

Biorremediación como alternativa para la restauración de suelos contaminados con hidrocarburos

Dra. Ma. del Rosario Peralta Pérez*



El suelo y su importancia

El suelo se refiere a la superficie "suelta" de la Tierra, distinguiéndolo de la roca sólida. Es un sistema complejo formado por partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, aire, agua y microorganismos. Estos elementos denominados fases, interaccionan entre sí, llevando a cabo una gran cantidad de reacciones químicas, las cuales son catalizadas por los microorganismos. En términos agrícolas, el concepto de suelo es más práctico y se refiere al medio donde crecen los cultivos.

La mayor importancia del suelo radica en su papel como superficie de contacto, donde se intercala lo vivo y lo muerto. Es aquí donde las plantas, usando la energía solar, combinan el dióxido de carbono de la atmósfera con los nutrientes y agua del suelo para formar tejidos vivos; es así que el 99% de nuestro alimento se produce en la tierra. Dado que las plantas que crecen en la tierra dependen del suelo a fin de obtener agua y nutrientes, los suelos deben ser suficientemente porosos a fin de propiciar un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces y además deben contener cantidades suficientes de los elementos indispensables para su desarrollo, como son: carbono, hidrógeno y oxígeno, que conjuntamente constituyen el 90%, y en menor medida: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Se observa que la utilización del suelo por las plantas es compleja, si a ello se agrega que los requerimientos de las plantas son diversos, puede verse la imposibilidad de que un suelo determinado sea productivo para el crecimiento de todas las plantas; entendiendo por productividad del suelo a la capacidad del

*Profesora e investigadora en el Laboratorio de Catálisis Enzimática del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. alfare@prodigy.net.mx

mismo para producir una planta determinada bajo un sistema específico de manejo. Los especialistas en suelos precisan la clasificación de la productividad midiendo los rendimientos de cierto cultivo por un tiempo determinado; la productividad es un concepto económico y no una propiedad de éste. Por otra parte, la fertilidad del suelo se define como la cualidad que le permite a un suelo proporcionar los compuestos y cantidades adecuados para el crecimiento de plantas específicas, cuando las demás condiciones son favorables. Para que un suelo sea productivo, debe ser fértil.

Contaminación de los suelos

Algunas actividades industriales y agrícolas desarrolladas por los seres humanos, han traído como consecuencia graves problemas de contaminación a los suelos. El uso de insecticidas, maquinaria agrícola o las actividades industriales en general, provocan la contaminación con mezclas complejas de sustancias que tienden a acumularse en la matriz del suelo, provocando la pérdida en la fertilidad del mismo y la acumulación de sustancias tóxicas para los animales o seres humanos.

Generalmente la contaminación de los suelos tiene lugar por mezclas de moléculas especiales sintetizadas por el hombre, tal es el caso de algunos insecticidas, lo cual dificulta su degradación; de hecho algunos expertos han estimado que actualmente más de 10 mil moléculas distintas son usadas comercialmente para fines diversos (Alexander, 1981).

El problema de la contaminación en suelos no está bien cuantificado en nuestro país, pero las cifras en los Estados Unidos revelan que anualmente se producen alrede-



edor de 100 millones de toneladas de contaminantes que llegan a los suelos y el costo de limpieza total se ha estimado en 1.7 billones de dólares. Como un ejemplo de esto, Estados Unidos estimó en los años 80 que la cantidad de pozos petroleros abandonados era de 2.3 millones, y se desconoce aún la cantidad de fugas que existen en los ductos, todo ello trae como consecuencia graves problemas de contaminación inicialmente en suelos y, en casos más graves, los contaminantes son arrastrados hacia depósitos de agua dulce e incluso pueden llegar al mar.

Alternativas para la recuperación de suelos contaminados

Como puede observarse, los problemas de contaminación en suelos son severos, por lo cual se han ideado diferentes tratamientos para contrarrestar el problema. Una alternativa frecuente es la incineración, aunque en realidad no se está solucionando el problema, sólo se torna en contaminantes del aire.

Una alternativa novedosa es la *biorremediación*, que se define como el uso de microorganismos o par-



tes de éstos para eliminar sustancias tóxicas en un sitio determinado. Los organismos más utilizados han sido bacterias aeróbicas y anaerobias, la completa biorremediación de los suelos implica la conversión de los contaminantes en CO₂ y H₂O (Cacciatore y McNeil, 1995).

La biorremediación es una alternativa interesante, debido a que en la naturaleza la completa degradación de las moléculas, a la cual se le denomina "mineralización", siempre ocurre principalmente por la actividad microbiana; pocos mecanismos abióticos en la naturaleza convierten totalmente los compuestos orgánicos complejos (Schwarzenbach, 1993). Durante un proceso de biorremediación se favorece el desarrollo de los microorganismos capaces de degradar el contaminante de interés, esto trae como consecuencia el beneficio de ser un proceso sumamente económico y fácil de aplicar.

La biorremediación puede ser llevada a cabo *in-situ*, es decir, en el lugar, o *ex-situ*, para lo cual el material contaminado debe ser retirado de donde esté. En general, es preferible realizar la biorremediación *in-situ*, de este modo se evita la excavación de la zona y la transportación del material, resultando entonces un proceso más barato. Ambos procesos han sido estudiados y caracterizados extensamente a través de pruebas de laboratorio y de campo, resultando ser, en ambos casos, procesos exitosos, siempre y cuando se realice un estudio previo para conocer las condiciones de los suelos (estudios de tratabilidad) ya que la temperatura, pH, contenido de oxígeno y biodisponibilidad del contaminante, influyen considerablemente en el desarrollo de los microorganismos que llevan a cabo la biorremediación de los suelos.

La amplia gama de microorganismos empleados en los procesos de biorremediación incluyen levaduras, algas,

bacterias y hongos, aunque los mejor caracterizados son las bacterias.

Algunas aportaciones del TESE para la recuperación de suelos

De los microorganismos empleados para la biorremediación del suelo, los hongos son aquellos que pueden adaptarse mejor a condiciones de humedad menores de 60%; por ello resultan ser candidatos ideales, además de que son capaces de crecer y colonizar eficazmente la compleja matriz del suelo.

Actualmente, el Laboratorio de Catálisis Enzimática del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, cuenta con tres cepas de hongos filamentosos capaces de degradar compuestos contaminantes: *Cunninghamella equinulata*, *Phanerochaete chrysosporium* y *Aspergillus niger*.

Se han realizado pruebas que demuestran que las tres cepas son capaces de biodegradar, a niveles razonables, moléculas modelo como el fenantreno, tanto en cultivos líquidos como en sistemas modelo de suelos contaminados. Cabe destacar que estas cepas son habitantes típicos de los suelos, por lo que es posible su aplicación directa a suelos contaminados; además existen trabajos que apoyan esta hipótesis (Aust, 1990); la aplicación directa a suelos no debe dificultarse si las condiciones del resto de los nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre) son adecuadas.

A futuro se pretende realizar pruebas de biodegradación con otro tipo de moléculas y mezclas de ellas, además de emplear cepas bacterianas en combinación con los hongos, a fin de mejorar aún más los niveles de degradación. ☺

Bibliografía

- Alexander, M. (1981), "Biodegradation of chemicals of environmental concern", *Science*, 11: 132-138.
- Aust, S. D. (1990), "Degradation of environmental pollutants by *Phanerochaete chrysosporium*", *Microb. Ecol.*, 20: 197-209.
- Cacciatore, D. A. y McNeil, M.A. (1995), "Principles of soil bioremediation", *BioCycle*, 61-63.
- Cepeda-Dovala, J. M. (1991), *Química de suelos*, México, Ed. Trillas, 2ª edición.
- Foth, H. D. (1985), *Fundamentos de la ciencia del suelo*, Ed. C.E.C.S.A.
- Schwarzenbach, R. P.; Gschwend, P. M. y Imboden, D.M. (1993), *Environmental organic chemistry*, Ed. John Wiley & Sons.