

indebido de residuos peligrosos sobre éste. Por lo tanto, es este contexto el que se considera al seleccionar la legislación que se compara y contrasta.

En México, por otro lado, no hay una legislación adecuada para prevenir y controlar la contaminación del suelo. Lo único que existe son los 11 artículos del Título IV, Capítulo III de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, donde se establecen criterios muy generales sobre el tema; como el de referenciar la aparición de normas próximas sobre descarga a suelos y procesos industriales que generen sustancias de lenta degradación; y prohibir la importación de residuos para su confinamiento. Asimismo, falta desarrollar el reglamento y las normas respectivas que establezcan, entre otras cosas:

- > Las responsabilidades y los ordenamientos para evitar que los sitios que han sido ocupados, dañados y contaminados queden en las mismas condiciones cuando llega otro residente;
- > Los procedimientos para la identificación de tales sitios,
- > Los métodos de caracterización de la contaminación,
- > Los niveles típicos y máximos de contaminación permitidos en caso de derrames o liberaciones de sustancias o residuos peligrosos; y
- > Los criterios de limpieza, remoción y restauración de un sitio.

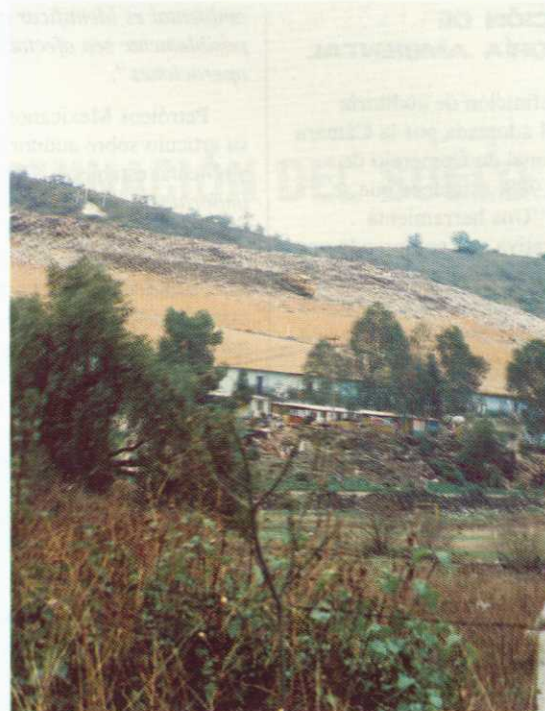
La ausencia de disposiciones adecuadas y consistentes, hacen poco efectiva la prevención y control de la contaminación del suelo, pues la vaguedad, ambigüedad e inconsistencia de la LGEEPA motivan limitaciones que deben ser corregidas para poder enfrentar con decisión los retos del saneamiento del suelo en México.

Es necesario insistir en la necesidad urgente de definir los criterios y completar las normas para regular el manejo de los residuos peligrosos y desarrollar las actividades de restauración para que pueda iniciarse el trabajo de recuperación de suelos utilizados por actividades industriales, que han sido contaminados por disposición inapropiada de residuos peligrosos y que tal contaminación ha sido detectada a través del uso de cualquiera de los cuatro tipos de auditoría ambiental mencionadas anteriormente.

IDENTIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

La contaminación del suelo debida al mal manejo de las materias primas peligrosas y a la inadecuada disposición de los residuos peligrosos industriales es la que mayor atención ha despertado en los medios científicos y gubernamentales de los países industrializados y subdesarrollados. Los residuos peligrosos se han dispuesto indiscriminadamente por años; sin embargo, lo más crítico es su impacto potencial al agua del subsuelo, un recurso de por sí escaso, el cual es abastecido a la población a través de pozos profundos y cuerpos de agua.

La razón de tal interés obedece al peligro de dañar infinidad de ciclos biológicos y atentar indirectamente contra la salud humana. La disposición de sustancias y residuos, cualquiera que sea su naturaleza, se acompaña de fenómenos complejos de interacciones entre los constituyentes de las sustancias y de los residuos, las aguas de lluvia que se infiltran entre la masa de las sustancias y los residuos, las condiciones hidrogeológicas del sitio, las etapas bioquímicas de la degradación de las sustancias y los residuos y, finalmente, el sustrato constitutivo del sitio.



Sitio de disposición de residuos a cielo abierto

Al ocurrir la contaminación del suelo, el transporte vertical continuará hasta que una o más de las siguientes condiciones se cumplan: (a) todos los contaminantes se dispersen por completo y sean absorbidos por los materiales del subsuelo; (b) los contaminantes alcancen una formación arcillosa impermeable a través de la cual no puedan penetrar, o (c) los contaminantes establezcan contacto con el agua subterránea.

Al alcanzar los contaminantes el agua subterránea, tienden a mezclarse dentro de la zona capilar y ser transportados en la misma dirección que el agua. Asimismo, algunos tienden a disolverse en una extensión limitada en el manto freático. El grado de movilidad depende también del contenido de materia orgánica y de la composición mineral del acuífero.

La contaminación de los mantos acuíferos es sumamente importante, ya que puede recorrer enormes extensiones subterráneas e incluso rebasar límites fronterizos. Esta migración puede

tardar décadas y contaminar las aguas utilizadas para la agricultura, ganadería, usos domésticos e industriales, provocar la erosión de suelos y poner en peligro la fauna y flora, así como la estabilidad de múltiples actividades socioeconómicas.

Por otro lado, la volatilización de compuestos orgánicos con alta presión de vapor y la dispersión de polvos y cenizas por los vientos son otras rutas potenciales de contaminación del medio ambiente. La vaporización y dispersión en los sitios de disposición puede alterar las condiciones atmosféricas normales y alcanzar niveles de riesgo ambiental.

La identificación de la contaminación del suelo, por lo tanto, es el primer paso para conocer las condiciones de un sitio, prever riesgos ambientales futuros y dar los fundamentos para establecer la estrategia de restauración del suelo, en caso necesario.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACION PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO

A continuación se mencionan algunas conclusiones:

Las auditorías ambientales son una herramienta valiosa dentro de las organizaciones industriales y para las autoridades gubernamentales que les permiten evaluar las condiciones y actividades ambientales de las instalaciones para tomar acciones que salvaguarden el medio ambiente.

La legislación ambiental mexicana en materia de prevención y control de la contaminación del suelo requiere desarrollarse completamente, es decir, falta aclarar los criterios de la LGEEPA, desarrollar el reglamento y las normas respectivas que establezcan, entre otras cosas: las responsabilidades y los ordenamientos para evitar que los sitios que han sido ocupados, dañados y contaminados queden en las mismas condiciones cuando llega otro residente, los procedimientos para la identificación de tales sitios, los métodos de caracterización de la contaminación, los niveles típicos y máximos de contaminación permitidos en caso de derrames o liberaciones de sustancias o residuos peligrosos; y los criterios de limpieza, remoción y restauración de un sitio.

La metodología para la identificación de la contaminación del suelo es muy importante; por lo tanto, es imprescindible que se cuente con un procedimiento que sea capaz de aportar resultados precisos, exactos y reproducibles. Sin embargo, sólo probando y documentando las

metodologías se podrán evaluar probabilísticamente su validez. Asimismo, los estudios de suelo existentes con casos de contaminación se deben comparar entre sí.

- La comparación de resultados de contaminación de suelo en diversos sitios de México contra criterios internacionales, permite establecer una primera línea de investigación en este campo. Reconociendo que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y el Instituto de Geografía de la UNAM no cuentan con una compilación de información sobre límites típicos de concentraciones de contaminantes del suelo en México.

- La contaminación del suelo por hidrocarburos, metales pesados, sulfatos, fosfatos y solventes está ampliamente difundida en las plantas industriales que manejan este tipo de materias primas, subproductos, productos y/o residuos debido, principalmente, a la falta de:

- (a) Procedimientos para el almacenamiento, manejo, proceso, transporte, empaque y disposición de estos materiales.
- (b) Supervisión en el cumplimiento de los procedimientos anteriores.
- (c) Programas de mantenimiento y atención de emergencias,
- (d) Programas de inventarios e identificación de los materiales y residuos,
- (e) Programas de inspecciones y pruebas en las áreas potencialmente contaminadas,

(f) Capacitación del personal para el uso apropiado de los equipos y procesos que desempeñan,

(g) Registro, documentación y control de la información sobre el diseño, construcción, instalación y operación.

- La acumulación e infiltración de contaminantes en el suelo superficial, semiprofundo y subsuelo pueden originar alteraciones importantes al medio ambiente y a la salud en general.

De acuerdo a las conclusiones anteriores, se desprenden algunas recomendaciones dirigidas a los órganos responsables de su implementación:

1. Incluir y definir claramente el concepto de auditoría ambiental en la LGEEPA. Desarrollar su reglamento y las normas respectivas para lograr homologar los procedimientos en la realización de las auditorías ambientales. Establecer una legislación completa, integral y objetiva para la prevención y control de la contaminación del suelo.
2. Establecer un sistema nacional de información del territorio nacional donde se compilen y/o desarrollen: métodos de identificación (muestreo y análisis) y estándares de contaminantes de suelo, entre otros, para hidrocarburos totales del petróleo, metales pesados (hierro, cromo, manganeso, níquel, plomo, antimonio, cadmio, etc.), bifenilos policlorados, sales inorgánicas, hidrocarburos volátiles totales, hidrocarburos clorados, etc.

3. Apoyar a la planta industrial del país con entrenamiento y capacitación sobre la eliminación de las fuentes generadoras y potenciales de derrame y contaminación del suelo en sus instalaciones a través de la introducción del sistema nacional de calidad total.

4. Establecer en el sistema nacional de información del territorio nacional la localización de sitios contaminados, exigir a las empresas que hayan contaminado dichos suelos realicen estudios detallados, a fin de diagnosticar con mayor precisión las condiciones actuales del sitio, identificar sus posibles fuentes de contaminación, aplicar métodos apropiados de restauración y monitorear las condiciones de contaminación del terreno y el agua del subsuelo hasta niveles que no representen riesgo a la salud o al ambiente.

Bibliografía

Bernath, T. "Environmental Audit and Property Liability Assessment". En *Pollution Engineering*, September 1988, pag. 110-114.

Juárez, M. "Estudio de la Contaminación del suelo en plantas industriales en el marco de la auditoría ambiental". Tesis de maestría en ingeniería ambiental. Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.