

CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

FORO CONSULTIVO
CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo

La Paz, B.C.S, a 28 de marzo de 2010



A. Salinas-Martínez*, G.R. Hernández-Carbajal*,
M. De los Santos-Córdoba*, J. López-Miranda*,
N.O. Soto-Cruz*, H. Pérez-Andrade** y
H. Medrano-Roldán



*Instituto Tecnológico de Durango

**Minas LUISMIN S.A. de C.V., Durango

Problemática

Como causa del gran deterioro ambiental ocasionado por el desarrollo de algunos procesos industriales, tales como la minería y la extracción, refinamiento y transporte del petróleo, es imprescindible la aplicación de técnicas que disminuyan la concentración o toxicidad de los contaminantes producidos y/o derramados en los procesos antes mencionados y que al mismo tiempo sean económicamente aplicables. La contaminación de los suelos por hidrocarburos del petróleo es un problema común en la industria minera mexicana; para el caso de las minas que tengan más de 15 años de operación se estima que, por lo menos, existen alrededor de 500 m² de suelo contaminado por cada una. Petróleos Mexicanos reportó en 1991 que unas 130,183 toneladas de derivados del petróleo fueron derramadas en suelos nacionales. Debido a esta situación, es imprescindible el desarrollo de tecnologías para la aplicación de técnicas que disminuyan la concentración y/o toxicidad de los contaminantes producidos por la industria, y que al mismo tiempo no presenten altos costos de inversión y mantenimiento. Se requiere obligadamente la remediación de estos suelos a fin de que sean aptos, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana. Para resolver esta problemática se diseñó un proceso de biorremediación económico, que utiliza los microorganismos nativos a través del uso de consorcios bacterianos y fúngicos, que permita la eliminación de hidrocarburos del suelo de una manera eficiente. Los suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo de una mina localizada en la Sierra del Estado de Durango, se han utilizado como modelo para el desarrollo del proceso de biorremediación.



Fig. 1. Los almacenes de residuos peligrosos son potenciales generadores de suelos contaminados en las industrias mineras en México.

Usuarios

Los usuarios de este proyecto son principalmente la industria minera de México y particularmente para este caso tipo la empresa Minas LUISMIN S.A. de C.V. del Estado de Durango.

Proyecto

El suelo es la parte biológicamente más diversa de la tierra y es ahí donde se realizan un gran número de funciones entre las que destacan la producción de biomasa, la de control de la concentración, movilidad y biodisponibilidad de la mayor parte de las sustancias (incluyendo los contaminantes) en la superficie de la tierra.

La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América (US EPA), el Ministerio del Ambiente de Quebec en Canadá, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en México, así como otros organismos ambientales y de salud en el mundo, han catalogado a los hidrocarburos como compuestos contaminantes y dañinos al medio ambiente y la salud humana. La contaminación de suelo y agua con hidrocarburos del petróleo como resultado de derrames accidentales o condiciones inapropiadas de almacenamiento son reportadas frecuentemente.

Los hidrocarburos derivados del petróleo, en el ámbito mundial, han provocado una severa contaminación del suelo y de los cuerpos de agua. Es común que los suelos mineros contengan estos compuestos tóxicos para los seres vivos, ya que son mutagénicos y carcinogénicos. Asimismo la contaminación por hidrocarburos tiene un pronunciado efecto sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de un suelo, pudiendo impedir o retardar el crecimiento de la vegetación sobre el área contaminada.

Se conoce que la degradación de materiales orgánicos en ambientes naturales es mediada, principalmente, por microorganismos: bacterias, hongos, levaduras y protozoarios. Así, el tipo de interacción microbiana es de vital importancia en el proceso de degradación de un compuesto, es decir, en la mayoría de las ocasiones los microorganismos no trabajan solos, sino en conjunto (consorcios microbianos).

Entre los principales géneros de bacterias degradadoras de hidrocarburos se encuentran *Achromobacter*, *Acynetobacter*, *Alcaligenes*, *Athrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Neocardia* y *Pseudomonas* sp., *Micrococcus*, *Sphingomonas* y *Enterobacteriaceae*; entre los hongos están *Trichoderma*, *Mortierella* sp., *Aspergillus* y *Penicillium* sp. El género *Candida* es el más común entre las levaduras.

Con base en lo anterior, se propuso desarrollar un proceso de biorremediación de suelos. Este consistió en el uso de los microorganismos nativos más importantes para la degradación hidrocarburos del petróleo presentes en el suelo (provenientes principalmente de fugas y/o derrames en los tanques de almacenamiento, fallas de diseño, fracturas y actividades de mantenimiento a los equipos de la empresa, entre otros).

Se aislaron las cepas nativas con el objeto de identificarlas mediante pruebas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas. Se seleccionaron los microorganismos con

una mayor velocidad de crecimiento y velocidad de degradación de los hidrocarburos del petróleo. Los microorganismos seleccionados fueron una bacteria y un hongo, pertenecen a los géneros *Flavobacterium* y *Aspergillus*, los cuales se evaluaron de forma individual y en forma conjunta, como consorcio microbiano, en su capacidad y velocidad de degradación de hidrocarburos del petróleo (la cuantificación de hidrocarburos residuales se llevó a cabo por el método estándar recomendado por la Agencia de Protección Ambiental, EPA).

Para el proceso de biorremediación se utilizó la técnica denominada "heap leaching" o extracción de mineral a partir de material sólido acumulado en un contenedor impermeable a través de soluciones acuosas. Particularmente el proceso consistió en el uso de columnas cilíndricas o contenedores en forma de pileta donde se vertió el suelo contaminado y posteriormente se aplicó sobre él una suspensión microbiana, de tal manera que mientras la suspensión comienza a filtrarse, a través de la columna o de la pila, el mineral es absorbido (metabolizado) por dicha comunidad microbiana en suspensión que es posteriormente recuperada. Se probaron diferentes mezclas de suelo-arena para obtener mejores condiciones de operación.



Fig 2. Suspensión microbiana (consorcio microbiano) (izq) y pileta de bioremediación escala piloto de suelos contaminados (der.).

Los resultados mostraron el crecimiento abundante de colonias microbianas en el suelo contaminado con hidrocarburos lo que inicialmente permitió visualizar la posibilidad de biorremediación con las cepas nativas utilizadas mediante un proceso de biodegradación de hidrocarburos. La bioestimulación del consorcio microbiano nativo del suelo contaminado, logra un 97.4% de degradación de los hidrocarburos totales del petróleo (HTP's) presentes, en un periodo de 15 días al utilizar una velocidad de recirculación de 200mL/h. En el caso de la pileta de degradación de hidrocarburos se lograron valores similares al máximo obtenido en la columna de degradación, pero con una mayor velocidad de recirculación (250mL/h) (Fig. 3). Por lo anterior, bajo condiciones iguales de flujo de la suspensión microbiana, indican que la degradación de los HTP's en el sistema de pileta es más efectivo y rápido.

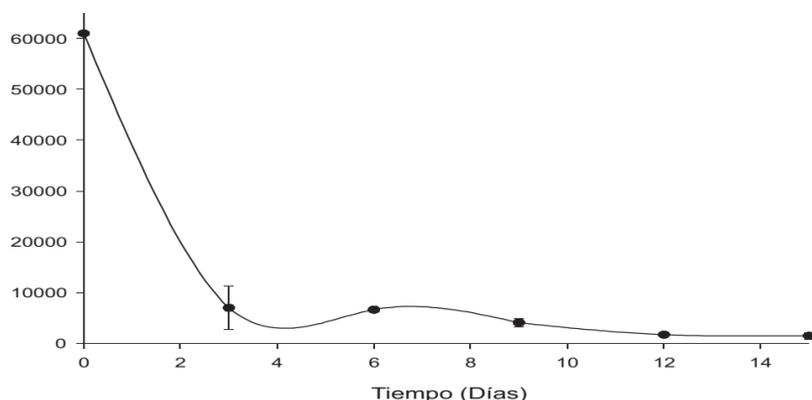


Fig. 3. Degradación de hidrocarburos totales del petróleo (HTP, mg/Kg) en suelos, en la pila de bioremediación, a un flujo de 250 mL/h de la suspensión microbiana, en un periodo de 15 días.

Impacto socioeconómico

A través de la utilización de un sistema microbiano nativo se logró eliminar o biodegradar en un periodo de tratamiento de 15 días hasta el 98.5% del contenido de hidrocarburos del petróleo de un suelo contaminado de una mina localizada en la sierra del estado de Durango (utilizada como modelo). Este logro permite que esos suelos cumplan ya con la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LAS ESPECIFICACIONES PARA SU CARACTERIZACIÓN Y REMEDIACIÓN. Además del éxito en la recuperación del suelo, el estudio de factibilidad técnico-económico indica un costo relativamente bajo de 35 dólares/tonelada tratada, lo que da como resultado un efectivo proceso de biorremediación, replicable en otras zonas mineras del país.

Las cepas aisladas y caracterizadas representan una herramienta biológica considerable dada su capacidad de utilizar diesel como única fuente de carbono. Las cepas aisladas e identificadas como *Flavobacterium* sp. y *Aspergillus* sp forman parte de la colección microbiana institucional y tienen una potencial ventaja competitiva, en comparación a otros microorganismos, debido a que puede tolerar altos niveles de toxicidad de los principales contaminantes. El impacto socioeconómico del proyecto está sustentado en la biorremediación de suelos y en la sustentabilidad de la actividad minera en México, que representa una considerable cantidad de empleos e importancia económica en el país.

Este proyecto fue financiado por el
Fondo Mixto GOBIERNO DE DURANGO-CONACYT

Contacto: <http://pcti.mx>, hnolasco2008@hotmail.com