos que actúan sobre estos. Las columnas de suelos o lisímetros permiten evaluar a nivel mesocosmos bajo condiciones controladas los efectos de los factores biológicos considerando el perfil geológico del suelo. La presencia de bentonita en los lodos de perforación y de arcilla en general en suelos representa un reto para el estudio en columnas de suelo.

El objetivo del presente estudio fue establecer las condiciones para instalar lisímetros con residuos de lodos de perforación y evaluar los efectos de la fertilización, inoculación y oxigenación química sobre la actividad heterótrofa.

**Metodología.** Se diseñaron lisímetros cilíndricos con tres compartimentos representativos de los estratos de un sondeo en una ex-fosa. Con base en una caracterización previa y evaluando la curva de avance de un trazador no reactivo, se identificó aquellos parámetros que pudieran limitar la biodegradación. Se desarrollaron pruebas preliminares (microcosmos) para seleccionar al oxigenante y su concentración; verificar la eficiencia de los nutrientes; y se determinó el impacto del protocolo de inoculación en suelo a partir de un inóculo nativo producido en reactores (20 l).

Se estableció un diseño factorial  $2^3$  de lisímetros que involucró tres factores (inóculo, fertilizante y oxigenante) en dos niveles (adición o ausencia del estimulante) para evaluar el efecto de los factores y sus interacciones sobre la actividad heterótrofa.

**Resultados y discusión.** Las adecuaciones del lisímetro y compactación del suelo ( $1 \text{ g/cm}^3$ ) permitió determinar el avance de un trazador no reactivo de 4.2 cm/mes sin efectos de “corto circuito” y “efectos de pared” como consecuencia de las microfracturas y contracciones típicas de los suelos arcillosos. Esta baja difusión determinó que no era factible el empleo de la aireación mecánica por lo que se emplearon oxigenantes químicos. Debido a la excesivamente rápida liberación de  $\text{O}_2$  del  $\text{H}_2\text{O}_2$  se seleccionaron peróxidos de metales primarios poco solubles. El  $\text{CaO}_2$  (28 mg de  $\text{O}_2/\text{L}$ )

brindó más  $\text{O}_2$  que el  $\text{BaO}_2$  (21 mg de  $\text{O}_2/\text{L}$ ). En ambos casos el pH se incrementó de 6.7 a 12.8 para el  $\text{CaO}_2$  y 13.6 para el  $\text{BaO}_2$ , debido a la formación de hidróxidos. En suelo la mejor concentración de  $\text{CaO}_2$  para estimular el crecimiento bacteriano fue de 0.1% (w/w), sin observarse efectos en el pH, ni en la salinidad, debido a su liberación prolongada y a la capacidad amortiguadora del suelo.

En el experimento factorial con lisímetros se observó que durante 15 d existió una correlación significativa entre la producción de  $\text{CO}_2$  y el consumo de  $\text{O}_2$  ( $r = 0.94$ ). En los estratos de 0 – 40 cm de profundidad (3.24 mg  $\text{O}_2/\text{kg}$  y 2.89 mg  $\text{CO}_2/\text{kg}$ ) y de 40 – 70 cm (2.60 mg  $\text{O}_2/\text{kg}$  y 2.73 mg  $\text{CO}_2/\text{kg}$ ) el consumo de  $\text{O}_2$  y la producción de  $\text{CO}_2$  presentaron un efecto significativo por la adición de inóculo y oxigenante y un efecto sinérgico por la adición de ambos. Sin embargo, en el estrato 70 – 100 cm (1.99 mg  $\text{O}_2/\text{kg}$  y 1.96 mg  $\text{CO}_2/\text{kg}$ ), sólo fue significativo el efecto de la adición del oxigenante. En ninguno de los tratamientos se detectó producción de  $\text{H}_2\text{S}$  o  $\text{CH}_4$ . Los coeficientes de respiración de 1.19 (0-40); 1.31 (40 – 70); y 1.11 (70 – 100) fueron más altos que el teórico para hidrocarburos de 0.67, posiblemente por aportes bióticos y abióticos de  $\text{CO}_2$  como la materia orgánica y carbonatos (1). El suelo contenía más del 10% de  $\text{CaCO}_3$ . Valores más altos de 1.00 ha sido reportado para la biodegradación de hidrocarburos en columnas de suelo (2) y (3). El inóculo en los lisímetros no presentó un aumento significativo inicial por efecto de la bioaumentación.

**Conclusiones.** Se adaptaron columnas de suelos para residuos arcillosos y se cuantificó la curva de avance de 4.2 cm/mes. Se determinó al  $\text{CaO}_2$  al 1% (w/w) como el oxigenante más factible de emplearse. Se produjo un inóculo hidrocarbonoclasta nativo. Se observó el efecto del inóculo y oxigenante químico sobre la actividad heterótrofa de los residuos de lodos de perforación.

**Agradecimientos.** Este trabajo fue financiado por el proyecto IMP D.00023

### Bibliografía.

1. Aelion, M., Kirtland, B. y Stone, P. (1997). Radiocarbon Assessment of Aerobic Petroleum Bioremediation in the Vadose Zone and Groundwater at an AS/SVE Site. *Environ. Sci. Technol.* 31 (12): 3363-337.
2. Freijer, J. y Leffelaar, P. (1996). Adapted Fick's law applied to soil respiration. *Water Resour. Res.* 32 (4): 791 - 800.
3. Wirdrig, D. y Manning, J. (1995). Biodegradation of No. 2 diesel fuel in the vadose zone: a soil column study. *Environ. Toxicol. and Chem.* 14 (11): 1813 - 1822.