



## RESTAURACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS INTEMPERIZADOS, MEDIANTE ÁCIDOS HÚMICOS

Cesar García Díaz; Ronald Ferrera Cerrato; Héctor Poggi Varaldo; Miguel Á. Meléndez Lira; Josefina Barrera Cortés.  
Av. Instituto Politécnico Nacional #2508, Col. San Pedro Zacatenco, México, D.F., C.P. 07360. Fax: 5061-3313.  
jbarrera@cinvestav.mx

*Palabras clave: suelos intemperizados, surfactante, ácidos húmicos*

**Introducción.** La biodisponibilidad de contaminantes es uno de los principales problemas en los procesos de biorremediación de suelos en fase sólida. Los fenómenos fisicoquímicos involucrados son: la sorción/desorción, así como la difusión y disolución de contaminantes en el seno de las fases sólida y líquida, respectivamente [1]. La acción conjunta de estos fenómenos, asociada a las características y composición del suelo contaminado, determinan la velocidad de degradación de contaminantes. Comúnmente, surfactantes y/o solventes son adicionados para propósitos de biodisponibilidad de contaminantes. En el caso de los hidrocarburos totales del petróleo (HTP's), compuestos hidrofóbicos, es práctica común adicionar surfactantes no iónicos (Tween 80, Triton X-100) e incluso solventes no polares como el tolueno [2]. Rochus y Sipos reportaron que los ácidos húmicos poseen propiedades anfipáticas que favorecen la formación de pseudomicelas y agregados (3). En la actualidad solo hemos encontrado una referencia que describe a los ácidos húmicos como surfactantes naturales no tóxicos capaces de remover cantidades similares de HTP's de suelo contaminado, tal y como lo hace un surfactante sintético [4].

Con el objetivo de reducir los tiempos de restauración de suelos altamente contaminados con HTP's intemperizados, en este trabajo se propone la remoción de HTP's mediante un proceso de lavado con ácidos húmicos, como surfactante.

**Metodología.** Se utilizó un suelo arcilloso contaminado con 52000 ppm de HTP's, obtenido de una planta de tratamiento de aceite crudo ubicada en Poza Rica, Veracruz, México. Como ácido húmico se utilizó un extracto de leonardita (EL), PHC® Humex WS, con >80% de ácidos húmicos. El lavado del suelo contaminado se realizó con mezclas agua-EL de acuerdo al diseño experimental factorial presentado en el Cuadro 1. Mezclas suelo/agua/leonardita fueron sometidas a un proceso de agitación orbital durante 24 horas. El suelo fue separado del sobrenadante para análisis de HTP's residuales por extracción Soxhlet (EPA 3540C). Se realizó un análisis estadístico de datos mediante Design-Expert 6.

Cuadro 1. Diseño experimental factorial completo  $3^3$

Factores	Rango de los Niveles		
	-1	0	1
EL (g)	0.1	1	10
Agua (ml)	50	100	150
Suelo (g)	5	10	15

**Resultados y discusión.** El lavado del suelo contaminado permitió una remoción máxima de 50% de HTP's, con 23% de suelo en la mezcla (15g suelo + 50ml), adicionada con 2g/L de leonardita. Considerando que el suelo tratado contiene un 38% de asfaltenos y que los ácidos húmicos no tienen la capacidad de emulsionarlos ni solubilizarlos, se esperaba tener un 62% de remoción máxima. De acuerdo al ANOVA, la interacción suelo-EL es significativa en un 90% con una  $P(F) < 0.2$ . A partir del modelo matemático generado por el ANOVA (Fig. 1), para la interacción suelo-EL, el máximo nivel de remoción teórico puede ser de un 61.6% para las condiciones: EL=5.66g, Suelo=5.08g y Agua=146.8 ml (no evaluadas), valor similar al teóricamente esperado de acuerdo a las características del suelo estudiado.

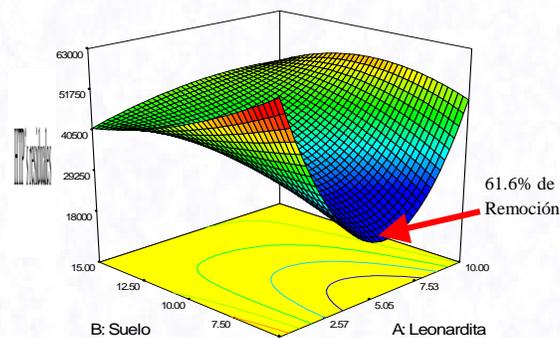


Fig. 1. Modelo matemático que indica el máximo nivel de remoción

**Conclusiones.** Se removió un 50% de HTP's mediante el proceso del lavado con ácidos húmicos, 80% del total de hidrocarburos extraíbles del suelo. Estos resultados sugieren la reducción del tiempo de restauración mediante métodos biológicos, previo tratamiento de lavado con ácidos húmicos.

### Agradecimiento.

Proyecto SEMARNAT-2002-C01-0154.

### Bibliografía.

- Bosma, T.; Middeldorp, P.; Schraa, G. y Zehnder, A. 1997. Mass transfers limitation of biotransformation: Quantifying bioavailability. *Environ. Sci. Technol.* 31: 248-252.
- García, R. M.; Saucedo, C.G.; Flores, H. S. y Gutiérrez, R. M. 2002. Mass transfer hydrocarbon biodegradation of aged soil in slurry phase. *Biotechnol. Prog.* 18: 728-733.
- W. Rochus and S. Sipos, Micelle formation by humic substances, *Agrochimica*, 1978, 22, 446.
- Conte, P.; Agretto, A.; Spaccini, R.; Piccolo, A.; 2005. Soil remediation: humic acids as natural surfactants in the washings of highly contaminated soils. *Environ. Pollut.* 135, 515-522.