

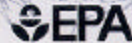


MEMORIA

En el Marco del Programa
de Cooperación Técnica
México - Japón

SEMINARIO INTERNACIONAL
SOBRE RESTAURACIÓN
DE SITIOS CONTAMINADOS

MÉXICO
del 26 al 29 de mayo de 1997



SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA

Julia Carabias Lillo
Secretaria

Enrique Provencio Durazo
Presidente del Instituto Nacional de Ecología

Adrián Fernández Bremauntz
Director General de Gestión e Información Ambiental

Jorge Sánchez Gómez
Director General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas

Victor Javier Gutiérrez Avedoy
Director del CENICA

INDICE

Requisitos técnico-administrativos para la restauración de sitios contaminados Ing. Sergio Rivapalacio Chiang	9
Restauración de sitios contaminados en el D.F. Ing. Noé Hernández	19
Política para la restauración de sitios contaminados en Japón Ing. Mitsuhiro Yamamoto	23
Transition from regulatory and policy development for hazardous waste to pollution prevention program Mrs. Donna Lacombe	31
Gerenciamento de Áreas contaminadas na região metropolitana de São Paulo, Brasil Ing. Rodrigo Cunha	35
The development of contaminated industrial sites for new utilization prospects and risks in the case of the Ruhr area in Germany Dr. Klaus Simsch	49
Política de residuos peligrosos y restauración de sitios contaminados en México Ing. Jorge Sánchez Gómez	61
Mesa redonda I	69
Lineamientos para la evaluación y saneamiento de sitios contaminados por hidrocarburos en México Dra. Rosario Iturbe e Dra. Inés Navarro	73
Methodical approaches to deal with contaminated sites in Northrhine-Westfalia Germany Dr. Herbert Frieg	83
The United States Brownfield economic redevelopment initiative. Mrs. Donna Lacombe	91
Evaluación y caracterización del suelo y subsuelo de una planta industrial para determinar el grado de contaminación y el área afectada Ing. Miguel Irabién Alcocer	93
Inventario de sitios contaminados en la ZM de la Cuenca de México: criterios de selección de áreas piloto Dr. Ramiro Rodríguez C. y Dr. Alfredo Ramos Leal	101
The Risk Assessment Process - A critical tool for characterizing and cleaning up Sites Mrs. Katherine Lawrence	107
Mesa redonda II	109
Estudio de la contaminación con cromo hexavalente en una zona del norte de la Ciudad de México y propuesta de solución M. en C. Margarita Gutiérrez	115
Caso de estudio: Unidad Habitacional "Ecatepec" Ing. Oscar Armendariz	129
La bioremediación como alternativa para la limpieza de sitios contaminados con HC Dra. Susana Saval	141
Site Remediation using biological processes Dennis Morrissette	149

A case Study in the Comon Ground Process at Oak Ridge Reservation: A step in the determination of clean up levels Dr. Robin K. White	163
Field Application of Bioremediation for Trichloroethylene-contaminated Soil and Groundwater Dr. Osami Yagi	169
Contaminación y restauración de sitios contaminados por plomo (video) Lic. Ricardo Cortiza Bernal	179
Mesa redonda III	187
Caso real de contaminación del suelo, subsuelo y acuífero en una estación de servicio del D.F. Ing. Sergio Cervantes	191
Case Study: Refinery site and petroleum depot Dennis Morrisette	195
Diagnóstico de suelos contaminados por HC M. en C. David Flores y Benjamin Chavez	201
El caso de cadmio en Toyama y de mercurio en Minamata Ing. Mitsuhiro Yamamoto	207
Contaminação por mercúrio em um sitio industrial abandonado em São Paulo, Brasil Ing. Rodrigo Cunha	211
Assessing and managing the risks associated with widespread mercury contamination resulting from gold mining P. h.D. Sean Hogan	217
Overview of the Hazardous Waste and remedial Actions Program: A Department of energy Environmental Technical Service Center Dr. Rafael Rivera	227
Mesa redonda IV	235
Directorio de empresas participantes	256

REQUISITOS TÉCNICO ADMINISTRATIVOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PROMOVENTES DE SERVICIOS PARA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINANTES POR MATERIALES Y/O RESIDUOS PELIGROSOS

*Ing. Sergio Riva Palacio Chiang
Director de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas
Instituto Nacional de Ecología / DGMRYA*

Introducción

El desarrollo industrial ha conllevado a la generación de subproductos indeseables para los cuales generalmente no hay precios positivos ni mercados, entre los cuales están las emisiones contaminantes a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y los residuos no peligrosos y peligrosos. Estos últimos, incluyen sustancias y agentes que tienen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (propiedades CRETIB).

Se calcula una generación anual mundial de aproximadamente 350 a 400 millones de toneladas de residuos peligrosos. Una gran parte de ellos provienen de fuentes como la metalúrgica o la química; asimismo, se pueden sumar otras fuentes como las actividades agrícolas generadoras de residuos de plaguicidas; las extractivas (mineras y petroleras) y las de servicios (talleres automotrices que desechan aceites gastados).

Es posible que la generación total de residuos peligrosos en México, ascienda a un volumen agregado alrededor de 8 millones de toneladas anuales, sin incluir jales mineros. Dada la proporción que guarda el volumen creciente de residuos peligrosos generados con las capacidades existentes de manejo, vigilancia y control, con frecuencia se observa una disposición clandestina en tiraderos municipales, barrancas, derechos de vía en carreteras, drenajes municipales o cuerpos de agua.

Las implicaciones de la disposición inadecuada de los residuos peligrosos para la salud y el bienestar público, así como para el ambiente, han quedado ampliamente evidentes por sucesos que han puesto de relieve que es más costoso remediar que prevenir. Sin embargo, por la cantidad de residuos que han sido dispuestos clandestinamente, existe una gran cantidad de sitios contaminados que deben ser tratados para evitar que sigan siendo lechos de captura de residuos peligrosos y conseguir su remediación.

A la fecha, no existen cifras de los lugares que deben ser restaurados en el país, sin embargo, no es difícil que dicha cantidad sea considerable.

Por otra parte, es importante señalar que la legislación vigente en la materia indica que el responsable de llevar a cabo las actividades de restauración de sitios contaminados por residuos peligrosos ocasionados por fuga o derrame, corresponden al que ocasionó dicha acción.

En muchos de los casos, no cuentan con los conocimientos o tecnologías adecuadas para realizar este tipo de acciones, por lo que deberán recurrir a empresas que ofrezcan este tipo de restauración de sitios, por lo que es de vital importancia evaluar y analizar las diferentes tecnologías disponibles para tal fin.

Bajo este contexto, los tratamientos para restauración de sitios contaminados "in situ",

tales como procesos biológicos, térmicos y fisicoquímicos, se consideran como alternativas para la restauración, siempre y cuando garanticen el restablecimiento de las condiciones naturales al suelo, agua y aguas subterráneas.

En base a lo expuesto, es importante llevar a cabo los procedimientos técnico-administrativos necesarios para que las empresas que ofrezcan sus servicios para realizar la restauración de suelos, se desarrollen dentro del marco jurídico que señala la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sus Reglamentos en materia de Impacto Ambiental, Residuos Peligrosos y la Normatividad correspondiente.

Marco Legal

La restauración de sitios contaminados tiene sus bases legales dentro de la Ley General del Equilibrio Ecológico, dentro de los artículos que hacen mención al tema están los siguientes:

Artículo 1.- La presente Ley es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

Fracción III.- La preservación, la restauración y el mejoramiento al ambiente.

Fracción V.- El aprovechamiento sustentable, la preservación y en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean

compatibles, la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad, con la preservación de los ecosistemas.

Artículo 5.- Son facultades de la Federación.

Fracción II.- La aplicación de los instrumentos de la política ambiental previstos en esta Ley, en los términos en ella establecidos, así como la regulación de las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, que se realicen en bienes y zonas de jurisdicción federal.

Artículo 98.- Para la preservación y el aprovechamiento sustentable del suelo se consideran los siguientes criterios:

Fracción V.- La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Artículo 134.- Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se considerarán los siguientes criterios:

Fracción V.- En los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

Artículo 136.- Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

- I. La contaminación del suelo;
- II. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;
- III. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación.
- IV. Riesgos y problemas de salud.

Artículo 152 Bis.- Cuando la generación, manejo o disposición final de materiales o residuos peligrosos, produzca contaminación del suelo, los responsables de dichas operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo, con el propósito de que éste pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable, para el predio o zona respectiva.

Reglamento en materia de Residuos Peligrosos:

Artículo 42.- Cuando por cualquier causa se produzcan derrames, infiltraciones, descargas o vertidos de residuos peligrosos, durante cualquier operación que comprende su manejo, el generador y, en su caso, la empresa, que preste el servicio, deberá dar aviso inmediatamente de los hechos a la Secretaría, aviso que deberá ser ratificado por escrito dentro de los tres días siguientes al día en que ocurren los hechos, para que dicha dependencia esté en posibilidad de dictar o en su caso promover ante las autoridades competentes, la aplicación de las medidas de seguridad que procedan sin perjuicio de las medidas que las mismas autoridades apliquen en el ámbito de sus competencias.

Fracción VI.- Medidas adoptadas para la limpieza y restauración de la zona afectada.

Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Artículo 59.- La Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas tendrá las siguientes atribuciones:

Fracción VIII.- Promover la celebración de convenios con universidades y centros de investigación, para la realización de estudios sobre tecnologías y sistemas de manejo de residuos peligrosos.

Criterios para la elaboración del Plan de Restauración.

Después de realizar los estudios de suelo para definir el tipo de contaminante o contaminantes que se encuentran en el sitio, los cuales pueden ser: cantidad, lugar (área y profundidad), concentración, así como temperatura promedio, humedad relativa, precipitación pluvial, etc. Se continúa con la determinación sobre el destino del sitio y usos del suelo.

- ♦ Parque Nacional o Zona Protegida.
- ♦ Zona Habitacional.
- ♦ Zona Agrícola.
- ♦ Zona Industrial.

Efectuados los estudios de suelos se evalúa la peligrosidad del o los contaminantes:

- Toxicidad.
- Movilidad.
- Solubilidad.

Ejecutado lo anterior, se solicitan o se desarrollan propuestas de tecnologías de acuerdo con el tipo de contaminante (viabilidad de tecnología).

Entre las tecnologías más usuales se encuentran:

- ◆ Tratamiento físico.
- ◆ Tratamiento químico.
- ◆ Tratamiento físico-químico.
- ◆ Tratamiento biológico.

Aspectos importantes a considerar en la elaboración del Plan:

1. Descripción de la tecnología.
2. Descripción del equipo a usar.
3. Requerimientos de energía, espacio e infraestructura.
4. Tiempo para ejecución de los trabajos.
5. Costos totales.
6. Programa calendarizado de actividades.

Selección de la tecnología más viable (viabilidad tecnológica):

Se elaborará una matriz con las alternativas de tecnología propuestas y los siguientes parámetros:

- a) Factibilidad de la tecnología.
Eficiencia esperada.
Factibilidad de reciclaje.
- b) Seguridad y riesgo.
- c) Tiempo de ejecución.
- d) Ventajas.
- e) Desventajas.
- f) Costos.
- g) Probabilidad de aumento de costo ante imponderables.

Determinación de la alternativa más viable:

(Se recomienda seleccionar dos alternativas)

La tecnología seleccionada indicará los criterios adoptados de la evaluación de las mejores tecnologías especificándose

claramente las ponderaciones para la evaluación.

Protocolo de pruebas a nivel laboratorio.

La mejor alternativa deberá presentar la siguiente información:

1.- Protocolo de pruebas a nivel laboratorio.

- a) Procedimiento
- b) Bitácora del protocolo de pruebas.
- c) Tabla de resultados de la tecnología a nivel laboratorio.
- d) Presentar las principales variables del proceso y su control.
- e) Deberá presentar discusión de resultados.
- f) Posibles cambios de las variables del proceso con el fin de mejorar eficiencias.
- g) Control de la calidad de las mediciones.
- h) Todos los puntos anteriores avalados por un organismo colegiado y sus medidas de seguridad.
- i) Conclusiones.

Protocolo de pruebas en campo

- Aspectos generales del proyecto.
- Objetivo de la prueba.
- Responsable de la prueba.
- Aval de la prueba.
- Resultado de la prueba.
- Laboratorio de análisis
- Duración de la prueba de campo.

- Generalidades:

- a) Antecedentes.
- b) Estrategias.
- c) Parámetros de control de la prueba.
- d) Condiciones del terreno:
Como se encuentra el terreno antes y después del tratamiento.

- Procedimientos de análisis de laboratorio.
- e) Reacciones de la prueba.
- f) Consideraciones iniciales:
Definición del terreno para realizar la prueba.
Volumen a tratar.
Duración de la prueba.
- g) Procedimiento propuesto con programa de seguridad.
- h) Emisiones al aire.
- i) Emisiones al agua.
- j) Cuadro de resultados.
- k) Propuesta final, si hay cambios en los parámetros de control para aumentar la eficiencia.

**REQUISITOS ADMINISTRATIVOS QUE DEBEN PRESENTAR LOS PROMOVENTES DE SERVICIOS
PARA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS POR
MATERIALES Y/O RESIDUOS PELIGROSOS.**

PROCEDIMIENTO No. 1

- ◆ **NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO:**
Solicitud de oficio de acreditación para la empresa y la(s) tecnología(s) que ofrece(n) servicios de restauración de sitios.
- ◆ **UNIDAD ADMINISTRATIVA:**
Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.
- ◆ **UBICACION:**
Av. Revolución # 1425, Nivel 14, Col. Campestre, C.P. 01040, México, D.F.
- ◆ **RESPONSABLE DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA:**
Ing. Jorge Sánchez Gómez.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

TRAMITE	DIRECCIÓN	ALCANCE
1.- Solicitud de oficio de acreditación. Anexos: ✦ Descripción de la tecnología. ✦ Certificación de la tecnología (nacional o extranjera). ✦ Autorizaciones de la tecnología en el extranjero. ✦ Experiencias técnicas de proyectos realizados. ✦ Patentes. ✦ Perfil técnico del personal de la empresa que efectúa la restauración.	Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.	Oficio de acreditamiento en el que se señala que la tecnología propuesta es adecuada para el tipo de restauración.
2.- Presentación detallada de la tecnología.	Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. Instituto o centro de investigación.	Oficio de acreditación en el que se señala que la tecnología propuesta es adecuada para el tipo de restauración.
3.- Presentación del plan de restauración de sitios contaminados por materiales y/o residuos peligrosos. Contenido: ✦ Plan de restauración. ✦ Origen de la fuente de contaminación. ✦ Caracterización del sitio. ✦ Estudios geológicos y geohidrológicos. ✦ Descripción de las acciones a realizar para la restauración del sitio. ✦ Estudio de riesgo. ✦ Programa de trabajo (calendarizado). ✦ Protocolo de pruebas avalado por un órgano colegiado (institución o centro de investigación) facultado. ✦ Propuesta de niveles de limpieza a alcanzar.	Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.	Visto bueno para llevar a cabo el plan de restauración y determinación de los niveles de limpieza a alcanzar.

**REQUISITOS ADMINISTRATIVOS QUE DEBEN PRESENTAR LOS PROMOVENTES DE SERVICIOS
PARA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS POR
MATERIALES Y/O RESIDUOS PELIGROSOS.**

PROCEDIMIENTO No. 2

- ◆ **NOMBRE DEL PROCEDIMIENTO:**
Presentación del Plan de Restauración de Sitios Contaminados por Materiales y Residuos Peligrosos.
- ◆ **UNIDAD ADMINISTRATIVA:**
Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas.
- ◆ **UBICACIÓN:**
Av. Revolución # 1425, Nivel 14, Col. Campestre C.P. 01040, México D.F.
- ◆ **RESPONSABLE DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA:**
Ing. Jorge Sánchez Gómez.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

CONCEPTO	INFORMACIÓN REQUERIDA	PRODUCTO
Plan de Restauración.	<ul style="list-style-type: none">❖ Origen de la fuente de contaminación.❖ Caracterización del sitio.❖ Estudios geológicos y geohidrológicos.❖ Descripción de las acciones a realizar para la restauración del sitio.❖ Estudio de riesgo.❖ Programa de trabajo (calendarizado).❖ Protocolo de Pruebas.❖ Propuesta de niveles de limpieza a alcanzar.	Visto Bueno para llevar a cabo el Plan de Restauración y determinación de los niveles de limpieza a alcanzar.

ACCIONES COMPLEMENTARIAS:

*El Plan de Restauración debe ser avalado por un órgano colegiado (Institución o Centro de Investigación) reconocido en la materia.



SEMARNAP
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,
RECURSOS NATURALES Y PESCA

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES
RIESGOSAS

FORMATO DE SOLICITUD DE ACREDITACIÓN PARA EMPRESAS
PRESTADORAS DE SERVICIO PARA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS

PARA SER LLENADO POR LA DGMRYAR.			
SOLICITUD No. _____	RAZÓN SOCIAL _____		
ESTADO: _____	MUNICIPIO _____		
ACTIVIDAD SOLICITADA _____	F.I.O. _____		
REGULARIZACIÓN: SI NO	EMPRESA NUEVA: SI NO		

I.- DATOS DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA

I.1.- EL SUSCRITO _____

EN MI CARÁCTER DE (REPRESENTANTE LEGAL, PROPIETARIO, GERENTE, ETC.)

_____ DE LA EMPRESA (RAZÓN
SOCIAL) _____

I.2.- CON DOMICILIO PARA RECIBIR Y OÍR NOTIFICACIONES:

CALLE _____ COL. _____

MUNICIPIO O DELEGACIÓN _____

ENTIDAD FEDERATIVA _____ TEL. _____

NOTA: ESTA SOLICITUD DEBERÁ PRESENTARSE EN ORIGINAL Y DOS COPIAS.

3.1.1 FORMATO:
(RESTAURACION DE SITIOS)

2.- INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

2.1.- NOMBRE Y RAZÓN SOCIAL _____

2.2.- UBICACIÓN (CALLE Y No.) _____

COLONIA _____

MUNICIPIO O DELEGACIÓN _____

ENTIDAD FEDERATIVA _____ TEL.: _____

2.3.- REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES _____

2.4.- LICENCIAS CON QUE CUENTA (DEPENDENCIA, No. Y FECHA): _____

2.5.- ACTIVIDAD QUE REALIZA(RA) LA EMPRESA.

2.6.- PERSONAL QUE LABORA(RA) PARA LA EMPRESA.

No. DE EMPLEADOS: _____

TÉCNICOS Y OBREROS: _____

TURNOS DE TRABAJO: _____

3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL SISTEMA MEDIANTE EL CUAL SE TRATARÁN LOS SITIOS CONTAMINADOS CON MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

3.1.- DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA.

EN EL ANEXO DEBERÁ DESCRIBIR CLARAMENTE LA TECNOLOGÍA A EMPLEAR PARA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS, INDICANDO EL TIPO DE CONTAMINANTES QUE PUEDE TRATAR, ASÍ COMO LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS, DE COMO SE REALIZA SU TRATAMIENTO.

3.2.- CERTIFICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA NACIONAL O EXTRANJERA.

EN EL ANEXO DEBERÁ PROPORCIONAR LA INFORMACIÓN SOBRE LA O LAS CERTIFICACIONES NACIONALES O EXTRANJERAS QUE CUENTE DICHA TECNOLOGÍA, PRECISANDO LAS ENTIDADES O AUTORIDADES QUE LA OTORGAN (ANEXAR COPIA).

3.1.1 **FORMATO :**
(RESTAURACION DE SITIOS)

3.3.- PATENTES CON QUE CUENTA LA TECNOLOGÍA PROPUESTA.
DEBERÁ ANEXAR COPIA DE LOS REGISTROS CORRESPONDIENTES.

3.4.- AUTORIZACIONES DE LA TECNOLOGÍA EN EL EXTRANJERO.
EN EL ANEXO DEBERÁ PROPORCIONAR COPIA DE LA INFORMACIÓN.

3.5.- EXPERIENCIAS TÉCNICAS DE PROYECTOS REALIZADOS.
DEBERÁ ANEXAR UN LISTADO DE LOS TRABAJOS EN LOS QUE SE HA EMPLEADO DICHA TECNOLOGÍA, PRECISANDO LOS OBJETIVOS, TRABAJO REALIZADO Y RESULTADOS OBTENIDOS, ASÍ COMO LOS NIVELES DE LIMPIEZA ALCANZADOS DE CONFORMIDAD A LAS CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y CONTAMINANTES PRESENTES. DEBERÁ ANEXAR COPIA DE LOS COMUNICADOS DE LA RESTAURACIÓN DADA.

3.6.- PERFIL TÉCNICO DEL PERSONAL QUE EFECTÚA LA RESTAURACIÓN DE SITIOS.
DEBERÁ PRESENTAR UN LISTADO DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL PERSONAL TÉCNICO Y SU EXPERIENCIA ESPECÍFICA EN LA TECNOLOGÍA A APLICAR.

MANIFESTAMOS QUE LOS DATOS PRESENTADOS EN ESTA SOLICITUD SON CIERTOS Y QUE SE PUEDEN SUJETAR A LA VERIFICACIÓN POR PARTE DE LA SEMARNAP, LA QUE EN CASO DE ENCONTRAR FALSEDAD EN A INFORMACIÓN APLICARA LAS SANCIONES QUE CORRESPONDAN DE ACUERDO CON LA LEGISLACIÓN VIGENTE Y NEGAREMOS LA ACREDITACIÓN CORRESPONDIENTE.

LUGAR Y FECHA

NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE
LEGAL DE LA EMPRESA.

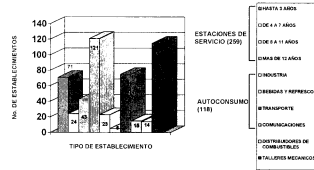
NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE
TÉCNICO DE LA INFORMACIÓN.

"RESTAURACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS EN EL DISTRITO FEDERAL"

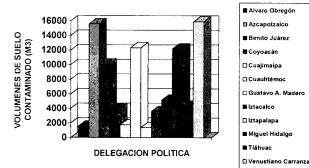
Ing. Noé Hernández Cruz
 Director de Hidrología y Suelo
 Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal

A principios del año pasado se han intensificado los problemas de contaminación de suelo, identificando hidrocarburos en suelo, subsuelo y acuífero, provocado por la presencia de fugas en los recipientes subterráneos de los establecimientos denominados estaciones de servicio, autoconsumos y centros de distribución de combustibles, lo cual presenta un cambio radical en el estado original del suelo, además de representar un riesgo en la salud y la seguridad pública. (Ver gráfica 1 y 2).

Gráfica 1
 Fuentes fijas que potencialmente contaminan el suelo con Hidrocarburos



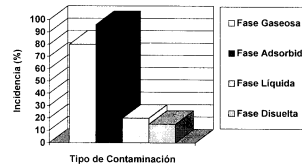
Gráfica 2
 Distribución del Volumen del Suelo Contaminado por Delegación Política



Principales Causas de Contaminación del Suelo

- Inadecuado manejo y disposición de residuos sólidos municipales e industriales .
- Infiltración de aguas residuales, (gráfica 3) :
 - Red de drenaje y alcantarillado
 - Canales sin revestir
- Vertido de aguas residuales en zonas agrícolas.
- Inadecuado manejo y disposición de lodos residuales.
- Aplicación de plaguicidas y fertilizantes en zonas agrícolas.
- Inadecuado manejo y disposición de materiales o residuos peligrosos.

Gráfica 3
 Incidencias por tipo de contaminación del suelo y aguas freáticas por HC, evaluada en 70 establecimientos



De acuerdo a lo anterior, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación adscrita a la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, ha instaurado programas tendientes a la prevención y control de la contaminación al suelo en este tipo de establecimientos, principalmente contaminantes que se encuentran distribuidos en el territorio del Distrito Federal, conformando un total de 391.

Prioridades de atención para el Control de la Contaminación del Suelo por Hidrocarburos

1. Identificación de fuentes potenciales de contaminación.
2. Prioridades de atención
 - a) Emergencias ambientales
 - ✓ Derrames accidentales de hidrocarburos.
 - ✓ Infiltración de hidrocarburos al Sistema de Transporte Colectivo Metro, a ductos de alcantarillado, teléfonos y energía eléctrica e inmuebles.
 - b) Programa de verificación

Riesgo de afectaciones a infraestructura vital de la ciudad.

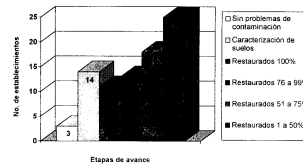
 - ✓ Líneas subterráneas del Sistema de Transporte Colectivo Metro.
 - ✓ Hospitales del Sector Salud.
 - ✓ Sistema de abastecimiento de agua potable.
 - ✓ Aeropuerto de la Ciudad de México.

Control de la contaminación.

 - ✓ Líneas superficiales y elevadas del Sistema de Transporte Colectivo Metro.
 - ✓ Establecimientos en función de la edad de sus tanques de almacenamiento.

Como parte de los programas, se efectuaron 84 visitas de verificación, de las cuales en 13 casos se detectó suelo contaminado con hidrocarburos en fase líquida sobre el nivel freático, 67 sitios contaminados sin hidrocarburos en fase líquida y cuatro sin afectación, donde las principales causas de fugas de hidrocarburos se deben a la antigüedad de los recipientes de almacenamiento y líneas de conducción, falta de mantenimiento y corrosión, (ver gráfica 4).

Gráfica 4
Avances en la restauración de 84 sitios contaminados por HC



Es por lo anterior, que la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación, estableció lineamientos normativos (ver cuadro 1) para la prevención y control de la contaminación de suelos, debido a que actualmente no existe ningún marco jurídico en la materia, permitiendo homologar los alcances de los estudios de diagnóstico de contaminación de suelo, subsuelo y acuífero, e identificar el desplazamiento del contaminante de acuerdo a las características del suelo.

Cuadro 1
Lineamientos Técnicos para la Restauración de Suelos Contaminados por Hidrocarburos

1. Identificación de contaminantes:
 - a) Fase gaseosa:
 - ✓ Compuestos orgánicos volátiles
 - ✓ Niveles de explosividad
 - b) Fase adsorbida y disuelta:
 - ✓ Hidrocarburos totales del petróleo
 - ✓ BTEX
2. Caracterización de sitios contaminantes
 - a) Términos de referencia
 - ✓ Puntos de muestreo
 - ✓ Medición de fase gaseosa
 - ✓ Muestreo y análisis de suelo, subsuelo y acuífero
 - ✓ Clasificación estratigráfica de suelos
 - b) Interpretación de resultados
 - c) Conclusiones y recomendaciones
 - d) Programa de ejecución
 - e) Método de restauración
3. Restauración del suelo, subsuelo y manto freático
 - ✓ Control de proceso
 - Reporte periódico
 - Verificación de avance
 - ✓ Cierre de proyecto

Dichos lineamientos son de gran utilidad para la obtención y elaboración de propuestas de restauración de sitios, así como en la creación de Normas Oficiales Mexicanas. En base a lo anterior se desarrolló la siguiente estrategia:

- 1) Lineamientos normativos
 - Normas Oficiales Mexicanas
 - Establecimiento de criterios normativos
 - Reglamentación local
- 2) Integración de la Red de laboratorios Ambientales en materia de Contaminación de Suelos
 - Padrón de empresas consultoras
 - Padrón de empresas restauradoras de sitios contaminantes
 - Laboratorios de análisis
- 3) Comité de verificación de estaciones de servicio DDF-PEMEX
- 4) Intensificación del programa de verificación

Por otro lado, al crear la red de laboratorios de análisis de la contaminación ambiental en materia de suelo, se otorga un registro provisional a las empresas que comprueban su condición jurídica, capacidad técnica e infraestructura y equipamiento para la elaboración de los estudios, procesos y/o métodos de saneamiento de suelos afectados.

Adicionalmente a la contaminación en materia de suelo, se detectaron problemas de emisiones a la atmósfera, debido a la carencia en la instalación del sistema de recuperación de vapores de gasolina fase II, una mala disposición de sus residuos capturados en sus trampas de grasas y aceites, además de la falta de su registro de descarga de aguas residuales.

Finalmente como resultado de esta evaluación, el Gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría del Medio Ambiente, ha propuesto una serie de acciones de control de la contaminación del suelo, (ver cuadro 2).

Cuadro 2
Acciones para el Control de la Contaminación del Suelo
Gobierno del Distrito Federal

<ul style="list-style-type: none">✓ Mantenimiento y ampliación de la infraestructura con que cuenta el Distrito Federal para el Manejo y Disposición de los Residuos Sólidos.✓ Rehabilitación y ampliación del sistema de drenaje y alcantarillado.✓ Entubamiento y revestimiento de canales a cielo abierto.✓ Construcción de cuatro plantas de tratamiento de aguas residuales con capacidad de 74.5 m³/seg.✓ Actualmente se evalúa el proceso de tratamiento y disposición de los lodos que se generan en las cuatro plantas de tratamiento.✓ Intensificación del programa de visitas de verificación a fuentes fijas, que se estima contaminan el suelo con hidrocarburos.
--

POLÍTICA SOBRE CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN JAPÓN

Mitsuhiro Yamamoto,
Experto del Proyecto CENICA
Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental

Antecedentes

En los últimos años se han incrementado en Japón los casos de la contaminación del suelo detectados en zonas urbanas, como resultado de los estudios que se están realizando en los terrenos, anteriormente utilizados por fábricas para, planear su reutilización, así como por la supervisión permanente de las aguas subterráneas como consecuencia de la puesta en vigor de la Ley sobre Control de la Contaminación del Agua en Japón.

Por otra parte, el primer caso de gran contrariedad sobre la contaminación del suelo en Japón fue el daño a productos agrícolas y a la salud de los agricultores por la contaminación del terreno agrícola con metales pesados provenientes del agua negra de la mina.

En esta ponencia, hablaré sobre las medidas adoptadas por la ley y sobre el control para la contaminación del suelo en terrenos agrícolas así como de la situación presente y el manejo que la administración actual ha adoptado para controlar la contaminación del suelo en zonas urbanas.

Control de la contaminación de suelos en terrenos agrícolas

En 1971, se promulgó la "Ley sobre Control de la Contaminación del Suelo en Terrenos Agrícolas", y se establecieron normas para tres tipos de contaminantes: cadmio, cobre y arsénico (Ver tabla 1).

Tabla 1
Límites permisibles para el control de la contaminación del suelo en terrenos agrícolas

Contaminante	Medio	Límite
Cadmio	arroz	1 mg / kg
Cobre	Tierra	125 mg / kg
Arsénico	Tierra	15 mg / kg

En esta ley, se señalan las medidas a tomar en áreas donde se rebasa el límite permitido por la norma.

En base a esta ley, el gobernador local diseña un plan para controlar la contaminación del suelo, la forma de eliminar los contaminantes y el uso que se le dará una vez restaurado. Además, identifica las áreas de alto riesgo evitando su uso en tareas agrícolas.

En caso de no poder seguir utilizando el suelo, se indemniza al agricultor se restringe totalmente el cultivo de la tierra y a su vez el gobierno demanda el pago a la empresa causante del daño. Por otra parte, cuando alguna fábrica es la fuente de contaminación, la autoridad toma las medidas necesarias para controlar la contaminación del suelo.

Situación actual y medidas de prevención

En las acciones de noviembre de 1994, las zonas contaminadas que sobrepasaron el límite de la norma fueron 128, que equivalen a un área de 7,140 hectáreas.

De acuerdo a los datos de la tabla 2., se puede apreciar que los sitios contaminados por cadmio son los que predominaron con 91 casos, cubriendo un área de 6,610 hectáreas.

Tabla 2

Sitios contaminados: Superficie y número total

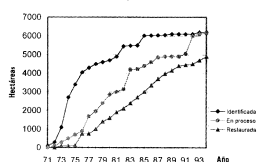
(Noviembre de 1994)

Material peligroso especial	No. de sitios detectados	Superficie Hectáreas
Cadmio	91	6,610
Cobre	37	1,430
Arsénico	14	390
Total	142	8,430

Dentro de estas áreas, se identificaron 6,250 hectáreas que requieren tomar medidas necesarias para su restauración. Del 90 % del área total afectada, a la fecha la superficie total restaurada alcanza el 69 %. Sobre el caso de restauración de un suelo agrícola contaminado por cadmio que causó un impacto mundial, se hablará en otra ponencia.

Gráfica 1

Áreas contaminadas, identificadas, en proceso de restauración y restauradas

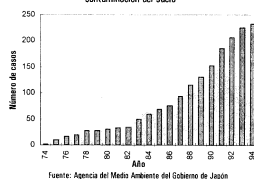


Ahora, sobre la situación de la contaminación del suelo en zonas urbanas, la gráfica 2 muestra la tendencia del crecimiento anual, llegando a 232 casos en 1994. De estos casos, 109 afectan el entorno, ya sea ríos o aguas subterráneas.

El principal ejemplo es la contaminación de aguas subterráneas por tricloroetileno o tetracloroetileno.

Gráfica 2

Número acumulado de casos conocidos de contaminación del suelo



Fuente: Agencia del Medio Ambiente del Gobierno de Japón

Por otra parte, las industrias que originan la contaminación del suelo son la de galvanización mediante el cianuro y el cromo hexavalente, la química con el plomo y el mercurio, la de maquinaria eléctrica con el tricloroetileno y la de lavandería con el tetracloroetileno, esta información se resume en la tabla 3.

Medidas de control en zonas urbanas

El control de la contaminación del suelo en zonas urbanas, comprende 2 aspectos:

1. La prevención, evitando la descarga de materiales peligrosos.
2. El tratamiento, estudiando cada caso para la restauración del suelo contaminado y la purificación de las aguas subterráneas.

Algunas de las medidas preventivas aplicadas por las leyes son :

- El control del agua negra y la prohibición de la penetración de aguas negras con sustancias peligrosas al subsuelo mediante la Ley sobre Control de la Contaminación del Agua.
- El Control de emisiones mediante la Ley sobre Control de la Contaminación del Aire
- Las medidas para el control del tratamiento apropiado de los residuos me-

dante la Ley sobre Tratamiento de Residuos.

Establecimiento de Normas Oficiales y de Normas Voluntarias

Dado que hasta 1990, La Ley de Japón no había establecido nada sobre el tratamiento del suelo contaminado, en 1991 el Gobierno de Japón estableció la "Norma Oficial Ambiental sobre la Contaminación del Suelo", tomando en consideración la situación actual sobre la contaminación del suelo en zonas urbanas, lo cual permitió conocer y controlar la contaminación del suelo. Además en 1994, estableció la "Norma Voluntaria sobre Estudios y Medidas de la Contaminación del Suelo por Metales Pesados y Otros" y la "Norma Voluntaria Provisional sobre Estudios y Medidas de la Contaminación del Suelo y Aguas Subterráneas por Compuestos de Cloro Orgánico".

Actualmente en la Norma Oficial Ambiental sobre Contaminación del Suelo se establecen 25 tipos de contaminantes, como se puede observar en la tabla 4.

Sin embargo, cuando el suelo contaminado esté separado del nivel de aguas subterráneas y la concentración del contaminante en dichas aguas sea inferior a los límites de la tabla 5, se ampliarán los valores de control.

Tabla 4
Límites permisibles para los principales contaminantes, establecidos en la Norma Oficial Ambiental sobre contaminación de suelos

Tipo de contaminante	Límite permisible
Cadmio	0.01 mg / l Arroz 1 mg / kg (en terreno agrícola)
Cianuro	No detectado
Fósforo orgánico (Palathion, metil-Palathion, metil-Zimeton, EPN):	No detectado
Plomo	0.01 mg / l
Cromo hexavalente	0.05 mg / l
Arsénico	0.01 mg / l En terreno agrícola (solo en arrozal) tierra 15 mg / kg
Mercurio total	0.0005 mg / l
Mercurio alquilo	No detectado
PCB's	No detectado
Cobre	En terreno agrícola (solo en arrozal) tierra 125 mg / kg
Diclorometano	0.02 mg / l
1,2-dicloroetano	0.002 mg / l
Tetracloruro de carbono	0.002 mg / l
1,1-dicloroetileno	0.02 mg / l
Cis-1,2-dicloroetileno	0.04 mg / l
1,1,1-tricloroetano	1 mg / l
1,1,2-tricloroetano	0.006 mg / l
Tricloroetileno	0.03 mg / l
Tetracloroetileno	0.01 mg / l
1,3-dicloropropeno	0.02 mg / l
Thiuram	0.006 mg / l
Simazine	0.003 mg / l
Thiobengarb	0.02 mg / l
Benceno	0.01 mg / l
Selenio	0.01 mg / l

Cuadro 1
Número de casos por sector y tipo de contaminante

Sector	Casos	%	Tipo de contaminante																		
			Cadmio	Cianuro	Plomo	Cromo Hexavalente	Arsénico	Mercurio	BPC	Tetracloro de carbono	1,2 Dicloroetano	1,1,1 Tricloroetano	1,1,1 Tricloroetano	1,1,2 Dicloroetano	1,1,2 Dicloroetano	1,1,1 Tricloroetano	1,1,1 Tricloroetano	1,1,2 Dicloroetano	1,1,1 Tricloroetano		
Textil	2	0,9%	1	1	1				1	1	1										
Madera	2	0,9%				2	2														
Química	33	14,2%	8	3	12	4	8	17	2												
Petróleo y carbón	1	0,4%																			
Productos plásticos	2	0,9%	1																		
Productos de caucho	1	0,4%																			
Productos de madera de gran	7	3,0%			2	2	1	1	1												
Cables y conductores de gran	4	1,7%	1	2	2	1	1	1													
Hierro y acero	9	3,9%	4	5	1	4															
Metalurgia no ferrosa	1	0,4%	1																		
Mina de metales no ferrosos	45	19,4%	4	13	7	27	2	2	1	1											
Productos sintéticos	*29	*11,1	*2	*9	*3	*24	*1	*1	*1												
(Sintomatología)																					
Maquinaría y equipo	2	0,9%																			
Máquina eléctrica	29	12,5%	2	1	5	3	1	4													
Equipos de transporte	8	3,4%	1	1	2	3	2	1													
Instrumentos de precisión	2	0,9%																			
Refrigeración	3	1,3%																			
Recursos de regeneración	4	1,7%			1																
Lavandería	21	9,1%																			
Tratamiento de residuos	8	3,4%			2	1															
Instituto de Ciencias Naturales	8	3,4%			3				2	2	1										
Otro	12	5,2%			2				1	2	3										
Chicozcuatl	28	12,1%	6	8	8	1	4	8	3	1	2	3									
Total	232	100,0%	35	23	54	46	28	42	19	1	2	3	18	44	6	1	5				

Fuente: Agencia del Medio Ambiente del Gobierno de Japón
* Esta cantidad está contenida en el rubro de productos metálicos

Tabla 5
Límites de control para suelos contaminados,
separados del nivel de aguas subterráneas

Tipo de contaminante	Límite permisible	
	Cuando la Concentración del Contaminante en Aguas Subterráneas sea menor que	Ampliación de los valores de control
Cadmio	0.01 mg / l	0.03 mg / l
Plomo	0.01 mg / l	0.03 mg / l
Cromo hexavalente	0.05 mg / l	0.15 mg / l
Arsénico	0.01 mg / l	0.03 mg / l
Mercurio total	0.0005 mg / l	0.0015 mg / l
Selenio	0.01 mg / l	0.03 mg / l

Así mismo, la "Norma Voluntaria sobre Metales Pesados y Otros" es la que indica el método técnico general sobre estudios de la contaminación del suelo y tratamiento tomando en consideración los resultados reales de su aplicación.

Los contaminantes que esta norma contempla son 9 : cadmio, cianuro, cromo hexavalente, arsénico, mercurio total, mercurio alquílico, BPC's y selenio.

En la evaluación sobre los estudios del suelo realizados, se utiliza el mismo valor de la Norma Oficial Ambiental como un criterio para determinar la contaminación usando el resultado del análisis de lixiviación.

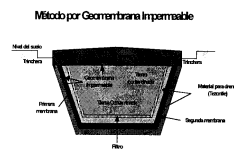
En los lugares donde se registran los valores superiores a dicho criterio, o cuando exista la posibilidad de hallar contaminación en el subsuelo, se realizará el muestreo de sondeo como un estudio minucioso, para determinar el alcance del tratamiento requerido.

Principales tipos de tratamiento de suelos contaminados

En el tratamiento del suelo contaminado, se tomarán en cuenta tanto las condiciones naturales como las sociales para aplicar la técnica más apropiada. Para emplear las medidas de tratamiento *in-situ* de suelos contaminados, se necesitan entre otras condiciones, seleccionar la técnica de restauración más conveniente, verificar su efectividad, así como el control adecuado de las instalaciones de tratamiento.

En el tratamiento del suelo contaminado, se aplica la *técnica de impermeabilización*, la cual ayuda a prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, dicha técnica se puede aplicar de las siguientes dos formas:

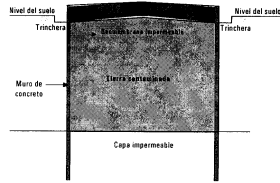
1. Cubriendo el sitio con tierra y plantas o con asfalto.
2. Utilizando la geomembrana; este material debe ser de hule o resina sintética de un espesor mayor de 1 mm, mientras que la geomembrana asfáltica deberá tener un espesor superior a 3 mm.



Otras técnicas utilizadas, para la restauración de suelos, son las técnicas mixtas, como se muestra a continuación:

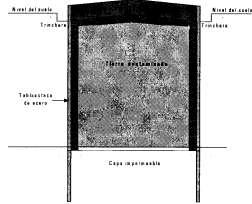
- Técnica mixta utilizado muros subterráneos y geomembranas.

Figura 2
Aislamiento utilizando muros de concreto y geomembrana



- Técnica mixta utilizando tablaestaca de acero y arcilla.

Figura 3
Aislamiento mediante tablaestaca de acero



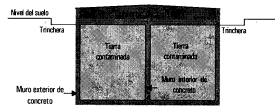
Por otra lado, al registrarse un nivel de contaminación superior a los valores permisibles de la tabla 6, se evitará que se disuelvan los contaminantes mediante la aplicación de los valores de control así como, de la aplicación de un tratamiento químico o del uso de solidificantes.

Tabla 6
Límites permisibles, que determinan la aplicación del tratamiento insoluble (químico) y del uso de solidificantes

Tipo de Contaminante	Límite permisible
Cadmio	0.3 mg / l
Cianuro	No detectado
Plomo	1 mg / l
Cromo hexavalente	1.5 mg / l
Arsénico	0.3 mg / l
Mercurio total	0.005 mg / l
Mercurio alquilo	No detectado
PCB's	0.03 mg / l
Selenio	0.3 mg / l

En caso de que los niveles de contaminación sobrepasen el rango permisible después de aplicarse el tratamiento anterior, se confinan con un muro de concreto, asegurando de esta manera el aislamiento total de contaminantes. Dicha técnica representativa se ilustra en la figura 4.

Figura 4
Aislamiento mediante muros de concreto



Por otra parte, Japón ha implementado recientemente la "Norma Voluntaria sobre Compuestos de Cloro Orgánico", en la cual se contemplan 10 tipos de compuestos de cloro orgánico y 5 tipos de insecticidas (ver cuadro 1) cabe recalcar que esta Norma es provisional, ya que todavía existe mucho que estudiar sobre sus técnicas

Cuadro 1
 " Norma voluntaria provisional sobre
 compuestos de cloro orgánico"

<p>(1) Compuestos de cloro orgánico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diclorometano • Tetracloruro de carbono • 1,2-dicloroetano • 1,1-dicloroetileno • Cis-1,2-dicloroetileno • 1,1,1-tricloroetano • 1,1,2-tricloroetano • Tricloroetileno • Tetracloroetileno • Benceno <p>(2) Insecticidas agrícolas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fósforo orgánico (Palathion, Metil-palathion, Metil-zimeton, EPN) • 1,3-dicloropropeno • <i>Thiuram</i> • <i>Simazine</i> • <i>Thiobengarb</i> <p>(3) Método de estudio para los gases del subsuelo</p>

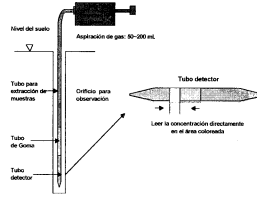
Los compuestos de cloro orgánico se caracterizan por su baja viscosidad y por su comportamiento distinto a los metales pesados, por lo que sus estudios deben realizarse de manera diferente.

Estudios complementarios para el análisis de suelos

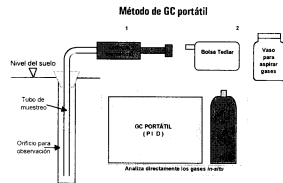
Para el conocimiento real sobre la contaminación del suelo, es muy importante que se examinen los gases del subsuelo. Para ello se pueden aplicar varios de los métodos, de la Norma Provisional. Algunos de éstos se enlistan e ilustran a continuación:

- Método de tubos detectores.

Muestreo de gases del subsuelo usando tubos detectores



- Método de Cromatógrafo de gases portátil



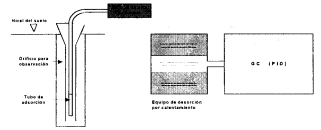
- Método de fijación por hexano



- Método por adsorción en carbón activado, desorción por calentamiento electromagnético y espectrómetro de masas.

- Método de adsorción/desorción por calentamiento y cromatógrafo de gases

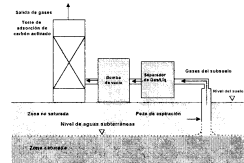
Método de adsorción/desorción por calentamiento/GC



Para realizar una evaluación sobre los estudios realizados en base a la Norma Oficial Ambiental, algunos de los métodos comúnmente practicados para eliminar la contaminación del suelo son:

- Método para aspirar gases del subsuelo.

Método para aspirar gases del subsuelo



- Método para extraer aguas subterráneas.

Como ejemplo de esta evaluación se describe a continuación el procedimiento utilizado:

1. Se elabora un diagrama en donde se trazan las líneas que representan la misma concentración de unas sustancias examinadas en los gases del subsuelo.
2. De la misma forma que el punto 1, se hace un diagrama para las sustancias encontradas en aguas subterráneas.
3. Se prepara un diagrama con líneas representando el mismo nivel de aguas subterráneas.
4. Por último, se realiza una simulación sobre el comportamiento de aguas subte-

rráneas en los pozos para la extracción de aguas contaminadas.

Limitaciones y medidas de acción

Como la contaminación del suelo en zonas urbanas ocurre casi siempre en los terrenos privados, pasando inadvertido, en su mayoría, por no existir un sistema que permita que los funcionarios del gobierno puedan ejercer su autoridad para realizar los estudios necesarios de inspección y análisis sobre sitios sospechosos. Por lo anterior, el gobierno de Japón ha manifestado la necesidad inminente de establecer una legislación sobre esta materia. Sin embargo, persisten diversos problemas difíciles, tales como la indefinición del pago, del costo compartido entre varios causantes de la contaminación (contaminadores no identificados), la falta de solvencia económica por parte de la(s) empresa(s) contaminante(s), etc., lo cual ha impedido la creación del sistema legislativo al respecto.

Dado que los estudios y acciones de restauración de sitios contaminados (suelos y aguas subterráneas) implican un enorme costo para las empresas contaminantes, el gobierno central otorga a los gobiernos locales un subsidio destinado para la realización de dichos estudios, con el propósito de que se tomen acciones inmediatas para resolver dichos problemas. Así mismo, la Corporación del Medio Ambiente de Japón ofrece un crédito de bajo interés, lo cual facilita a las empresas privadas interesadas la inversión en la restauración de sitios contaminados.

Tabla 7
Condiciones de financiamiento

Tipo de empresa	% Financiamiento	Plazo Crédito (años)	Periodo de gracia (años)	Interés anual (%)
Pequeña y mediana	Menor del 80	20	Menor de 3	3.6
Grande	Menor del 70	20	Menor de 3	3.65

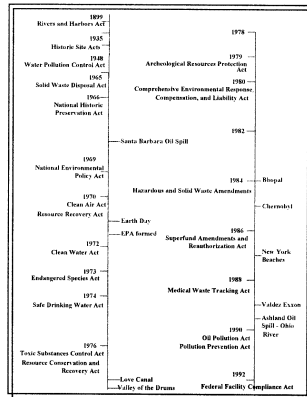
**TRANSITION OF HAZARDOUS WASTE PROGRAM INITIATIVES IN
THE UNITED STATES FROM REGULATORY AND POLICY DEVELOPMENT TO
POLLUTION PREVENTION**

*Donna M. Lacombe and Sergio A. Feld
Tetra Tech EM Inc. / U.S.
Environmental Protection Agency, Region 9.*

**Background of the United States
Environmental Program**

This paper will focus on the transition in the United States from developing legislation, regulations, and policies for the management of hazardous waste that began in the late 1970s to the current proactive programs of pollution prevention and waste minimization. The U.S. has embarked on the most ambitious regulatory program for the management of hazardous waste of any country in the world. In less than a decade a comprehensive national program that seeks to encourage waste reduction and advanced treatment and disposal of hazardous waste was established.

Historical Perspective



The U.S. Congress mandated the national policy that hazardous waste be treated, stored, and disposed of to minimize the present and future threat to human health and the environment. The regulatory agencies (Federal-EPA and states) implement this mandate in complex regulations issued under the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) of 1976. Over 500,000 Companies in the U.S. generate over 170 million metric tons of hazardous waste each year that must comply with the RCRA regulatory programs.

Hazardous Waste Site Remediation Programs: RCLA & CERCLA

In 1980, Congress enacted the Comprehensive Environmental, Response, Compensation and Liability Act (CERCLA or Superfund). CERCLA's most basic purposes are to provide funding and enforcement authority for cleaning up the thousands of hazardous waste sites created in the U.S. in the past and for responding to hazardous substances spills. CERCLA joins the RCRA to provide full coverage of hazardous waste. Generally, while RCRA established a cradle-to-grave regulatory program for present hazardous waste activities, CERCLA established a comprehensive response program for past hazardous waste activities. The 1980 CERCLA was designed to derive \$1.6 billion over 5 years from special industry taxes, mostly on the petrochemical industry, and general revenues.

Major Remediation Legislation

- Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) of 1976
- * Hazardous and Solid Waste Amendment (HSWA) of 1984

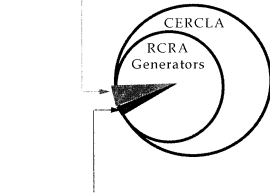
- Comprehensive Environmental Response, Conservation and Liability Act (CERCLA) of 1980
 - * Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) of 1986
 - * National Contingency Plan (NCP)

Program Responsibilities for Site Cleanup

Some of the main activities for this programs are:

- 5,700 treatment, storage, and disposal facilities subject to Corrective Action: 3,420 will require investigation
- 1,250 Superfund Sites on National Priorities List (NPL)

TSD Facilities



Transporters

Resource Conservation and Recovery Act

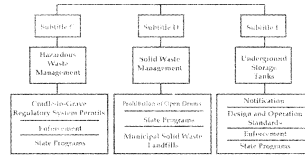
- Hazardous Waste Program Goals
 - Protect human health and the environment from potential hazards of waste disposal
 - Conserve energy and natural resources
 - Reduce amount of waste generated
 - Ensure wastes are managed in environmentally sound manner.

Comprehensive Environmental Response, Conservation, and Liability Act (Superfund)

- Superfund is Unique Law
 - Response rather than regulatory
 - Established trust fund (originally \$ 1.6 billion)
 - Created tough liability scheme
 - Cost recovery provisions to replenish trust fund.

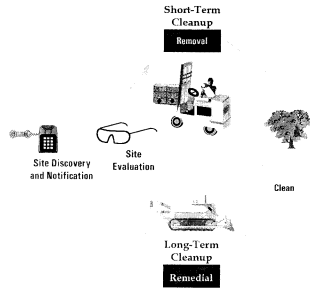
- Superfund Goals
 - Cleanup of inactive waste disposal sites
 - Make responsible parties pay
 - Contribute to prevention of chemical releases

Comprehensive Waste Management Programs



Overview of response process

- Key Components of the Superfund Response Process
 - Site discovery
 - Site evaluation for listing or immediate action
 - Listing on the NPL
 - Removal Action (If necessary)
 - Remedial Investigation/Feasibility Study
 - Remedy Selection
 - Remedial Design/ Remedial Action
 - Long-term Operation and Maintenance
 - Detection of site from NPL.



Corrective Action Program (Proposed- Subpart)

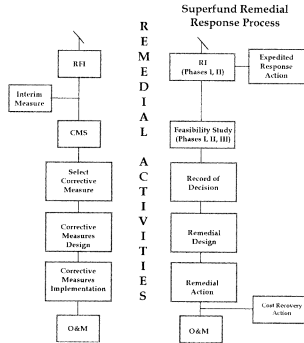
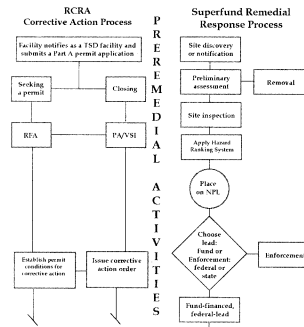
- Address corrective action for releases of hazardous waste constituents
- Demonstrate financial assurance

Current Program Focus and Initiatives

- Streamlining of the RCRA and CERCLA Remedial Processes and Initiatives
- National Policy of Pollution Prevention Pollution Prevention Act of 1990
 - ❖ Confirmed key role of pollution prevention in nation's environmental protection scheme
 - ❖ Established hierarchy of management options
 1. prevent or reduce pollution at source
 2. recycle
 3. treatment
 4. disposal or other release to environment in safe manner.
- RCRA Waste Minimization National Plan (draft)
 - ❖ Designed to reduce amount of waste generated

❖ Indicated primary goal to establish strong preference for source reduction over waste management

Better addressed public participation in setting national source reduction agenda.



Conclusion

The U.S. hazardous waste programs are very complex. Industry has been challenged to find new ways to minimize, treat, and dispose of hazardous waste. Never has the incentive been greater to reuse or reclaim wastes, or to search out new products, processes, and raw materials that do not result in the generation of a hazardous waste in the first place. However, is necessary to understand the goals of these programs and follow it, in order to get a clean sites

¹GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, BRASIL

Rodrigo César de Araújo Cunha *, Elton Gloeden **
* Engenheiro da CETESB, ** Geólogo da CETESB
CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

O gerenciamento de Áreas Contaminadas (ACs) visa minimizar o risco decorrente da existência das mesmas à população e ao ambiente, através de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características dessas áreas e dos impactos causados por elas, possibilitando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas.

Com o objetivo de otimizar recursos técnicos e econômicos, a metodologia utilizada no gerenciamento de ACs baseia-se em uma estratégia constituída por etapas sequenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior.

As seguintes etapas constituem a base do gerenciamento de ACs:

- definição da região de interesse e seus bens a proteger;
- *identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas (APs)*;
- *avaliação preliminar*;
- *investigação confirmatória*;
- *plano de ação para a recuperação de ACs*.

O gerenciamento de ACs pode ser conduzido por um órgão federal, estadual, municipal ou até mesmo privado, que possua a atribuição de controlar os problemas ambientais na região de interesse. Este órgão se responsabilizará pela execução das etapas de definição da região de interesse, *identificação de APs*, *avaliação preliminar*, *investigação confirmatória* e fiscalizar a execução do *plano de ação para a recuperação de ACs*, cuja execução caberá normalmente ao responsável pela contaminação.

As informações obtidas nestas etapas devem ser armazenadas em um Cadastro de ACs, o qual se constitui no elemento central do gerenciamento de ACs. Estas informações podem ser utilizadas no controle e planejamento ambiental da região de interesse ou serem fornecidas para outras instituições públicas ou privadas, para diversos fins, como por exemplo o planejamento urbano.

A figura 1 mostra o fluxograma de gerenciamento de ACs, onde é apresentada a sequência das etapas, juntamente com o número do item no qual estas são descritas, resumidamente, nesta seção.

¹ Este texto constitui parte da publicação: Manual de Áreas Contaminadas (CETESB, 1997 - no prelo)

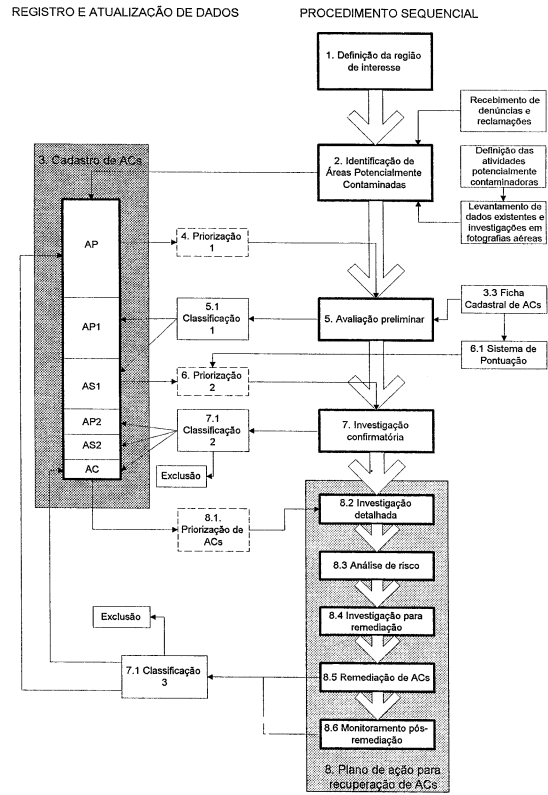


Figura 1: Fluxograma do gerenciamento de Áreas Contaminadas

Os significados das siglas da figura 1 são apresentados a seguir:

- AP - conjunto de Áreas Potencialmente Contaminadas cadastradas após a execução da etapa de *identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas*.
- AP1 - conjunto de Áreas Potencialmente Contaminadas cadastradas após a execução da etapa de *avaliação preliminar* (classificação de áreas 1).
- AP2 - conjunto de Áreas Potencialmente Contaminadas cadastradas após a execução da etapa de *avaliação confirmatória* (classificação de áreas 2).
- AS1 - conjunto de Áreas Suspeitas de Contaminação cadastradas após a execução da etapa de *avaliação preliminar* (classificação de áreas 1).
- AS2 - conjunto de Áreas Suspeitas de Contaminação cadastradas após a execução da etapa de *avaliação confirmatória* (classificação de áreas 2).
- AC - conjunto de Áreas Contaminadas cadastradas após a execução das etapas de *avaliação preliminar* (classificação de áreas 1) e *avaliação confirmatória* (classificação de áreas 2).
- Exclusão - exclusão da área em questão do Cadastro após a execução de etapas que alterem a classificação da área.

1 Definição Da Região De Interesse

Nesta etapa são definidos os limites da região a ser abrangida pelo gerenciamento de ACs e estabelecidos os objetivos específicos a serem alcançados, considerando os principais bens a proteger relacionados à mesma.

Desta forma, a região de interesse pode ser um estado, um município, ou uma região de menores dimensões, porém de interesse social, político, econômico e ambiental.

A identificação dos bens a proteger faz-se necessária, pois estes são os principais elementos a serem considerados na tomada de decisão quanto aos procedimentos a serem adotados na minimização dos riscos decorrentes da existência das Áreas Contaminadas. Alguns exemplos de bens a proteger são: regiões com aquíferos importantes para o abastecimento, bacias hidrográficas utilizadas para abastecimento, áreas de preservação, áreas de proteção de mananciais, áreas urbanas com elevada densidade populacional e áreas agrícolas.

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) podem ser identificados como bens a proteger as áreas urbanas densamente ocupadas, as áreas de proteção de mananciais e as áreas de proteção ambiental.

Os solos e águas subterrâneas são meios prioritários a serem considerados no gerenciamento de ACs, pois além de serem bens a

proteger de extrema importância, são também vias de propagação de contaminantes para outros bens a proteger. Desta forma, na definição dos objetivos do gerenciamento de ACs em uma região de interesse, a proteção da qualidade dos solos e águas subterrâneas deve ser considerada como um dos objetivos principais a serem atingidos.

2 Identificação de Áreas Potencialmente Contaminadas (APs)

Nesta etapa são identificadas as áreas existentes na região de interesse que, por manipularem ou terem manipulado substâncias consideradas nocivas ao ambiente, determinam prováveis riscos aos bens a proteger.

Inicialmente devem ser definidas quais são as atividades ou fontes potencialmente contaminadoras existentes na região de interesse. Em seguida, a *identificação das APs* pode ser realizada coletando-se os dados necessários, através das técnicas de *levantamento de dados existentes*, de investigações utilizando-se *fotografias aéreas* e do recebimento e atendimento de *denúncias ou reclamações*. Estas diferentes técnicas podem ser utilizadas, de preferência como técnicas complementares, em função das suas disponibilidades para a região de interesse.

Os dados coletados devem ser tratados e apresentados em base cartográfica com escala apropriada. Estes resultados serão utilizados, posteriormente, como base para a execução das etapas subsequentes.

3 Cadastro de Áreas Contaminadas

O Cadastro de ACs constitui-se no instrumento central do gerenciamento de ACs. Ele é composto pelos dados disponíveis para as áreas e pela apresentação das mesmas em base cartográfica. Em função da dinâmica inerente ao processo de gerenciamento de ACs, o Cadastro deve ser regularmente atualizado.

Uma vez estruturado, o Cadastro subsidia:

- a administração dos dados pela órgão gerenciador ou entidade responsável;
- a elaboração de diagnósticos e análises regionais referentes às áreas;
- a apresentação da situação de áreas específicas quanto ao diagnóstico e ações desenvolvidas ou propostas com vistas à sua recuperação;
- a adoção de ações de controle e planejamento ambiental;
- o planejamento do uso e ocupação do solo;
- a apresentação e divulgação dos dados e informações referentes às ACs.

3.1 Cadastro físico

No Cadastro físico devem ser armazenadas todas as informações disponíveis sobre as áreas, como as Fichas Cadastrais, mapas contendo a localização das áreas, os relatórios emitidos durante o desenvolvimento das fases de *avaliação preliminar*, de *investigação confirmatória* e *investigação detalhada*. Também devem ser mantidos no Cadastro

físico os *projetos de remediação* e os relatórios de acompanhamento da *remediação*, quando esta for implementada.

As *priorizações* efetuadas durante o gerenciamento das ACs e os critérios utilizados também devem ser registradas no Cadastro físico.

3.2 Cadastro informatizado

O Cadastro informatizado pode ser constituído por um banco de dados alfa-numéricos associado a um Sistema Geográfico de Informações (SGI). As informações são fornecidas ao banco de dados a partir da Ficha Cadastral nas diferentes etapas que compõem o processo de gerenciamento de ACs. A entrada de dados no Cadastro é realizada após a etapa de *identificação de APs* e as atualizações são feitas após as etapas de *avaliação preliminar*, *investigação confirmatória*, *investigação detalhada* e *remediação* das ACs.

A base cartográfica que compõe o SGI, se possível, deve compreender a mancha urbana, as vias de circulação, geologia, hidrografia, áreas de proteção e/ou restrição legal, localização de poços de abastecimento, mapas de profundidade de nível d'água subterrânea, perímetros de proteção de poços, mapas de uso do solo e as localizações das APs, ASs e ACs.

Os dados cadastrados no SGI, juntamente com o banco de dados alfa-numéricos, permitem a realização de pesquisas gráficas onde o usuário pode indicar um ponto ou área do mapa da região

de interesse e ter acesso às informações disponíveis, imagens e textos digitalizados relacionados a uma área específica. Pelo cruzamento de imagens pode-se definir áreas críticas e/ou prioritárias, como por exemplo mapas de susceptibilidade à contaminação das águas subterrâneas baseado nos mapas de profundidade do nível d'água, litologia e localização de APs, ASs e ACs.

O Cadastro deve dispor também de rotina para *priorização* em função das características das áreas, das vias de transporte dos contaminantes e dos bens a proteger que possam ser afetados, baseada no Sistema de Pontuação descrito no item 6.1.

3.3 Ficha Cadastral de Áreas Contaminadas

A Ficha Cadastral de ACs constitui-se no instrumento central para coleta de dados e, conseqüentemente, de alimentação do Cadastro de ACs.

As informações obtidas através da Ficha podem ser agrupadas da seguinte forma:

- dados relativos à natureza e características da fonte de contaminação;
- dados relativos à existência e características dos bens a proteger;
- dados indicativos da forma de propagação dos contaminantes;
- informações sobre as ações adotadas em relação à avaliação e *remediação* da área.

Com base nas informações registradas na Ficha Cadastral, as

áreas são classificadas em AP, AS ou AC, dependendo da etapa do gerenciamento que se tenha atingido.

4 Priorização 1

Caso os recursos necessários sejam insuficientes para a *avaliação preliminar* de todas as APs identificadas na região de interesse, deve ser realizada uma etapa de *priorização* visando selecionar aquelas áreas consideradas mais importantes e possíveis de serem avaliadas com os recursos técnicos e econômicos disponíveis.

Os fatores a serem considerados neste processo de *priorização* não são, em geral, estabelecidos de uma forma rígida, sendo normalmente considerados tanto os aspectos técnicos como os aspectos econômicos, administrativos e políticos. As atribuições do órgão gerenciador também são muito importantes na definição dos fatores a serem considerados.

Entre os aspectos técnicos devem ser considerados a natureza das substâncias presentes, o potencial contaminador da atividade desenvolvida ou em desenvolvimento na área e sua proximidade em relação a bens a proteger. De qualquer forma, os critérios devem ser claramente definidos e divulgados, de modo a evitar dificuldades quando de sua aplicação.

Os resultados desta etapa devem ser apresentados em relatório contendo os critérios utilizados, sua interpretação e mapas

contendo a localização das áreas prioritizadas na região de interesse.

Por exemplo, caso seja estabelecido que o objetivo principal do gerenciamento de ACs em uma determinada região de interesse seja proteger a qualidade das águas superficiais utilizadas para abastecimento, as APs a serem prioritizadas serão aquelas localizadas dentro das bacias hidrográficas dos reservatórios utilizados para abastecimento de água da região de interesse.

5 Avaliação preliminar

O principal objetivo da etapa de avaliação preliminar é a realização de um levantamento de dados disponíveis sobre cada uma das APs identificadas na etapa anterior e o primeiro reconhecimento das mesmas.

Resumidamente, os objetivos desta etapa são:

- levantar informações sobre cada AP para o desenvolvimento das próximas etapas do gerenciamento de ACs;
- estabelecer o modelo conceitual inicial de cada área em questão;
- verificar a necessidade da adoção de medidas emergenciais nas áreas em questão;
- documentar a existência de evidências ou fatos que levem a suspeitar ou confirmar a contaminação nas áreas em questão, possibilitando sua classificação como AS, AP ou AC ou excluí-la do cadastro;

Os resultados obtidos nesta etapa possibilitam estabelecer uma primeira *classificação* das áreas

anteriormente identificadas como APs, com base em dados existentes e observações realizadas durante inspeções às mesmas. Como resultado da avaliação dessas informações, as áreas poderão ser classificadas como ASs, ACs, ou mesmo permanecerem como APs.

Esse levantamento de informações deve ser orientado pela Ficha Cadastral de ACs, que constitui-se no elemento central do procedimento de *classificação* de áreas.

As informações existentes para a área a ser avaliada, devem ser identificadas e reunidas, o que pode ser feito seguindo dois procedimentos básicos:

- A elaboração de um levantamento histórico das atividades desenvolvidas ou em desenvolvimento na área;
- O levantamento de dados sobre o meio físico.

Várias fontes podem ser consultadas na obtenção dessas informações, como por exemplo, processos e relatórios do órgão de controle ambiental, arquivos existentes nas prefeituras, documentos existentes no próprio empreendimento ou com seu proprietário, mapas e fotografias aéreas multi-temporais, entre outros.

A obtenção de dados na inspeção de reconhecimento da área, é feita por meio de observações em campo e em entrevistas com pessoas do local, possibilitando responder algumas das questões da Ficha Cadastral, como por

exemplo, as substâncias utilizadas, o estado geral das instalações, o uso do solo na área e em seus arredores e a existência de bens a proteger.

Os dados coletados devem ser interpretados visando formular hipóteses sobre as características da fonte de contaminação, as prováveis vias de transporte dos contaminantes (meios pelos quais pode se propagar), a distribuição espacial da contaminação e os prováveis receptores ou bens a proteger atingidos. Desta forma, estabelece-se um modelo conceitual inicial da área, que poderá ser utilizado como base para o planejamento das etapas de investigação confirmatória e detalhada.

5.1 Classificação 1

As informações obtidas no preenchimento da Ficha Cadastral de ACs, durante a etapa de *avaliação preliminar*, possibilitam uma nova *classificação* da área, a qual pode permanecer como AP ou ser identificada como AS, em função das evidências quanto à sua não contaminação.

A *classificação* das áreas deve ser realizada de acordo com procedimentos previamente estabelecidos e divulgados.

6 Priorização 2

As áreas classificadas como ASs na etapa anterior, são submetidas a um processo de pontuação, através do qual é possível estabelecer uma *priorização* das áreas avaliadas em função dos riscos que as mesmas determinam

aos bens a proteger considerados para a região de interesse.

O instrumento de *priorização* das áreas a ser utilizado nesta etapa é o Sistema de Pontuação de Áreas Contaminadas, o qual tem por base a Ficha Cadastral de ACs.

6.1 Sistema de Pontuação

O Sistema de Pontuação foi desenvolvido com base na metodologia de pontuação ISAL (Information System Altlasten), adotada no estado de Nordrhein-Westfalen, da Alemanha, e tem a Ficha Cadastral como a única fonte de dados. A pontuação obtida nas Fichas permite priorizar as áreas que serão objeto das etapas de *investigação confirmatória* e *investigação detalhada*. Esta pontuação é obtida a partir da valoração dada às características da área, as vias de transporte dos contaminantes e os bens a proteger que possam ser afetados pelas áreas em processo de avaliação.

O procedimento empregado na pontuação permite estimar os bens a proteger que poderiam ser mais seriamente atingidos ou que teriam mais importância em cada área avaliada.

7 Investigação confirmatória

Nesta etapa as áreas anteriormente classificadas como ASs são novamente avaliadas, através da utilização de métodos diretos e indiretos de investigação, visando confirmar a contaminação

nestas áreas, possibilitando sua *classificação* como ACs.

A definição de uma Área Contaminada ou a comprovação da contaminação ocorrerá através de análises específicas tomando-se como base o conhecimento adquirido sobre a área nas etapas anteriores e utilizando-se diferentes técnicas de investigação, isolada ou conjuntamente, cuja seleção depende das características específicas de cada área em estudo.

O processo de confirmação da contaminação dá-se através da tomada de amostras de solo e/ou água para análises químicas. O número de amostras coletadas deve ser reduzido porém suficiente para comprovar a contaminação.

Os resultados analíticos obtidos devem ser comparados aos valores referenciais existentes em listas de padrões vigentes na região de estudo. No caso da inexistência de padrões locais podem ser utilizados padrões internacionais.

7.1 Classificação 2

As ASs avaliadas na etapa de *investigação confirmatória* podem receber nova *classificação*, em função dos resultados obtidos, podendo ser identificadas como ACs, ASs, APs, ou serem excluídas do Cadastro. Aquelas classificadas como ACs deverão ser incluídas no *plano de ação para recuperação* de Áreas Contaminadas, enquanto aquelas identificadas como ASs e APs deverão permanecer no Cadastro

aguardando novas informações ou nova *priorização*.

Após a realização da etapa de *investigação confirmatória*, a Ficha Cadastral de ACs deverá ser atualizada, assim como o Cadastro de ACs, em função da nova *classificação* da área em questão.

8 Plano de ação para recuperação de ACs

No *plano de ação para a recuperação* de ACs, as áreas comprovadamente contaminadas devem ser investigadas detalhadamente visando a implementação de técnicas de *remediação* ou a compatibilização do uso futuro da área, que são

definidas em função do nível de contaminação da área e dos riscos aos bens a proteger.

A figura 2 apresenta a sequência das etapas do *plano de ação para recuperação* de ACs.

As etapas deste plano, cuja execução, a princípio, deve ser realizada pelo responsável pela contaminação são:

- *investigação detalhada*;
- *avaliação de risco*;
- *investigação para a remediação das ACs*;
- elaboração do *projeto de remediação* das ACs.

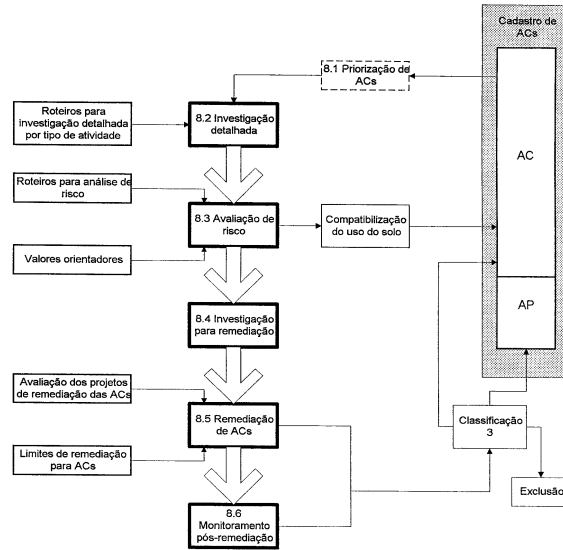


Figura 2: Plano de ação para recuperação de Áreas Contaminadas

Nesta fase cabe ao órgão gerenciador a aprovação dos itens acima relacionados e fiscalizar a execução das etapas atribuídas ao responsável pela contaminação.

8.1 Priorização de ACs

A princípio todas as áreas classificadas como ACs devem ser recuperadas. Há, entretanto, casos em que torna-se difícil a identificação do responsável pela contaminação, ou mesmo em que esses não possuam condições financeiras para arcar com as

despesas relativas à investigação e remediação. Nestas situações, havendo um risco de comprometimento dos bens a proteger determinado pela existência da AC, o órgão de controle ambiental poderá executar estas etapas e arcar com os custos de execução das mesmas, custos que deverão ser repassados posteriormente ao responsável pela contaminação.

Diante deste quadro, nova etapa de priorização deverá ser implementada, visando o

direcionamento da aplicação dos recursos públicos.

Os critérios a serem empregados nesta *priorização* deverão estar baseados em critérios técnicos, havendo também a necessidade de serem considerados os interesses públicos e da sociedade.

8.2 Investigação detalhada

Durante a etapa de *investigação detalhada* devem ser avaliadas as características da fonte de contaminação e dos meios afetados pelos contaminantes (solos e águas subterrâneas), determinando-se as dimensões das áreas afetadas, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações. Da mesma forma deverão ser definidas as características da pluma de contaminação, como por exemplo a taxa de propagação da mesma.

Para cada tipo de AC (como por exemplo, postos de serviço, áreas industriais ativas e desativadas, áreas de disposição de resíduos, áreas comerciais, áreas com fonte de contaminação desconhecida) o órgão gerenciador poderá elaborar, para orientar os trabalhos, um roteiro específico para condução da *investigação detalhada*.

8.3 Avaliação de risco

A *avaliação de risco*, dentro do gerenciamento de ACs, destina-se à avaliação e quantificação do risco à saúde humana, possibilitando também a avaliação dos impactos a outros bens a proteger.

Os principais objetivos da *análise de risco* são:

- determinar a necessidade de *remediação* em função do uso atual ou proposto da área;
- embasar o estabelecimento de níveis de *remediação* aceitáveis para a condição de uso e ocupação do solo no local e imediações;
- embasar a seleção das técnicas de *remediação* a serem empregadas.

As seguintes etapas devem ser consideradas na avaliação dos riscos à saúde humana:

- identificação e quantificação dos principais contaminantes nos diversos meios;
- identificação da população potencialmente atingidos pela contaminação;
- identificação das principais vias de exposição e determinação das concentrações de ingresso dos contaminantes;
- avaliação do risco através da comparação das concentrações de ingresso com dados toxicológicos existentes.

Para os demais bens a proteger, a *análise de risco* é conduzida através de procedimentos diferentes daqueles adotados na avaliação do risco à saúde, possibilitando uma avaliação qualitativa dos riscos.

Os resultados da análise de risco podem subsidiar a tomada de decisão quanto às ações a serem implementadas, de modo a promover a recuperação da área para um uso definido. Em alguns

casos tais ações podem restringir-se à compatibilização do uso do solo com o nível de contaminação apresentado, não havendo, neste caso, necessidade de realização das etapas posteriores.

8.4 Investigação para remediação

A investigação para a *remediação* destina-se a subsidiar a elaboração do projeto de *remediação* das ACs. Sua execução baseia-se nos resultados obtidos na *investigação detalhada* e na *análise de risco*, consistindo na execução de estudos complementares que possibilitem identificar características específicas do meio físico e dos contaminantes, assim como na realização de ensaios específicos destinados à verificação da viabilidade dos métodos de *remediação* propostos.

O *projeto de remediação* deverá conter:

- a definição dos objetivos e limites a serem atingidos pela *remediação*;
- a apresentação das tecnologias a serem adotadas e justificativa embasada através da comprovação da viabilidade técnica e financeira das ações corretivas;
- medidas de proteção à saúde do trabalhador e vizinhança, assim como de minimização de impactos ao ambiente;
- a apresentação de um cronograma de implantação e de operação do sistema;
- a apresentação dos métodos de disposição para os eventuais materiais contaminados que

venham a ser removidos da área, como solo, água e entulhos, de acordo com a legislação específica;

- a apresentação de um plano de monitoramento para acompanhamento da *remediação*.

O órgão de controle ambiental da região de interesse deverá avaliar a aplicabilidade do projeto apresentado com base na tecnologia disponível e legislação vigente, aprovando ou não a sua execução.

Além da aplicabilidade técnica e econômica, deve ser também considerada a aceitação pela população das medidas propostas.

8.5 Remediação de ACs

O processo de *remediação* de ACs consiste na implementação de medidas que resultem no saneamento da área/material contaminado e/ou na contenção e isolamento dos contaminantes, de modo a atingir os objetivos aprovados a partir do *projeto de remediação*.

Os trabalhos de *remediação* das Áreas Contaminadas devem ser continuamente avaliados de modo a verificar a real eficiência das ações implementadas, assim como dos possíveis impactos causados aos bens a proteger pelas ações de *remediação*.

O encerramento da *remediação* se dará, após anuência do órgão de controle ambiental, quando os níveis definidos no projeto de *remediação* forem atingidos.

8.6 Monitoramento pós-remediação

Encerradas as ações de *remediação*, a área deverá permanecer sob contínuo monitoramento, por período de tempo a ser definido pelo órgão de controle ambiental.

THE DEVELOPMENT OF CONTAMINATED INDUSTRIAL SITES FOR A NEW UTILIZATION

*Dipl.-Ing. Klaus Simsch
Ruhrkohle Bergbau AG, Manager BDSB, Plant Management Redevelopment of Mining Locations; Managing Director GPE Project Management and Property Development Company Ltd. In Association with RAG Real Estate AG*

Prospects and Risks in the Case of the Ruhr Area in Germany.

task which must be borne and solved jointly by government and the involved enterprises.

Outline of Lecture

Waste Land

1. **General Aspects of Site Development.**

- a) Peculiarities of site development in abandoned polluted sites
- b) Procedures from legal, planning, technical and financial viewpoints

The clearance and reutilization of thousands of hectares of derelict areas are of fundamental importance to economic progress. Land use - in Germany, we consume approximately 87 hectares of green fields every day - is an urgent soil protection problem. This is why the clearance of abandoned polluted areas and the recycling of derelict land should be viewed in the context of an economic modernization of traditional industrial sites, of a life and an environment that deserve being preserved (quotation, Dr. Angela Merkel / Secretary of State for the Environment).

1. **Project Development in the Case of the Industrial Site Prosper III.**

2. **Marketing and Financing.**

- Acceptance
- Marketing conception
- Public subsidies

History

3. **Summary.**

1. General Aspects of Site Development

- a) Peculiarities of site development in abandoned polluted sites

Redevelopment of Regions Waste Land

The structural crises in the old industrial regions of Europe always entail a change of the utilization patterns of the involved sites, no matter whether these are encountered in northern Spain or in the east of England. These changes to the regional and urban development policy objectives represent a

The migration of the mining fields to the north of the Ruhr Area led to an early conflict between an unattractive urban development of what was left, and a modern recycling of derelict areas. In the 70's, the early development of sites represented tedious procedures which were the result of a mental separation - the abandonment of an industrial site, the estimation of hazards combined with a possible clearance, town and country planning of local authorities, investor.

Table 1
Chronology : Pit and cooking plant.
Prosper III in Bottrop

Year	Chronology
1906	• Sinking of the prosper 6 pit
1907	• Commencement of winnig at pit 6
1908	• Sinking of the prosper 7 pit
	• Commissioning of a coking plant
1911	• Commencement of winnig at pit 7
1945	• Temporary suspension of operations due to war
1956	• Pit 6 becomes the main pit
1983	• Commencement of demolition above-ground
1986	• Shut-down of the pit
1989	• Hazard assessment
1991	• Commencement of rehabilitation measures with the target of keeping most of the contaminated earth masses on the facility area
1994	• Conclusion of development measures

Cooperation between Participants

The reactivation is a task which must be performed jointly by both the involved enterprises and local government. Possible differences in planning procedures must take predefined legal, subsidy-related and economic principles into consideration. They must observe both the temporal restrictions and scarce financial resources.

Actors

The reactivation of industrial waste land takes place in the tense atmosphere between property owners, urban development, licensing authorities, economic development and later beneficiaries.

Planning Procedures

It is in this tense atmosphere where planning procedures were developed under consideration of the central factors urban development planning, clearance of abandoned industrial sites, preparation of an infrastructure, and application concepts as a

result of a cooperative marketing potential. These factors are supported by the general legal, technical and financial circumstances.

Clearance of Abandoned Polluted Areas Utilization Concept

A value analysis can help in making a decision between the objectives of application-dependent redevelopment concepts and redevelopment-dependent application concepts.

Preparation of the Site for Construction

Among others, this consists of the disposal of former facilities, examinations in respect of land for development, building foundations, mining influences, consequences of wars, etc.

Preparing the site for construction can also be performed independent of the pollution problem. The infrastructure measures must be implemented in accordance with the provided town and county planning concepts. This procedure will become all the more complex whenever abandoned pollutants are to be expected.

Clearance of Abandoned Polluted Areas Urban Development

By means of an initial assessment without sampling, fundamental knowledge must be prepared in respect of the potential hazards involved in these sites, so that the obtained data can be used to provide a position for the determination of urban development approaches. In view of the intended use, the assessment of hazards and the concluding definition of the redevelopment objectives represent the foundation for preparation of the redevelopment concept. In this process, a feasibility study, within which the redevelopment, utilization and infrastructure concepts are harmonized, can help to pro-

vide additional basic assistance in decision-making. These objectives are then implemented by redevelopment with run-up redevelopment planning.

Urban Development

The size of former industrial sites determines the surrounding municipal areas, if not the entire city zone. City development objectives of making such sites attractive from an urban development point of view, as well as upgrading their image and acceptance, are aimed at attracting investors to settle in these sites.

Utilization Concept / Market Sequences

Costs and Financing

The costs of a project can be concretized and adopted into financing models as planning progresses. Private landowners will still have to raise their own funds in spite of public subsidies. These are to borne by the future value of the property, so that a project can be carried out. The subsidy guidelines and the economic decision-making structures of the companies must be clarified and harmonized. Here, varying regulations will collide.

2. Project Development in the Case of the Industrial Site Prosper III

The Prosper III Case

The Prosper III area is owned by the City of Bottrop, and is located in the municipal core area, in the direct vicinity of downtown Bottrop.

The contaminated sections in the Prosper III area were redeveloped according to economic aspects - i.e., the areas were cleared via surface sealing and soil excavation.

Ruhrkohle AG and their responsible real estate company were the project carriers of this object.

Location Former utilization

The following facilities were located on this site:

- General mining plants of the Prosper III colliery (1906- 1986)
- Coking plant with secondary exploitation (1907-1928)
- Benzene factory
- Ammonia factory
- Salt depot
- Light crude oil extracting plant
- Coke gas institution

The old coking plant and the secondary exploitation facilities were dismantled in the years 1932/33. Five years after coal mining had been shut down, this location was finally abandoned in 1986. (Table 2.)

Table 2
Reactivation of area: Pit and coking plant, Prosper III in Bottrop

Year	Activities
1986	<ul style="list-style-type: none"> • Shut-down of surface activities • Demolition of almost all surface plants
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Hazard assessment • Urban development concept for projected follow-up utilization: Founders Center, residential area and in the centrally contaminated areas as green space
1990	<ul style="list-style-type: none"> • Urban development competition
1991	<ul style="list-style-type: none"> • Commencement of rehabilitation measures • Approval of the final operation plan
1992	<ul style="list-style-type: none"> • Dismissal of the first partial areas from mining authority supervision
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Early development measures • Extensive structural measures
1994	<ul style="list-style-type: none"> • Termination of the first construction section in building of rented housing • Termination of development measures • Completion of the Founders' Center

Objective of project

A corresponding pollutant investigation was performed within the scope of "Dismissal from Mining Supervision". The objective was to utilize the results of this pollutant investigation towards a rehabilitation and development of the Prosper III mining waste land with a future utilization in mind. This development project was embedded into the projects of the International Building Exhibition Emscherpark (IBA).

Abandoned Pollutants

The investigation provided the following results: Historical research in combination with a multitemporal analysis of aerial photos provided an extensive documentation. In addition to the relevant maps and chronological illustration of the utilization stages, a facility cadaster was also prepared which contained individual specific information concerning buildings and processed products.

Geological Structure

The area concerned is located on top of quaternary fine- to medium-grained poor coarse clay sands with a layer thickness of approximately 1 - 4 m. Underneath, there is a layer of fine to medium grained sands as an Upper Cretaceous sediment with a low degree of water permeability which is similar to the quaternary layer. The lower layers contain Recklinghausen clay grit and Emscher marl up to approximately 40 m below the top land surface.

The Recklinghauser clay grit stratum can be viewed as being a water bank-up.

The direct surface itself consists of up to 3 m thick fillings of mining waste materials, slags, rubble, loam and sand. From the site, the near-surface groundwater flows off

towards the north. In this case, the ground water level varies from 1-2 m in the north and up to approximately 7 m in the south, depending on the ground level.

Hazard Assessment

In order to clarify the pollutant situation, appropriate investigations were executed for various experts' reports. In this process, slotted/pile core explorations, digging, groundwater measuring points and ground level air analyses were carried out.

As was to be expected from experience gained from other similar coking plant locations, the fact was confirmed that the core area around the old coking plant location evidenced severe pollution which could already be perceived organoleptically all the way to directly under the slightly polluted backfill.

In part, this strong pollution - consisting mainly of lightly volatile aromatic compounds and creosotes - reached down to depths of more than 15 m into the solid ground.

This strongly contaminated core area was surrounded by a border zone which was not so severely polluted, and which only became effective below the groundwater table. In this case, we were dealing with an area which had been created over the decades by the pollutant trail which had been carried by the groundwater.

Main propagation analysis in the preferred flow direction confirms this fact.

In addition to this, traces of easily soluble components, such as cyanide and phenols were also detected in downstream groundwater probes.

According to the opinion of the experts, however, the degree of contamination has been determined, with the exception of these traces in the pore volume of the fine-sanded silty subsurface.

In the outer border zones of the terrain, only the backfills evidence minor local contamination - e.g., caused by heavy metals contained in the refuse material, slags and rubble.

The results obtained from random sampling of the drillings displayed no pollution whatsoever in the grown subsurface of these areas.

The obtained values for metals and organic substances were so low that they were partially considerably below those specified by the Holland List for natural, unpolluted soils.

Pollutant-dependent Utilization Concept

An initial urban development draft was drawn up on the basis of the results of the investigations into pollution. The important structures aimed at the following sectors:

- Severely contaminated sectors-Green space utilization
- Weakly contaminated sectors-Commercial application
- Uncontaminated sectors - House-building

In coordination with the existing zoning plan, and taking the aspired objective into consideration within the scope of the International Building Exhibition Emscherpark (IBA), the planners were able to divide the terrain into 7 sections with the following applications:

- Section 1 Commercial area
- Section 2 Residential area

- Section 3-6 - Green space area ("Prosper Park")
- Section 7 Residential area

Urban Development Competition

In order to obtain every available creative leeway for the concept of follow-up utilization as a stimulant for a realizable development, an international urban development realization competition was held within the scope of the International Building Exhibition Emscherpark (IBA).

The winning draft which was selected from among the 42 participants in the competition combines an optimum of urban development aspects with the greatest-possible prospects of being realized with regard to coping with the pollutants and ecological landscape planning.

Redevelopment

Taking a relevant feasibility study into consideration, the redevelopment investigations demonstrated that the prepared follow-up utilization concept was realizable, both technically and financially.

In order to stop the direct contact with the strongly polluted soil, and to prevent percolating water from penetrating into the contaminated central area, the agreement was reached with the authorities and planning agencies that the central area (1.4 ha should be spaciouly covered by an earthwork which was sealed off against surface water).

Possible emissions of lightly volatile components into the surface air are contained by a gas drainage within the earthwork, and are then discharged via a protective hood with lift check valve. So far, however, analysis has not presented any evidence of pollutants contained in the gas. The cover-

ing of the central area was divided into several layers:

1. Growth layer
2. Sealing layer
3. Drainage layer (gas)
4. Excavation

The excavated earth which was directly on top of the contaminated area consisted of filling and demolition material, and earth from the weakly contaminated areas.

We were able to close off all of the hazardous routes with this redevelopment concept. As an alternative to this type of rehabilitation, a large-scale, complete disposal of the entire central area or the installation of a sandwich system would have been possible. Both of these alternatives, however, were not considerable under the planning specifications and financial leeway. Furthermore, it was intended to completely remove the backfills in those areas which were scheduled for housing, some of which were up to 3 m thick. This would help to assure that not even the slightest residual contamination could remain in the residential section.

The removed masses were used to rehabilitate the central core area and to model the landscape (Prosper Hill).

The sensitivity with which such areas must be approached will be illustrated at a later point in this seminar, using a special example concerning a subsequent rehabilitation.

A combination of the required measures towards an application-oriented rehabilitation provided an almost complete redevelopment of the entire area using the soils which were available on the site itself. (See **Figure 1: "Rehabilitation measures"**)

In accordance with the concept, the required refill earth removal volumes ran up to dimensions of approximately 350 000 m³. Since the practical demarcation of the contaminated sectors is usually different than it is on the planning side, an interim depot was set up so that the respective lots could be absolutely segregated. (See **Figure 2: "Application- dependent contamination levels"**). The base of this interim depot was sealed, and the area was closed off with a fence. This area was used to store organoleptically conspicuous soils in covered containers. After the measures had been concluded, this interim depot was dismantled and appropriately disposed of. The moved earth masses were continuously controlled by a qualified expert from Deutsche Montantechnologie (DMT), and classified into four groups for their further utilization:

- Strongly contaminated soil
- Contaminated soil
- Weakly contaminated soil
- Uncontaminated soil

The strongly contaminated soil - approximately 200 t - was disposed of externally with the respective conditions.

The contaminated soil was brought into the central area under the sealing layer as a filler. Weakly contaminated soil was used as a filler for Prosper Hill. However, the total volume of 200,000 m³ which had been planned for the modeling process was not exclusively taken from the area alone. Material from the area, such as masonry and concrete rubble, were mixed with the gathered soil and brought into the Prosper Hill section as a covering layer.

In addition to this, existing construction hindrances, such as foundations, channels and cellars had to be removed over wide

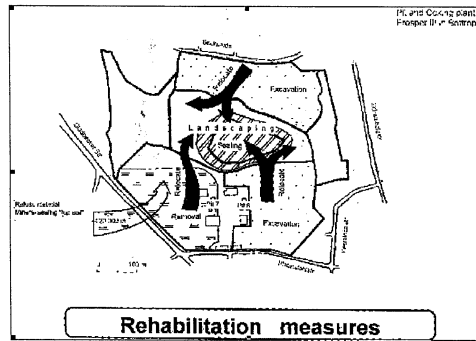


Figure 1

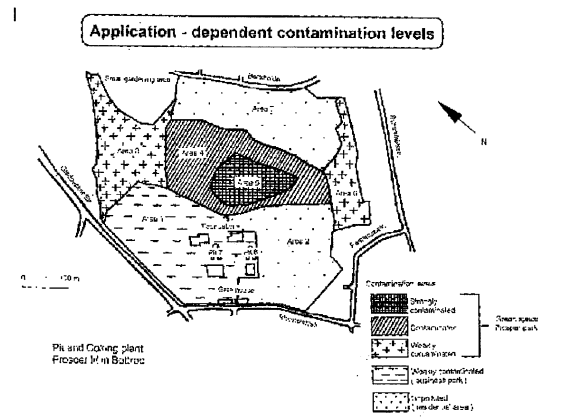


Figure 2

areas. In spite of the fact that the area had been researched and explored relatively well, many surprises were still uncovered.

In this context, the entire provided backfill had to be removed in the section of the planned landscape modeling since an undiscovered air protection system had been found in the intended commercial sector.

At a later point, the ground level had to be readapted using external soil masses. These unexpected events and the resulting follow-up measures led to cost increases for the rehabilitation measures.

The additional expenditures which were accrued within the scope of the construction contract were, however covered by the planned budget.

Upon conclusion of the earth movement measures and modeling of the terrain, the sections of areas 1, 2, and 3 were topped with a layer of at least 0.3 m of arable soil, and the sections of areas 3 - 6 were topped with a layer of at least 0.5 m of arable soil.

In the meantime, the entire rehabilitation procedure has been brought to an end, and the project is completed.

For purposes of continuing control of the rehabilitation measure, the gas contents from the drainage system and the groundwater levels are inspected and sampled at regular intervals.

Building

The incorporation of structural engineering planning into rehabilitation planning at an early stage permitted modeling of the terrain to be executed in such a manner that the future foundation levels for the structural engineering measures were able to be

realized at this early time within the scope of the rehabilitation efforts.

The objective of removing the given backfills in area 2 would have led the fact that soil in dimensions of approximately 100,000 m³ would also have had to be incorporated into this area within the scope residential utilization.

The architect was in a position to provide an interesting architectonic solution using the specified level of the soil-bearing capacity and the resulting spacious foundation ditch. The situation in the section 7 area, however, presented a different constellation: Here, the architect's office Vandkunsten, Copenhagen, planned this area as a garden city housing estate, the basic urban development element of which was a structure which is quasi placed upon "soil cushions", and which is intentionally set off against the surrounding green spaces. Modeling of the terrain was also able to be adapted to this specification without involving any additional expenses.

Costs

The total investment volume amounts to approximately 191.5m DM. In this amount, the proportional costs are as follows:

Area rehabilitation	12	m DM
Development	8	m DM
Prosper Hill	2	m DM

3. Cooperative Marketing and Financing

Objectives

Private recycling of areas presents itself as a process of execution between private necessities and financial feasibility while public recycling of areas is aimed at providing a positive general setting for the settlement of

business or business expansion towards the creation and/or safeguarding of jobs. The acceptance of a site from both a private and public point of view, and the resulting marketing conception are the motor in waste land property development.

Acceptance

Acceptance is the sum of utilization opportunities, public targets, pollution clearance targets, marketing targets, and economic opportunities for realization.

Generation of Acceptance

In their legal and economic situation, sites which are to be reactivated must be treated equally, as is the case in the development of non-polluted sites. A long-term utilization must be assured without being restricted by the pollution situation. Building projects must be executed in a conventional manner, and lending by banks with property as a collateral must be guaranteed.

The basis for this is the fact that investment decisions must be harmonized with the duration of the development measures. In this case, extensive information is readily available on the rehabilitation of abandoned polluted areas.

The remaining residual risks must be made tangible and understandable for the prospective investor by minimizing them and describing them in a clear-cut manner. The utilization conception with the requisite location advantages in comparison to competitive sites must bridge any gaps created by remaining acceptance problems.

Marketing Conception

Site marketing must be assured by the early participation of professional site developers and marketeers. In this process, the appli-

cations "commercial" and "residential" must be viewed separately since they follow different marketing laws. Pertaining to site recycling, this ideal situation is opposed by the development period which is sometimes hard to overlook. In many cases, investment decisions must be made at short notice.

Marketing Concepts and Commercial Utilization

Traditionally speaking, the marketing of commercial sites meant making commercial space available within a community. The development of commercial areas is frequently accompanied by public subsidies which are aimed at creating jobs. Active marketing of the commercial areas was pursued upon conclusion of the development measures. This system worked whenever commercial space was scarce.

Current Developments

The currently existing competitive situation leads to changed marketing strategies. Initial marketing tests are practically initiated at the outset of the development measures, in order to be able to discern between "ripe fruits" and the many "unripe" ones. This necessitates a temporally tight development on the one hand, and a marketable area, so that not only the private but also the public goals can be implemented on a short-term basis.

On the other hand, detailed marketing concepts must be drawn up, in which both the marketeer and the developer provide the basis for making a separation between successful and unsuccessful areas.

Marketing Concept and Residential Utilization

The realization of residential application on former industrial sites is a frequently raised target from an urban development point of view; however, under the present restrictive conditions governing the rehabilitation of abandoned polluted areas, this goal is hard to reach.

Ultimately, only the complete removal of the contamination is all that remains to be done as a rehabilitation objective. Pertaining to the rental of houses or flats, marketing is performed by a housing society. A general acceptance for residential application must be created among the broad public.

With regard to ownership measures owner-occupied homes, one-family houses the marketing concept requires a very timely, comprehensive marketing strategy. The distribution sector, such as larger credit institutions, distribution associations etc., must be incorporated into the overall measure at the very outset of the project. Marketing must be handled professionally with the media-press, actions, advertising, brochures.

Commercial areas as a commodity

Private property developers were among the first who viewed areas as a commodity. This evaluation is increasingly penetrating the administrative sector, too, so that the above-mentioned approaches can be pursued in a joint effort. This approach requires that political targets come second to economic targets. This commodity should not have been produced in the market in advance.

Financing

The basic difference between public administration and that of a private investor is to be found in the fact that in public administration a zero investment return is viewed as being positive regarding its economic benefit. In contrast to this, a private investor can only conclude a project with a profit. Revenue from property must all the higher, the more private investments are realized in the area.

Financing by the private investor

Private investor financing is characterized by an early cost and revenue analysis. In this process, the determination of the property value is made more difficult, especially under the aspect of pollution, since this method provides a high degree of inaccuracy in the event of an early profitability calculation. The difference between costs and expected property returns must be permanently carried forward throughout the project period. In this process, the appropriation of capital must be taken into consideration at common market interest rates.

Financing by the public sector

When seen from the viewpoint of tight budget funds, financing by the public sector will continue to approach that of the private investor. In this process, state-owned development companies will increasingly be measured by the public auditing authorities according to the overall economic efficiency of the project. Hereby, possible property funds can, to a limited extent, take over the unprofitable costs for acquisition, clearing and preparation of the site; however, within the above-mentioned limits.

Public Subsidies

In many cases, the financing of measures towards the rehabilitation of abandoned polluted sites is too much to ask of the private investor or owner of the property. This applies especially to the peculiar circumstances in former industrial regions where the property prices are traditionally very low. The advantage of a higher property price in residential applications is frequently consumed by the higher costs for rehabilitation due to higher demands upon the redevelopment parameters. In this case, the utilization of federal, state and European Union subsidies also create the opportunity to develop these areas at neutral cost. The relevant subsidy guidelines are adapted to meet the current conditions. This applies in both a regional sense as well as being applicable to individual industrial enterprises. In this process, the definition of unprofitable costs represents a permanent development process.

4. Summary

- The development of industrial locations can only be realized in close coordination with local government.
- Redevelopment planning must orient itself by future utilization.
- A permanent comparison must be made in the interaction between the costs for redevelopment on the one hand, and a possible return on the other hand, in order to be able to discern any negative values as soon as possible. If necessary, the project can still be stopped, or the redevelopment planning can still be modified.
- The varying scenarios, such as preparation for construction, pollutants, urban development and marketing must be managed by a competent project management.

- In the event that concrete investors are not known yet, the area should be split up as flexibly as possible. The entire area does not have to be developed in a single step. First of all, choose partial steps that are affordable and marketable.
- It is only in desirable residential locations that areas can be developed without the support of public subsidies and grants, owing to the demanded quality standards. Prior to commencement of the project, clarify the subsidy amount and the conditions involved.

As a rule, public subsidies should be applied for with regard to commercial and industrial locations. By nature, the costs of a development depend upon diverse factors. To provide you with a rough overview:

- Overall area - 60 ha.
- Gross land for building development 30 ha.
- Net land for building development 20 ha.
- Clearing and redevelopment costs per m² -100 DM (Deutsche Mark)
- Developments costs per m² 50 - DM
- Public subsidies per m² - 75 DM
- Selling price per m²-90 / 100 DM

Other measures entail different values.

From the very outset, check the marketing prospects and the need for the new utilization.

Ultimately, only the marketing prospects help to ensure the profitability of the overall measure. In your calculations, never forget the time factor and the costs of interim financing.

Owing to a decline in the preparedness and opportunity for public financing of developments in old locations, a form is emerging which consists of determining those area sections which are worth developing from an economic point of view during the planning phase (i.e., filleting out), and not including contaminated sections in the development measures; instead, these are taken into consideration in the landscape planning process.

This process allows old locations to be increasingly developed in separate partial applications.

de vulnerabilidad implican riesgos ambientales de consideración.

Por otra parte, se ha hecho evidente que toda sustancia química puede encerrar peligros para la salud y seguridad de los seres vivos y el ambiente, si alcanza una concentración dada y la exposición se prolonga el tiempo suficiente para que ejerza sus efectos. De acuerdo con los principios esgrimidos por la Agenda 21, cada sociedad debe decidir qué riesgos considera excesivos o inaceptables y, con base en ello, definir sus marcos regulatorios y de gestión de sustancias químicas. En particular, se hace necesario considerar los siguientes aspectos:

- Impactos ecológicos en los ecosistemas.
- Impactos en recursos hídricos.
- Riesgos de salud ambiental (tóxicos).
- Riesgos por accidentes y/o contingencias.

En buena medida, los impactos y riesgos referidos dependen del comportamiento de las sustancias químicas en el ambiente y la factibilidad de que los suelos y aguas subterráneas, las aguas superficiales y el aire incorporen dichos residuos y sustancias sin que su calidad se vea afectada.

Impactos en los ecosistemas

Una vez en el ambiente los contaminantes tóxicos pueden ser ingeridos y retenidos en altas concentraciones por los organismos vivos ocasionándoles serios trastornos, incluso la muerte. Si se encuentran en bajas concentraciones, causan efectos subletales, como la reducción del tiempo de vida de ciertas especies o el incremento de la susceptibilidad a enfermedades o bien puede causar efectos mutagénicos y teratogénicos.

La presencia de compuestos químicos extraños para los ciclos naturales, puede también interferir con la movilidad de otros compuestos que son importantes para los procesos biológicos. Por ejemplo, la presencia de ciertos metales, como el molibdeno, facilita la absorción de otros metales en las raíces de las plantas. Los organismos poseen una resistencia variable a los contaminantes, según el grado de aclimatación al tóxico. Por ejemplo algunas especies de animales son capaces de acoplar y de disminuir o anular toxicidad de algunos metales pesados incorporándolos en proteínas; sin embargo, otros compuestos, por ejemplo organoclorados, pueden dar lugar a metabolitos de mayor toxicidad que el compuesto que los genera.

Los ecosistemas mantienen márgenes limitados sobre sus capacidades de carga para asimilar sustancias. La presencia y cantidad de las sustancias introducidas puede representar un riesgo de desequilibrio para ellos, con las consecuencias de degeneración de los ciclos naturales de materiales y el consecuente agotamiento de recursos.

Algunos de los procesos naturales mas relevantes en el movimiento de sustancias tóxicas y de residuos peligrosos en el ambiente, son:

- La *lixiviación* es la transferencia de un componente soluble de un sólido a un disolvente adecuado;
- La *absorción* es el proceso mediante el cual una sustancia se transfiere de un fluido (líquido o gas) a un líquido o sólido absorbente quedando disuelta en él,
- La *desorción* es el proceso inverso, es decir la transferencia de un componente en un sólido o líquido a un gas.
- La *volatilización* consiste en la evaporación de parte de un componente,

el cual genera o se incorpora a una fase gaseosa, en este proceso ocurre una concentración de componentes tanto en la fase líquida como en la fase gaseosa. La volatilidad de compuestos orgánicos en residuos del manejo de combustibles y otros derivados del petróleo imponen riesgos de inhalación de sustancias tóxicas.

- La *bioacumulación* describe la tendencia de ciertas sustancias a acumularse en los tejidos de organismos vivos. La tendencia de una sustancia a bioacumularse se relaciona con las características hidrofóbicas o lipofílicas, por lo que la predicción de algunos valores de bioconcentración se basan en el coeficiente de partición octanol/agua (K_{ow}) y otras características físico-químicas. Ciertos plaguicidas como el DDT, el aldrín y el endrín mantienen un elevado grado de bioacumulación.

Impactos en recursos hídricos

Sin lugar a dudas, una de las consecuencias más graves y de mayor preocupación que pueden generar las malas prácticas para la disposición de los residuos peligrosos, es la afectación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Sin embargo, pueden intervenir otros factores que en algunos casos llegan a mitigar esta afectación, como son los siguientes:

- Presencia de acuíferos de tipo libre, con niveles piezométricos muy profundos, presentan una zona no saturada potente, en la cual la mayoría de la carga contaminante puede quedar retenida.
- Presencia de acuíferos de tipo confinado o semiconfinado, donde el material que almacena se transmite al agua, y es cubierto por horizontes

prácticamente impermeables o muy poco permeables, respectivamente, por lo que los fluidos contaminados no llegan al acuífero.

En otros casos, el acuífero se encuentra muy somero o está constituido por materiales fracturados, lo que incrementa su vulnerabilidad a la contaminación. Este último caso, es frecuente en el territorio nacional.

En México es aún escaso el seguimiento a problemas de contaminación de recursos hídricos. Destaca el trabajo sobre las posibles implicaciones ambientales del mal manejo de residuos peligrosos llevado a cabo por el Centro de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)¹, el cual evalúa el potencial de contaminación de acuíferos con compuestos orgánicos vertidos al drenaje del Valle de México. A pesar de que se cuenta con algunos estudios de afectación ocasionada por residuos peligrosos de la industria maquiladora y estudios de impacto ambiental asociados a diversas actividades y proyectos de manejo de residuos peligrosos, aún no se dispone de un banco de información o sistema actualizado en la materia.

Riesgos de salud ambiental (tóxicos)

La toxicidad de una sustancia se determina de acuerdo con los efectos letales, crónicos o subcrónicos que pueden presentarse en diferentes organismos o blancos ambientales. Sin embargo, generalmente se resaltan los efectos adversos potenciales de las sustancias sobre la salud humana. Entre los parámetros de toxicidad comúnmente evaluados se destacan los siguientes, tales como fueron sugeridos en

en 1983. En este depósito, se almacenaron 75,000 t de residuos que estaban dispuestos a cielo abierto.

En marzo de 1987, la empresa Alco Pacifico de México, S.A. de C.V., inició operaciones como recicladora de plomo, bajo el régimen de maquiladora hasta abril de 1991, en que la extinta SEDUE ordenó la clausura total temporal de sus instalaciones, por no cumplir con la normatividad. Esta empresa utilizaba como materia prima baterías automotrices, residuos de óxido de plomo, separadores de baterías trituradas con contenido de óxido de plomo y sulfato de plomo, adquiridos en Estados Unidos, bajo el régimen de importación temporal.

Al declararse en quiebra, los propietarios dejaron sus patios con alrededor de 12,000 m² de residuos peligrosos y 18,000 m³ de suelos contaminados, dispuestos de una manera inadecuada y sin cumplir con la obligación legal de retornarlos a su país de origen.

Las autoridades destinaron fondos para cubrir los residuos con una membrana geomorfológica de polietileno de alta densidad, con lo que se evita la contaminación a la población y al ambiente mientras se lleva a cabo la obra de remediación del sitio.

La empresa Química Central de México, S.A. de C.V., ubicada en el km 13.5 de la carretera León-San Francisco, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato; inició sus actividades en el año de 1972. Esta planta se dedica a la producción de sales de cromo y ácido crómico, a partir de cromita, utilizando un proceso en dos fases. Los residuos generados consisten en sólidos sobrantes del proceso de lixiviación y alúmina precipitada durante la adición de ácido sulfúrico al licor.

Durante 11 años dichos residuos se depositaron en patios a cielo abierto, directamente sobre el suelo sin tener éste preparación alguna, lo que causó contaminación de suelos, aire y mantos freáticos.

En virtud de que actualmente se encuentran almacenados en dos celdas 13,000 toneladas de residuos de alúmina y más de 300,000 toneladas de residuos de cromo, se están llevando a cabo acciones conjuntas con la Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidad Autónoma de Guanajuato, tendientes a dar tratamiento a dichos residuos para disminuir su peligrosidad y lograr su aprovechamiento a través de su reciclamiento y reuso.

En marzo de 1984, en la Colonia El Caracol, del municipio de Tlalnepantla, Estado de México se produjo la mezcla de materiales filtrantes con contenido de grasas que al ser dispuestos inadecuadamente dieron lugar a un fenómeno exotérmico, generando calor que afectó a la población circunvecina.

Las acciones de remediación se concretaron a tapar con tierra los residuos peligrosos. Por otro lado, el origen de los residuos no ha sido aclarado, aunque se señalan a diversas empresas aceiteras como las responsables de su disposición.

Políticas y Propósitos.

De acuerdo al programa 1995-2000 para el manejo integral de los residuos peligrosos se han propuesto las siguientes políticas:

- Hacer responsable de la restauración de los sitios, a quien haya generado el daño.

- Minimizar el envío de suelos contaminados, a los confinamientos.
- Jerarquizar la atención de sitios contaminados, con base en parámetros de vulnerabilidad ambiental y de afectación al ser humano.
- Recuperación de los sitios con base en un plan de restauración.

Propósitos

- Eliminar ciertos daños específicos a plantas, animales y seres humanos (especialmente aquellos sujetos a programas de protección).
- Prevenir permanentemente que los riesgos y peligros potenciales se manifiesten en algún momento.
- Propiciar que los sitios afectados sean utilizables, de acuerdo al uso que resulte ser más viable.

Estrategias

- Fortalecimiento del marco regulatorio
- Formulación e instrumentación de Normas Oficiales Mexicanas y de Procedimientos de Cumplimiento Voluntario
- Desarrollar Sistemas de Información Geográfica.
- Certificación de Tecnologías
- Desarrollar Inventarios de Sitios Contaminados por Región, por Actividad Industrial responsable del daño, por tipo de contaminante y por vulnerabilidad del entorno.

Lineamientos para la Regulación en Materia de Restauración de Sitios Contaminados

Algunos de estos lineamientos se muestran en las siguientes figuras:

Figura 1. Lineamientos

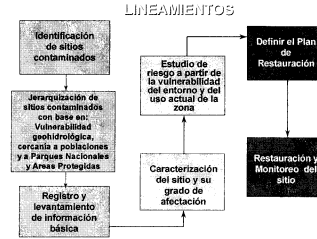
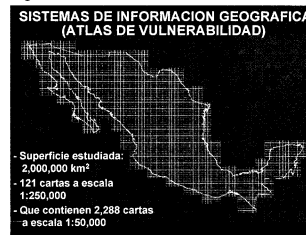


Figura 2.



Figura 3



Conclusiones

Durante décadas de desarrollo industrial se han acumulado pasivos muy importantes que se manifiestan en sitios y áreas en donde se han depositado residuos peligrosos sin ningún tipo de control. Estos sitios proliferan en el territorio nacional y, desafortunadamente no han recibido la atención que merecen de la sociedad y de la opinión pública. No puede omitirse aquí una consideración sobre cierta distorsión en las reacciones de la opinión pública, que se llega a manifestar con intensidad en contra de algunos proyectos de manejo controlado de residuos peligrosos, y que paradójicamente, tal vez por falta de información, permanece pasiva ante una disposición altamente riesgosa en sitios incluso muy cercanos a zonas habitacionales.

A pesar de la falta de información precisa sobre los sitios afectados, es posible integrar un balance o inventario preliminar al respecto, tomando en cuenta criterios de vulnerabilidad o riesgo por razones de exposición de la población, afectación a ecosistemas sensibles y daño probable a acuíferos importantes para zonas urbanas. Por lo que es de suma importancia que se puedan concretar los lineamientos y políticas de regulación para la restauración de sitios contaminados.

MESA REDONDA I

Desarrollo de Instrumentos Políticos y Legislativos en México

Presidente: Ing. Sergio Riva Palacio, Instituto Nacional de Ecología

Moderadora: Lic. Carla Elsberg, Pemex Refinería

Integrantes de la mesa: Los Ponentes del panel "Instrumentos Políticos y Legislación"

Objetivo

El objetivo de la mesa redonda es el intercambiar las experiencias de México con otros países en el campo de la restauración de sitios contaminados, concretamente en los aspectos relevantes a considerar en el establecimiento de políticas y de un marco normativo que regule todas las actividades concernientes a dicha área.

Introducción

La mayoría de los países industrializados presentan, principalmente en las áreas urbanas, graves problemas de contaminación del suelo, para lo cual cada uno de ellos cuenta con regulaciones aplicables que van desde procedimientos muy generales hasta los muy específicos y extremadamente complejos.

En el caso de México, actualmente no se cuenta con una normatividad que regule este aspecto, definiendo los valores de contaminación y procedimientos de medición y de análisis con mayor detalle, no obstante desde un principio la tendencia ha sido, como en otros países, de que "el que contamina paga". Sin embargo el marco jurídico de cada país aplica este principio de diferentes maneras, ya que cada uno de ellos presentan diferentes características y recursos. Solamente en los países donde el gobierno cuenta con suficientes recursos financieros, el estado está dispuesto a prefinanciar los proyectos de restauración, recuperando

posteriormente el costo por parte de los responsables.

La inclinación que presentan los países que aún no establecen marcos muy desarrollados es la de adoptar y/o adaptar los marcos de los países más industrializados, especialmente el esquema del "Superfund" de los Estados Unidos. Sin embargo este tipo de sistemas muy complejos enfocados a lograr niveles de limpieza muy estrictos y desligados de los usos del suelo y su desarrollo, se consideran actualmente desfavorecidos precisamente por su complejidad y en algunos casos, por su carencia de realismo.

Por lo tanto, para el establecimiento y desarrollo de los mecanismos jurídicos sería importante encaminar las políticas hacia un enfoque más apegado al costo-eficiencia y al desarrollo de las zonas para su reutilización inmediata de una manera realista, asegurando que el responsable de la contaminación del sitio se encargue de la restauración de éste al menor costo tanto económico como social y a su vez en el menor tiempo posible; es decir que la restauración del sitio esté dirigida a atender las necesidades de protección a la salud humana, al ambiente y al desarrollo urbano y económico del mismo.

Discusión de la mesa redonda

Se plantean algunos puntos que giran alrededor de las experiencias y estrategias en los diferentes países para desarrollar su política o su marco normativo, en particular

se presentaron las siguientes preguntas y respuestas:

¿Cómo se ha establecido el marco legal en Brasil que ha permitido llegar a la definición del manejo de los sitios contaminados?

Para el establecimiento de una política de restauración de sitios contaminados y del marco legal, es de suma importancia que las autoridades reconozcan la necesidad de establecer estrategias y acciones. En Brasil todavía la mayoría de las autoridades no consideran la problemática de sitios contaminados como tal, por este motivo es muy difícil aprobar nuevas leyes y crear fondos para la rehabilitación de esos sitios.

Inicialmente las actividades de control de contaminación se desarrollaron dentro del marco normativo general de la Ley Ambiental de 1976, que incluye aspectos de protección de contaminación del suelo, agua y aire. Actualmente fue presentado un proyecto de norma considerando la restauración de los sitios contaminados a la asamblea para su evaluación y posterior aprobación.

Inherente a la instrumentación de un marco regulatorio debe existir el equipo encargado de aplicarlo, es decir, recursos humanos capacitados y especializados en el área. No obstante, en la Agencia de Control de la Contaminación Ambiental CETESB de Sao Paulo, Brasil, existen tan sólo 30 personas trabajando exclusivamente para controlar los casos de sitios contaminados, que se elevan actualmente a 4,500 sitios potencialmente contaminados.

Además es necesario considerar para el establecimiento de la evaluación del riesgo, que cada país establezca criterios de susceptibilidad específicos para la población afectada y que no solamente

utilice datos establecidos en otros países y para otras circunstancias.

Partiendo de las experiencias que tenía la EPA con la gestión del superfondo, ¿Cuáles serían los elementos de estrategia a seguir en México?

El superfondo del CERCLA ha recabado fondos no solamente para la atención de sitios contaminados sino en el marco del desarrollo del programa integral de manejo de residuos peligrosos; ha proporcionado incentivos económicos que fomentan la minimización, reuso y reciclaje y el desarrollo de tecnología adecuada para el tratamiento y la disposición final de los residuos. De esta forma ha contribuido al manejo adecuado de residuos peligrosos, evitando el deterioro del medio ambiente y de la salud humana.

Sin embargo no es conveniente adoptar un sistema como el superfondo sin previa adaptación a las necesidades y recursos disponibles de cada país. La iniciativa de Brownsfield que la EPA puso en marcha en el año 1995, muestra la nueva estrategia de la atención de sitios contaminados. El objetivo de esta iniciativa es reducir los riesgos y promover el re-desarrollo económico y reuso del sitio.

Una estrategia que coadyuva a agilizar el proceso de restauración, identificar los casos más urgentes y ahorrar los recursos financieros disponibles, es el desarrollo de una metodología eficiente de identificación y de diagnóstico. La metodología podría orientarse en los esquemas de evaluación que recomienda la EPA, sin que se lleven a cabo en forma tan exhaustiva.

Para la determinación del nivel de limpieza de los sitios se debería tomar en cuenta que los niveles exigidos no sean más altos

que los que el caso requiere. Esto quiere decir que la limpieza debe impedir el riesgo en función de las particularidades del sitio contaminado, de manera que sean económica y ambientalmente adecuadas.

La tendencia en México debería ser, conociendo bien lo que ha pasado en otros países, establecer políticas que sean más prácticas, que permitan emplear de forma óptima los escasos recursos con que se cuenta. Puede llevar mucho tiempo para que administrativamente queden establecidos los recursos que institucionalmente se requieren para los programas de restauración en México. Por este motivo se ha tratado de instrumentar una política que oriente los recursos disponibles hacia los sitios que requieran mayor atención. Asimismo se debe procurar que la restauración se lleve a cabo al menor costo posible. El punto de partida para lograr este objetivo es aplicar una metodología de caracterización adecuada del sitio, para que en la medida en que se obtenga información precisa del caso, se seleccione la estrategia de restauración más factible a aplicar, la del menor costo y la que garantice que el sitio ya no presenta ningún riesgo.

¿Cuál es la política en Alemania para la atención de sitios contaminados?

La República Federal de Alemania fomenta actualmente la política de priorizar la restauración de los sitios que realmente presenten un riesgo a la salud humana y al medio ambiente a fin de eficientizar el uso de los recursos financieros disponibles. El plan de restauración se debe establecer en función del uso del suelo para el futuro. Asimismo la nueva estrategia de restauración contempla que el suelo contaminado se redeposite bajo condiciones de seguridad como es la impermeabilización de la base y la

superficie en una zona del mismo sitio que no sea reusable. Generalmente se instala una zona de áreas verdes como mitigación entre la zona afectada y la comunidad.

Como otra prioridad se emplea la política del "reciclaje de sitios contaminados" que establece la realización de la restauración en los sitios que presentan alguna ventaja económica o en aquellos sitios que tengan un valor en el mercado. Esto permite que terrenos baldíos contaminados se integren nuevamente al desarrollo urbano, así como recuperar los costos de financiamiento de la restauración.

¿Cómo funcionan (se gestionan) en Japón los esquemas de financiamiento para las empresas privadas que se dedican a las actividades de restauración de suelos contaminados?

En Japón existen sistemas de financiamiento para aquellas empresas causantes de la contaminación del suelo cuyos ingresos son bajos. Sin embargo no existen mecanismos que ayuden directamente a las empresas especializadas de la restauración del suelo, por lo que es la empresa causante de la contaminación la que debe solicitar el apoyo y financiamiento de las autoridades. Aún no está establecido un marco jurídico para la restauración pero se aplican normas voluntarias que establecen los criterios y medidas para determinar el grado de contaminación. Sin embargo ha surgido ya la necesidad de establecer prontamente una regulación de protección, así como crear los instrumentos que puedan facilitar la solución del problema. Entre todos los puntos importantes para financiar los costos, se considera el diseño de algún esquema o mecanismo de financiamiento y la creación de fondos nuevos. Como una de estas estrategias el desarrollo de

LINEAMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN Y SANEAMIENTO DE SITIOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS EN MÉXICO

*Rosario Iturbe e Inés Navarro
Instituto de Ingeniería, UNAM. Coordinación de Ingeniería Ambiental.
Grupo de Investigación sobre Saneamiento y Riesgo en Sitios Contaminados*

Introducción

En México existe poca experiencia en el diagnóstico y saneamiento de sitios contaminados; tampoco existe una normatividad que indique los criterios para definir los niveles de limpieza.

Para definir el tipo de muestreo y las técnicas de restauración adecuadas al problema, se requiere el conocimiento previo del sitio y la forma de transporte del contaminante, de acuerdo con las características hidrogeológicas; esto en ocasiones no se lleva a cabo sino que directamente se aplican técnicas de otros países, sin analizar con detalle la posibilidad de éxito, dadas las características del sitio. Esto ha producido una práctica ineficiente de limpieza de sitios contaminados y en ocasiones equivocada, pues al término de la aplicación de una técnica de restauración, el sitio permanece con altos niveles de contaminación.

En la bibliografía internacional se encuentra una gran cantidad de referencias y manuales que compilan diferentes metodologías y protocolos tanto para el diagnóstico de sitios contaminados como para la selección de técnicas de saneamiento; por múltiples razones dichos lineamientos deben, en el mejor de los casos, adecuarse a la realidad mexicana y algunos de ellos, en ocasiones, no son aplicables.

En este trabajo se presentan los lineamientos para el diagnóstico de sitios contaminados por hidrocarburos, así como para seleccionar las técnicas de saneamiento, técnica y económicamente, adecuadas a México. Esto es resultado de experiencias en el diagnóstico de sitios presuntamente contaminados en instalaciones de PEMEX, como refinerías y terminales de almacenamiento.

La metodología a seguir debe considerar las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hidrocarburos están causando el problema?
2. ¿Cuál es la causa de la contaminación?
3. ¿Qué parámetros se van a determinar in situ?
4. ¿Qué tipo de muestreo se va a realizar (equipo y tipo de muestra)?
5. ¿Qué técnicas analíticas se van a emplear?
6. ¿Qué factores se van a considerar para aplicar el análisis de riesgo a la salud?
7. ¿Qué criterios se deben considerar para seleccionar las técnicas de saneamiento?

Fuentes de contaminación

La identificación de las fuentes que causaron la contaminación del suelo en instalaciones como refinerías o terminales de almacenamiento conduce directamente, a partir de la experiencia en campo, a ubicar dónde se encuentran las líneas de tuberías subterráneas como oleoductos y poliductos, los drenajes aceitosos y los drenajes de

aguas negras, así como los respectivos registros y cárcamos; ubicación de tanques de almacenamiento, localización de incineradores de desfogues y desechos e identificación de todos aquellos sitios que en algún momento hayan sido empleados como depósitos de desechos.

Habrà que tener conocimiento, en todos los casos, del historial de accidentes que hayan ocurrido dentro de las instalaciones. Dado que las principales causas de la contaminación del subsuelo o del riesgo de contaminar el agua subterránea, si tal es el caso, obedecen a fugas y derrames subterráneos en tuberías y tanques de almacenamiento, prolongados y difícilmente detectables; a la posibilidad de que los productos petrolíferos se desplacen siguiendo el curso de instalaciones subterráneas, los cuales en ocasiones, llegan a infiltrarse a través de fisuras, al interior de los drenajes de aguas negras; a la movilidad de contaminantes asociados a desechos enterrados o almacenados superficialmente (como pueden ser lodos plomizos o aceitosos, cenizas, catalizadores gastados o PCB's).

Para cualquier tipo de sitio contaminado es necesaria una gran suspicacia para obtener la mayor información posible.

Parámetros a considerar

Para determinar los parámetros que deben medirse en el sitio contaminado se requieren dos antecedentes:

- Identificación del tipo de hidrocarburos que están produciendo el problema
- Caracterización del subsuelo e hidrogeología del sitio

El conjunto de estas características permite definir el riesgo de un sitio contaminado y

estimar la movilidad que los compuestos tendrán en el subsuelo.

En general los hidrocarburos pueden adsorberse en las partículas del suelo, disolverse en los cuerpos de agua, pasar como lixiviados del suelo al agua, volatilizarse desde el suelo o el agua hacia la atmósfera o bien ser tomados del suelo, por la vegetación. Esto depende de los procesos de transporte, los cuales están determinados por las propiedades físicas y químicas de los compuestos y por las características del sitio.

Parámetros para caracterizar suelos e hidrogeología

Con respecto a las características del subsuelo se requieren los siguientes parámetros:

- estratigrafía del sitio
- permeabilidad y porosidad
- profundidad del nivel estático
- tipo y profundidad del acuífero subyacente

Dependiendo del tipo de suelo que se tenga se escogerá el tipo de sondeo y muestreo pues en rocas muy duras el muestreo puede resultar muy costoso y poco eficiente para la obtención de muestras contaminadas. En estos casos es más práctico obtener muestras de agua únicamente.

Las propiedades físicas y químicas que determinan el transporte y distribución de los compuestos son:

- solubilidad en agua
- presión de vapor
- constante de la ley de Henry
- coeficiente de partición octanol/agua (K_{ow})

La solubilidad del compuesto es un parámetro que define su movilidad en el suelo.

La presión de vapor y la constante de la ley de Henry son los parámetros que determinan la susceptibilidad de los compuestos a la volatilización. La presión de vapor es importante para estimar la rapidez de vaporización de los compuestos en los suelos contaminados. La constante de la ley de Henry combina la presión de vapor, la solubilidad del compuesto y el peso molecular para estimar la habilidad de un compuesto a volatilizarse del medio acuoso o de un suelo semisaturado.

El coeficiente de partición octanol-agua permite calcular la capacidad de adsorción del contaminante en el suelo, en conjunto con la fracción de carbono orgánico del suelo.

En suelos arenosos y en general de alta permeabilidad, los procesos de transporte que predominan son advección y dispersión hidrodinámica. En los suelos de muy baja permeabilidad la velocidad de advección es muy baja y predomina la difusión.

En todos los casos es importante conocer la influencia del proceso de sorción ya que si es de alta influencia, el factor de retardo será grande, lo que implica una muy baja velocidad de migración de los contaminantes, aun cuando la velocidad de migración del agua sea alta.

Parámetros para evaluar la magnitud y extensión de la contaminación

Los parámetros indicadores de la contaminación del suelo y/o del agua subterránea por hidrocarburos, son: TPH's, VOC's, BTEX, PAH's, compuestos orgánicos por barrido de masas y orgánicos semivolátiles;

además de los siguientes metales: cromo, níquel, plomo, vanadio y zinc.

Dependiendo de la naturaleza del problema que se evalúe se seleccionan los parámetros adecuados. Por ejemplo cuando el problema claramente se identifica con un derrame de gasolinas se evalúan típicamente BTEX y plomo; pueden incluirse, además, compuestos tales como: MTBE, alcanos como 3-Metilpentano o n-Heptano o 2,2,4-Trimetilpentano, aromáticos como 1,2,4-Trimetilbenceno, y Naftaleno para una determinación a detalle de la contaminación. El parámetro de PAH's es el indicador apropiado cuando el problema es de diesel en el subsuelo.

Con frecuencia ocurre que sólo se consideran las mediciones en campo de las concentraciones de TPH's y VOC's en suelos contaminados por hidrocarburos.

Esos parámetros serán adecuados cuando la meta sea identificar dónde hay contaminación; sin embargo, son datos insuficientes para caracterizarla, principalmente cuando se trata de la presencia no reciente de combustibles en suelos o en agua subterránea.

La determinación de compuestos orgánicos por barrido de masas es una prueba analítica que permite identificar, además de los 60 orgánicos volátiles que serían reportados en un análisis de VOC's, todos aquellos compuestos típicamente reportados analíticamente como hidrocarburos, es decir, se detectan las concentraciones de alcanos lineales y ramificados (grupos metilo, dimetilo y trimetilo), de hidrocarburos cíclicos, algunos hidrocarburos aromáticos derivados del benceno, además de algunos alcoholes. Este análisis es recomendable realizarlo cuando se presupone la presencia de mezclas de combustibles y/o cuando

se trata de contaminación del suelo no reciente.

Otros parámetros que se consideran en estudios de sitios contaminados en las instalaciones de una refinería son: PCB's, por la posibilidad de derrames de askareles de los transformadores; así como también aquellos compuestos generalmente asociados a los desechos de ácidos empleados como catalizadores en algunos procesos en las plantas de refinación, como el ácido fluorhídrico. La importancia de la detección de estos compuestos radica en que son indicadores de la desorción de los hidrocarburos más pesados del suelo contaminado.

En cuanto a la medición de metales en suelo, es necesario, además de su detección, contar con la medición del pH del suelo y del potencial de oxidación-reducción, para evaluar la posibilidad de lixiviación y ponderar el transporte hacia el agua subterránea.

Un parámetro importante en sitios contaminados por hidrocarburos es el referente al riesgo por explosividad, aún cuando no se trate de derrames en estaciones de servicio; para lograr confiabilidad en las detecciones aun se requieren avances importantes en el país respecto a "normar" los procedimientos de calibración, lecturas e instrumentos que conduzcan a reducir las incertidumbres en dichas mediciones. Puesto que con base en ellas se toman decisiones inmediatas: evacuaciones, limpieza para eliminar el riesgo de explosión y posteriores medidas de saneamiento para alcanzar niveles aceptables que protegen el ambiente y la salud humana.

Parámetros para definir los niveles de limpieza

Los principales criterios para seleccionar los parámetros a partir de los cuales se definen las metas de limpieza, corresponden a los contaminantes más tóxicos y más persistentes que presentan mayor movilidad y se detectan con mayor frecuencia, por lo que representan un riesgo para la población expuesta.

Por ello, en las evaluaciones se requieren las mediciones de las concentraciones de BTEX y de algunos compuestos poliaromáticos. Con frecuencia hemos encontrado que se evalúa solamente la concentración de TPH's en muestras de suelo contaminados con diesel o con gasolina; este parámetro indica que hay contaminación por esos combustibles, sin embargo, no es apropiado si uno de los objetivos del estudio es determinar la magnitud del riesgo a la salud de la población potencialmente expuesta a la contaminación o si se quiere conocer el nivel de limpieza que se planteará como meta en el saneamiento. Dado que, asociado al diesel están identificados los compuestos poliaromáticos, varios de ellos altamente tóxicos y, en el caso de la gasolina, está presente el riesgo a la exposición de los componentes aromáticos (benceno) y al plomo. Del mismo modo, las mediciones de las concentraciones de VOC's en muestras de vapores no son útiles para este propósito, y ésta es una práctica común en muchos sitios contaminados.

Cuando se tiene la situación de que el acuífero se localiza a poca profundidad y es una fuente de abastecimiento, entonces es necesario medir las concentraciones de los contaminantes en muestras de suelo y de agua dado que el nivel de limpieza o de protección será la concentración en suelo que garantice que en el acuífero se cum-

plen los criterios para cuerpos de abastecimiento. Otros criterios que influyen en la selección de los parámetros son el tipo de suelo, la profundidad a la cual se encuentra la pluma contaminante y las condiciones físico-químicas que favorezcan la desorción de los compuestos del suelo, principalmente cuando se trata de la presencia de ciertos metales y otros compuestos orgánicos poco solubles, los cuales en otras condiciones se consideran de baja movilidad; puesto que esos factores influyen en las vías de transporte de los contaminantes y proporcionan elementos para esperar su presencia, a largo plazo, en lugares donde en el momento del estudio no se detectan. Por lo cual en estos casos es de gran apoyo el análisis del barrido de masas de compuestos orgánicos en muestras de suelo y agua.

Estrategia del muestreo

El muestreo es el aspecto más importante en el trabajo de diagnóstico de un sitio contaminado, ya que con éste se identifica el nivel de contaminación y la extensión dañada. Para llevar a cabo el diseño del muestreo se deben plantear las siguientes preguntas:

Tipo de muestreo: agua, suelo, vapores
Ubicación de los puntos de muestreo
Número de puntos de muestreo

Tipo de muestra

El tipo de muestra que se debe obtener depende del tipo y permeabilidad del suelo así como de la naturaleza y extensión de la contaminación.

El muestreo de vapores in situ se utiliza con frecuencia y se emplea un detector específico. Para su aplicación se requiere de

sondeos, de preferencia a diferentes profundidades, en los cuales se introduce la sonda y se toma la lectura.

Este tipo de muestreo es conveniente para tener una idea general de la magnitud de la contaminación; sin embargo resulta limitante debido a lo siguiente:

- Con los datos de muestras en vapores no es posible aplicar el análisis de riesgo a la salud, ya que la metodología de ésta considera concentraciones en suelo o en agua.
- Los compuestos volátiles totales pueden no dar una idea precisa de los hidrocarburos presentes en la zona contaminada

El muestreo de agua es importante cuando el nivel estático se encuentra a poca profundidad. En este tipo de muestreos se instalan piezómetros o pozos a una profundidad por debajo del nivel estático a fin de obtener las muestras, las cuales deberán extraerse con las precauciones necesarias de acuerdo con los parámetros a analizar.

El muestreo de agua también es conveniente en sitios en los que el terreno es muy duro y es difícil obtener núcleos de suelo para analizar.

El muestreo de suelo es adecuado en la zona no saturada, que es la que primero se contamina, pero también se emplea para obtener muestras de la zona saturada.

El muestreo de suelos se realiza en general mediante la perforación del subsuelo, a la profundidad requerida, con un método que no contamine o agregue alguna sustancia a la muestra. Los métodos de perforación en

general son a través de rotación o hincado por golpeo.

En las experiencias realizadas por el Instituto de Ingeniería, UNAM, la técnica se ha mejorado de manera que en la actualidad el método de extracción de muestras permite que éstas no tengan pérdidas por volatilización y por otro lado, son de menor tamaño y volumen, lo que facilita su transporte y almacenamiento mientras se analizan.

Ubicación de los puntos de muestreo

Uno de los factores más importantes en el diseño del muestreo es la ubicación de los puntos para muestrear, ya sean vapores, agua o suelo. Los factores a considerar son los siguientes:

- seleccionar los puntos a partir del sitio de generación de la contaminación; si éste se desconoce, o si son muy variados; se consideran secciones y en cada una se inicia a partir del punto donde se presuponga el sitio más contaminado.
- la selección debe realizarse con base en la dirección del flujo de agua subterránea;
- si el nivel estático está a gran profundidad, debe considerarse la pendiente del terreno cuando se trate de derrame superficiales ya que la contaminación escurrirá por el terreno y posteriormente se infiltrará verticalmente por la zona no saturada.
- debe considerarse la instalación de al menos un punto de muestreo gradiente hidráulico arriba de la zona más contaminada o de la fuente de contaminación, a fin de que sirva como

punto testigo para comparar con la zona contaminada.

- en ciertos casos se emplea una retícula y los puntos de muestreo se ubican equidistantes. Esto sin embargo, puede resultar de costo muy elevado.

Número de puntos de muestreo

El número de puntos de muestreo debe ser suficiente para lograr establecer la extensión de la contaminación, así como las zonas principales de migración horizontal; sin embargo, el costo se eleva considerablemente a mayor número de puntos de muestreo y análisis, por lo que estos deben ser los mínimos necesarios.

Costos de las campañas de muestreo y análisis

Una de las principales observaciones críticas a los estudios de saneamiento es el elevado costo de los proyectos, debido a que es necesario disponer del mayor número de datos medidos. Esto se traduce en realizar campañas de monitoreo con el máximo número de puntos y de muestras que permitan hacer un diagnóstico confiable. Por ello el interés de presentar algunos ejemplos, a partir de la experiencia adquirida en México con infraestructura y recursos nacionales, que dan idea de las inversiones que se están realizando en el país.

Analizar TPH's a una muestra de suelo a 4 m de profundidad representa un costo total, considerando IVA e indirectos, de \$ 4,600.00 (575 Dls.). Si la muestra del suelo correspondiera a un sitio contaminado por mezclas de hidrocarburos y se analizaran, además, poliaromáticos y orgánicos volátiles por barrido de masas, el costo total se incrementa en un 90 %. Si fuera necesario muestrear a mayor profundidad, supóngase

tomar 2 muestras más de suelo en los siguientes 4 m, entonces el costo se eleva en un 50% para TPH's y en más de 400 % si se analizan los otros parámetros.

La proporción de los costos asociados solamente a los sondeos varía del 90 % al 50 % en relación con el mayor número de parámetros que se analizan en las muestras.

Es decir, determinar TPH's, relativamente independiente de la profundidad hasta la que se toman las muestras, resulta más económico que muestrear a menor profundidad y analizar más parámetros en las muestras de suelo. Ello en parte explica por qué es tan recurrente encontrar en los estudios sólo determinaciones de TPH's, aunque ya se explicaron las deficiencias que ello conlleva en la confiabilidad del diagnóstico.

Definición de niveles de limpieza

En la normatividad mexicana no se mencionan criterios para la evaluación de suelos contaminados. Los únicos parámetros que existen publicados se refieren a la caracterización de residuos peligrosos y en este caso no son aplicables dado que los suelos contaminados no se pueden clasificar como residuos.

La evaluación del riesgo a la salud es la mejor herramienta disponible para analizar los efectos posibles a la salud de la población expuesta a las sustancias contaminantes en un sitio dado. Sin embargo, para la aplicación sistemática de esta metodología a la realidad mexicana es necesario realizar varias adecuaciones que a continuación se señalan, producto de la experiencia acumulada en su manejo y uso en varios sitios contaminados.

Las principales reservas a esta metodología para establecer el riesgo y niveles de limpieza, están relacionadas a que represente razonablemente los efectos en la salud de la población mexicana y a establecer cómo incorporar con certidumbre los efectos a largo plazo. Por ello, la conveniencia de revisar tanto las deficiencias nutricionales como el estado de salud de la población para establecer cómo expresarlos, si ello es factible, en la estimación de los valores toxicológicos reportados en la literatura internacional; adicionalmente, será idóneo contar con valores estandarizados, para todos los estudios que se realicen en México, para variables como la esperanza de vida del mexicano, peso corporal para niños y adultos, dosis de ingestión diaria y de absorción y fracción ingerida, que permitan homogeneizar resultados y que a la vez faciliten la comunicación pública del riesgo.

Para la aproximación a una evaluación de los efectos a largo plazo es necesario incorporar criterios para estimar la movilidad de los contaminantes de interés, principalmente en suelos donde se espera que domine el transporte horizontal. De manera que los niveles de limpieza reflejen tanto la posibilidad de inmovilidad de contaminantes y/o la migración a largo plazo.

Hasta la fecha ha sido común consultar los niveles de limpieza recomendados en referencias internacionales. Sin embargo, es necesario establecer criterios bajo los cuales dichos datos sean considerados como guías, y no necesariamente metas, para el saneamiento en sitios contaminados. Cabe recordar que el tipo de geología en México, no es el común denominador con la de los países que desarrollan las tecnologías de restauración; con frecuencia los acuíferos se encuentran a pocos metros de profundidad en esos lugares. Por otra parte, existen

diferencias en salud y sanidad pública, entre otras desigualdades a considerar.

Técnicas de posible aplicación para la restauración

Las tecnologías más utilizadas para la rehabilitación de suelos y/o acuíferos contaminados se pueden llevar a cabo tanto en el mismo sitio del problema como fuera de él, por lo que algunos autores presentan dos categorías: tratamiento *in situ* y tratamiento fuera del sitio. En la actualidad existe una gran cantidad de técnicas y por lo general, se aplican varias combinaciones de ellas, según la problemática.

Algunas de las tecnologías más utilizadas, para el saneamiento de sitios contaminados por hidrocarburos de acuerdo con la literatura, son las siguientes:

- Venteo y extracción de vapor,
- Flujo y lavado del suelo con soluciones surfactantes
- Contención o aislamiento
- Microencapsulamiento
- Solidificación y estabilización
- Extracción del agua subterránea y tratamiento (bombeo y tratamiento)
- Biodegradación en el suelo y/o en el agua subterránea (biorremediación)
- Utilización de metales de valencia cero
- Liberación de oxígeno

La decisión de seleccionar la tecnología más adecuada para rehabilitar un suelo o un acuífero contaminado con hidrocarburos requiere del conocimiento previo de las características hidrogeológicas del sitio, así como del nivel de contaminación y de los niveles de concentración que se deben satisfacer de acuerdo con la normatividad y con los resultados del análisis de riesgo a la salud.

La mayor parte de las técnicas, que la bibliografía considera exitosas por sus resultados, aplican sólo en suelos de permeabilidad alta y media, pero no son adecuadas para suelos arcillosos o limo arcillosos. Aquí existe un vacío que debe considerarse, ya que en grandes zonas del país los suelos son de permeabilidades muy bajas. Con frecuencia se importan técnicas que no toman en cuenta lo anterior y que si bien pueden resultar muy eficientes para las condiciones del subsuelo y clima del país en el que se desarrollan las técnicas, ello no implica su efectividad en otras condiciones.

Por otra parte, la bibliografía también señala que hay sitios en los que se ha monitoreado el suelo rehabilitado; por ejemplo, mediante venteo y extracción de vapor, y después de un tiempo las concentraciones se incrementan, debido a que la propia técnica en cierto tipo de suelos, forma conductos insuficientes para desplazar el aire concentrado y éste únicamente se mueve pero después de un tiempo regresa al sitio donde inicialmente se aplicó el venteo. Este es un ejemplo en el que no basta la aplicación del método sino que deben realizarse pruebas piloto a escala.

La microencapsulación es una técnica que ha dado resultados en muchos sitios; sin embargo, se sabe que en Tabasco se ha aplicado sin éxito, ya que los monitoreos posteriores a su aplicación, indican en algunos casos, que las concentraciones de TPHs prácticamente no han disminuido con respecto a las mediciones iniciales. Este caso también indica la necesidad de llevar a cabo pruebas piloto *in situ*, en las condiciones reales de aplicación, previas a la decisión.

Existen métodos de alta sofisticación o bien, que requieren de equipos complicados, que dificultan su aplicación cotidiana por

trabajadores y técnicos no especializados en esos equipos; ese tipo de técnicas no son convenientes para el país.

La técnica más recomendable en cada caso será la que cumple con las condiciones señaladas en la bibliografía, de acuerdo con las características del subsuelo y por otra parte, que pruebe dar resultados satisfactorios, en un estudio piloto en el sitio contaminado.

**METHODICAL APPROACHES TO DEAL WITH CONTAMINATED SITES
IN NORTHRHINE-WESTFALIA (GERMANY)**
with special reference to coke-making and petrochemical factories.

*Dr. Clemens Fried
DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH
Geschäftsbereich DMT-GUC*

In dealing with contaminated sites a certain sequence of procedural steps has been found suitable to get most information with a minimum of personal and financial expense. Heavily contaminated sites in Northrhine-Westfalia are former coke-plants and their attached petrochemical factories. In the lecture reference has been taken to several case studies where such plants successfully have been dealt with. The sequence of procedural steps is as follows:

1. Registration and historical research of the site

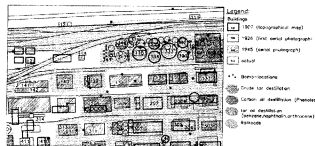
Coke factories are very old in Germany (some 50 or 80 years). Especially during war the filling and shipping sites were bombed and nowadays are known to be highly contaminated in soil and water. In inventories, that are held by different organisations e. g. community or governmental authorities but also by mining companies, the history of the site together with the different substances produced or dealt with are listed.

Example historical research (multitemporal evaluation) (Figure 1).



As a case example the historical research of a tar working plant is shown, that existed since 1905. A multitemporal evaluation of aerial photographs shows for the years 1920-1950 that pre-existing brickworks partially removed a loamy covering of the site before buildings or other facilities were installed.

Example historical research (company's archives) (Figure 2).



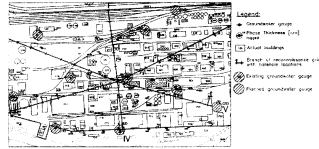
The tar distilling and reworking plant was in most parts built on well permeable gravel layers that have direct contact to the ground water. Furtheron the company's archives show, that the three main activities

- crude tar working and storage
- carbon oil distillation and
- tar oil distillation

took place nearly over the whole extension of the site. Many railway tracks on the site indicate, that the materials dealt with were extensively transported within the site and bomb-locations that are known from the years '38 till '45 show that the produced oils

or tars could well have been spilled over the whole site.

Example reconnaissance grid (Figure 3).



As a consequence of this historical research the only possible array of reconnaissance drillholes is a star-pattern that originates in the centre of the plant and diverges to the plant borders. Any rectangular grid would result in a multitude of drillholes that are neither feasible nor financially.

On the other hand the parameter list of the chemical analyses in soil, water and air is for this case also determined by the historical research:

As distilling and refining of hard coal tars was done, the whole catalogue of mono- and polyaromatics together with eg. phenoles or anilines are present in the palette of products or by-products. This is why the chemical analysis must focus on a few parameters that are easily analyzable and whose toxic or cancerogeneous potential is known. These are the BTEX and the 16 selected PAH (priority pollutants of US- EPA). In interpreting the results one nevertheless has to bear in mind, that the analysed substances are only a selection of all substances present.

2. Risk assessment

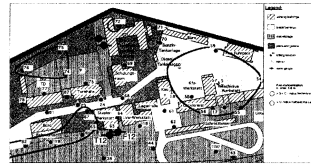
Risk assessment is the summarising expression for all research and conclusions that are necessary to decide about the risks that originate in the site. The risk

assessment is divided in three steps that are deduced from one another.

2.1. Risk assessment, first evaluation

In a first evaluation environmental hazards are reviewed from the results of historical research or from the contents of the different inventories and the eventual presence of environmentally sensitive recipients in the neighbourhood of the site investigated. As a result the drilling and analyzing strategy for the site is fixed. Case studies show, how reconnaissance networks of drillings are oriented following the results of historical research.

Example first evaluation (Figure 4).



The case-study for the development of a reconnaissance network of drillings in the first evaluation continuing in the informal phase shows a former coking plant, that was later transformed to a mining school.

In the first step drillings are located following the historic research with respect to the existing buildings. The coarse reconnaissance grid allows to delimit roughly the contamination zones where concentrations of PAH exceed the limits of the netherlands list. Relevant concentrations of heavy metals were also found in the analyses and interpreted in a similar way. In a few soil- air measuring points no contaminations of volatile components were found in this step. To complete the

investigation of contamination paths a few groundwater gauges were set in the two different groundwater levels.

2.2. Risk assessment, informal phase

In a second, informal phase of the risk assessment is investigated, what substances in which concentrations are present in the different environmental media, and whether it is possible, that these pollutants reach the previously described sensitive recipients. Especially in petrochemical or coking plants products resp. by-products are chemically extremely variable and alterations of the products take place over the time, so that in analyzing soil or water samples the parameter list must be restricted to only a few guide parameters.

Example informal phase, soil

For the planned reuse of the site the grid of soil sampling points was set closer meshed and oriented along lines crossing the future buildings.

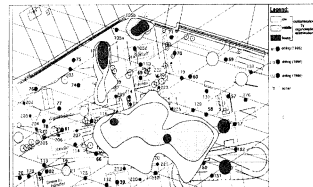


Figure 5. Example informal phase, soil.

Example informal phase, water (fig. 6)

In another case the reconnaissance resp. remediation of a water pollution plume in a coking plant drillholes were located also in respect to the historical research and the inclination of the water-plane. The analytic

results of one water gauge are shown as an example, that in groundwater reconnaissance or remediation multitemporal analyses are necessary to decide over the pollution degree.

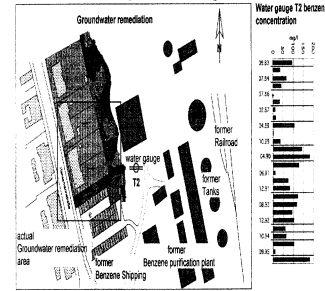


figure 6

In this case specially the pollution from benzene or toluene shipping and filling site was investigated over a couple of years. In comparing the results it becomes clear, that the amount of benzene varies widely and punctual analyses in the water are not clearly definitive as respect to the real concentration present in the analytic spot.

Example informal phase, selected parameters (fig. 7)

This leads to the principle of analyzing selected parameters from the vast catalogue of possible contaminants. For mining and coking plants in Northrhine Westfalia a standard catalogue of parameters is given. From the list given it is set clear, that analytically proven presence of contaminants in the location is not the most important part of risk assessment. More attention has to be paid to migration paths and spreading potential of the contaminants

Investigation parameters	electrical engines	steam engines	boilerplant for electrical energy	boilerplant for steam generation	storage and shipping of machines and problems	factories and workshops	sewage treatment	coal processing plants	railroads	rest
DOC	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Arsenic	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lead						x				x
Cadmium							x			x
Chromium							x			x
Copper							x			x
Mercury							x			x
Nickel							x			x
Zinc							x			x
PAH EPA							x	x	x	x
PCB	x	x			x	x	x			
TCBT	x	x			x	x	x			
BTX and Naphthalin						x				
EOX						x				

figure 7

2.3. Standard parameter lists in risk assessment

For heavy metals and organic substances on mining and coking plants in Northrhine Westfalia the above mentioned list of relevant parameters is given by the mining authorities. Background-concentrations of most of these parameters are known from researches done and financed by governmental authorities.

At the end of this informal phase it is established, whether or not the analyzed contaminations exceed the local limits in the different environmental media. The estimation of environmental hazards up to this step is done mostly by comparing of the analyzed values to different standard-lists of relevant concentrations (figure 8). Widely in use is the netherlands-list, but in younger times nearly every federal state has his own list. These differ sometimes quite

considerably from one another in the processes they propose for determining environmental damages and in the evaluation criteria they use. A standard list for whole FRG is in preparation.

STANDARD	As	Co	Cd	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
EUROPEAN	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
GERMANY	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
NETHERLANDS	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
FRANCE	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
USA	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
SWITZERLAND	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
AUSTRIA	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
ITALY	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
SPAIN	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
GREECE	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
PORTUGAL	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
IRELAND	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
NETHERLANDS	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
FRANCE	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
GERMANY	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
AUSTRIA	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
ITALY	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
SPAIN	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
GREECE	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
PORTUGAL	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100
IRELAND	10	10	1	10	100	100	100	10	10	100

figure 8

In coking or petrochemical factories the above mentioned differences in the standard lists are not so obvious as they are for instance in heavy metal pollutions. As many of the mostly organic substances dealt with in coke factories are cancerogeneous the tolerable concentrations of these substances in soil and water are extremely small. Most investigation at the site or in its neighbourhood has therefore to be done on mobilisation or spreading potential of the pollutants.

2.4. Risk assessment, detailed phase

Therefore in the third, detailed phase of risk assessment the investigations are on the one hand aimed to delimit the pollution centers in the soil or the pollution plumes in the water. On the other hand the most important aim of the detailed phase in risk assessment is the recognition of the different pollutants in respect to their potential mobilisation, availability and relevant migration paths.

Example risk assessment, detailed phase (fig. 9)

The case example for the recognition of risk in the detailed phase of risk assessment shows a geologic/ hydrogeologic section through the abandoned site of a benzene

and ammonia factory with attached tar towers. The plant was dismantled in 1945 and since then used as site of a steelwork (magazines). In several drillholes contamination of the soil was proved to consist mainly of PAH-bearing tars and near the surface also remainders of benzene concentrations.

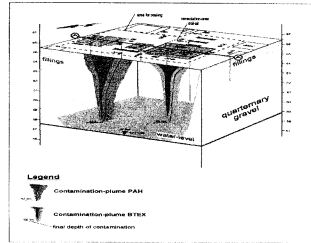


figure 9

It is evident, that the PAH- and BTEX- concentrations occur only in the unsaturated zone above the water-level. In the long time between pollution and risk assessment by the contact between tar oils and water, the contaminants have been washed out within the water saturated zone. In this case the remaining tars are fixed in their location and probably capsuled themselves by developing an insoluble crust of tars at the outer surface of the soil-contamination plume.

The only hazard in this case originates in the residual concentrations of benzen at the top of the BTEX- contamination- plume. These can be dealt with or secured by pumping of the soil-air.

3. Remediation procedures derived from risk assessment

With respect to mobilisation potential of organic pollutants directed to recipients in the neighbourhood it has to be mentioned, that most coke- or petrochemical sites in Northrhine- Westfalia are very old, as has been shown above. They have been used for decades. That means on the one hand they normally are heavily polluted by the long-term use and on the other hand if spreading was possible it took place for decades.

Example differentiated remediation, water (fig. 10)

In the case example the spreading potential of the contaminants on the water-path has to be evaluated. By a simple hydrogeologic mapping of the site it became clear, that the contaminated waters, that originate under the former shipping site of benzene, move northwards towards a former creek, that is nowadays drained in a sewerage system.

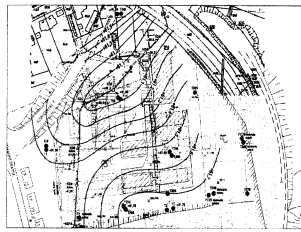


figure 10

This hydrological construction elucidates, that spreading of the contamination plume is not possible to the side north of the drain. Sensitive recipients are not present south of the drain except some dwellings in the neighbourhood of the site. Considerations of the depth of the water table in respect to the cellar-floor showed, that the contamination in the water passes just 10 or 20 cm below the floor.

Therefore decision was made to remediate this situation by the installation of a water treatment plant upstream of the dwellings.

4. Remediation procedures for public garden or park site

Whether or not remediation procedures have to be applied and especially which system has to be realized depends upon the planned reuse of the site. In the following case studies examples for different applied remediation technologies in accordance to the different planned future use are shown:

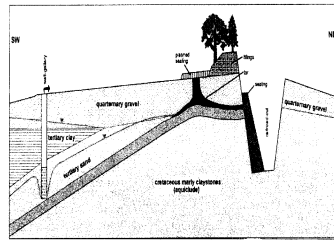


figure 11

Example public garden or park site (fig. 11)

In the example, a water pollution originates from a tar-pond in the environ of the coking plant where residual waters for long times

were dumped in well permeable beds in the underground. This caused a pollution not only by soluble contaminants, that spread in the direction of water-flow but also in forming a heavy phase at the base of the aquifer, that spread against the water-flow direction and occurred as a tar- and water-spring at the flank of a nearby railroad cut. Remediation of the site was done for soluble contaminants in the groundwater by installation of a well-gallery in the western part of the former plant to remove the soluble contaminants from the water stream.

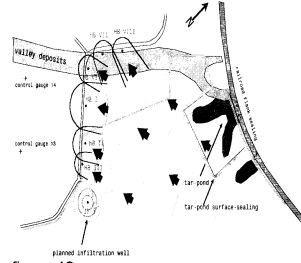


figure 12

At the flank of the railroad-cut a sealing was applied, that consists of a mixture of coal-washing sludges and mine-spoil (slate debris). This material proved to be apted as concerned the water permeability and geotechnical stability of the constructing material.

The whole remediation procedure of the site consists of the following elements (figure 12):

- overall surface cover of the site with mine dump material (slate debris)

- gallery of wells perpendicular to the direction of water flow, to cut off the contamination plume in the groundwater
- sealing of the surface at the flank of the railroad cut
- surface-sealing at the site of the tar-pond (fig. 13)

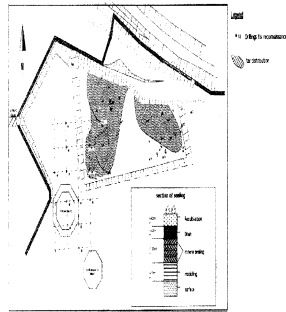


figure 13

This is an example of the simplest reuse as public garden or park site. In the special site mentioned a golf-course was established. Generally speaking the remediation applied contains the following elements: Direct contact with the soil and gas emissions are suppressed by a surface sealing (tar-pond) (figure 13) or surface covering (rest of the site). Water remediation in this case was necessary, as not only the benzene concentrations downstream the site reached several thousands of micrograms per litre, but also actual spreading of the pollutants is observed and there are sensitive recipients (residential areas) present downstream the contamination. Here, as in most other cases a pump and treat system for water remediation and treatment had to be installed.

5. Remediation procedures - filleting of the site

The re-use of the site as an industrial or commercial park requires more expensive methods of remediation. Most commercial park sites need wide, horizontally flat surfaces, and the possibilities to construct surface sealings in the form of hills or ridges as in the park sites are limited.

Contamination plumes in the soil have to be delimited and mapped. In most cases these contaminated soils are dug out and redeposited in one spot on the same site under secured conditions (base and surface sealing). So they are concentrated in one location, that is not reusable. In the rest of the site then there are lesser or even no restrictions. In this way those areas of the site with a high commercial value for future use are identified and cut out (so called filleting of the site).

Normally the dug out contaminated soils and their hazardous components are immobilised by deposition of the soils between a bottom and surface-sealing.

Example filleting of the site (fig. 14)

The example for the reuse of the site as a commercial park shows a former coal-mine with a tar destilling plant. The results of risk-assessment allowed to map contamination-zones that are spotted over the whole area. As far as possible it was tried to apply a surface covering, but level differences in the different part of the site required still extensive digging in contaminated soils.

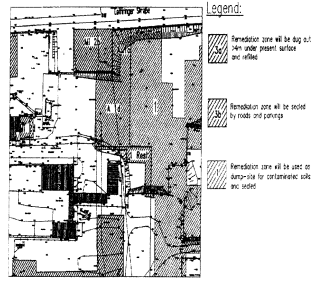


figure 14

The contaminants mainly were found as tar or pitch components in finely dispersed materials. Even if these materials are present in many soil samples, they were found not to be soluble in eluates and therefore the risk of water pollution from the detected organic contaminants in the soil was assessed as being relatively small.

However in one location of the former plant for a couple of years tar distilling was undertaken without success and the distilling plant was dismantled in the 1940's. Nowadays from these activities rests a severe water contamination, that is confined to a very limited area in the north of the site.

As it was necessary to choose a locality on the site to concentrate the soil contaminations on one spot, this severely contaminated area of the former distilling plant was selected as location for dumping the contaminated material. The rest of the site can be reused without or with little restrictions, that mainly originate from the risks from former buildings (foundations/cellars) on the area.

The dump site is sealed with a surface covering and reused as green resp. park site. The installations for the groundwater remediation by pump- and treat installations are located in this green area.

6. Remediation procedures - places of residence

The re-use of former industrial areas as places of residence resp. housing is possible only in marginal nearly uncontaminated areas that are dealt with during remediation for commercial or other sites. In these cases redeposition of even smaller or deeper situated contaminated spots in the soil is always necessary.

THE UNITED STATES BROWNFIELDS ECONOMIC REDEVELOPMENT INITIATIVE

*Donna M. Lacombe and Sergio A. Feld
Tetra Tech EM Inc.
U.S. Environmental Protection Agency, Region 9*

In 1995, the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) launched the Brownfields Initiative to empower States, communities, and other stakeholders in economic redevelopment to work together in a timely manner to prevent, assess, safely cleanup, and substantially reuse Brownfields. Brownfields are abandoned, idle, or under-used industrial and commercial facilities where expansion or redevelopment is complicated by real or perceived environmental contamination. The program goal is to cleanup Brownfields to reduce risk and promote their redevelopment and beneficial reuse.

The benefits of the Initiative will be realized in affected communities through a cleaner environment, new jobs, an enhanced tax base, and a sense of optimism about the future. The EPA firmly believes that environmental cleanup is a building block to economic development and that revitalizing contaminated property will bring life and economic viability back to the community. EPA hopes to use market mechanisms to facilitate cleanup and discourage first-time development and potential contamination of pristine areas. This paper focuses on the current Brownfields Initiative activities which include pilot projects, clarification of liability issues, partnerships and outreach, and job development and training.

The follow paragraphs are the main activities proposed in order to get the restoration and cleanup site:

Brownfields

- ❖ Estimated number of sites between 130,000 and 450, 000
- ❖ Estimated cost for cleanup may be as high as \$650 billion
- ❖ Estimated value of these properties exceeds \$500 billion

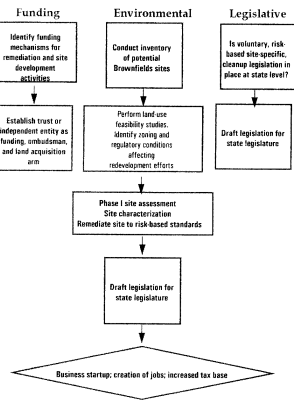
Federal Initiatives

- ❖ Redevelopment tax incentive - 7 years, \$2 billion
- ❖ Removal of 24,000 sites from the superfund inventory list
- ❖ Asset conservation act- protection for lenders from liability
- ❖ Several bills before congress to formalize program and heighten awareness

EPA's Brownfields Action Agenda

- ❖ Brownfields pilots
 - 50 pilot projects selected
 - Testing redevelopment models
 - Removing regulatory barriers
 - Facilitating public and private efforts
- ❖ Clarification of liability
 - Develop and issue guidance for purchasers, lenders, and property owners
 - Facilitate involvement in cleanup and redevelopment.

Figure 1.
Brownfields Process



EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA DETERMINAR EL GRADO DE CONTAMINACIÓN Y EL ÁREA AFECTADA

*M. en I. Miguel Ángel Irahíen Alcocer
Director de Apoyo Técnico a Inspecciones
Subprocuraduría de Verificación Industrial
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente*

Resumen

La presencia de hidrocarburos en el subsuelo de una empresa metal-mecánica, motivado probablemente por la infiltración de algún material o residuo proveniente de una fábrica de pinturas ubicada en el predio colindante a sus instalaciones, motivó el realizar los estudios necesarios para determinar las afectaciones y el responsable de la contaminación.

Por lo anterior, se le solicitó a la empresa fabricante de pinturas realizar la determinación de la pluma contaminante del residuo en la zona afectada dividiéndose dicho estudio en dos fases. La primera se abocó al muestreo y análisis químico del residuo en fase libre, suelo y agua subterránea, además del análisis de muestras de productos utilizados por la empresa de pinturas, con el objeto de comparar el perfil cromatográfico de las materias primas con el del residuo.

La segunda fase consistió en realizar un estudio integral que localizara la pluma de contaminación por hidrocarburos en el subsuelo, detectar las áreas con solvente en fase libre, analizar los riesgos potenciales de un siniestro, determinar la migración de los hidrocarburos y proponer una técnica de saneamiento del suelo.

Antecedentes

En marzo de 1996, una empresa metalmeccánica, ubicada en la Delegación Azcapotzalco, presentó denuncia en contra de una antigua empresa fabricante de pinturas que colinda con ella.

La denuncia señala que al llevar a cabo un estudio de mecánica de suelos en sus instalaciones, con el fin de cimentar una prensa hidráulica, se detectó la presencia de una mezcla de hidrocarburos inflamables, conteniendo tolueno y xileno entre otros, con un grado de explosividad de 20%.

En las instalaciones de la empresa denunciada, se observó que no existe proceso productivo alguno, existiendo únicamente tanques de almacenamiento de solventes, los cuales estaban completamente vacíos y rotulados con las leyendas de: xilol, aromina 100 y 150, cetonas, tolueno, butanol, gasolvente, cellosolve y gas nafta.

Estudios Previos

Inicialmente se tenía la sospecha de que el contaminante había sido generado por alguna fuga de unos ductos de Pemex en la calle norte del predio de la empresa metalmeccánica; sin embargo, de acuerdo a los registros de Pemex no existía ninguna alteración en la caída de presión de los

ductos, por lo que descartaba una fuga en los mismos.

Para determinar la probable contaminación del acuífero, se ubicaron las empresas que cuentan con pozos de abastecimiento de agua en la cercanía de la empresa metalmeccánica, reportándose en los análisis de éstos parámetros que se encuentran por debajo de los límites permisibles.

Por lo anterior, se le solicitó a la empresa de pinturas que realizara estudios indirectos (acústico, geoelectrico o similar) en su predio, así como fuera de su perímetro, para determinar la superficie y espesor de la pluma contaminante, la dirección de la corriente subterránea, la profundidad del manto freático, el tipo y espesor de cada una de las capas del suelo, así como sus propiedades físicas, realizando las perforaciones para determinar los aspectos antes citados.

Adicionalmente, se realizó un muestreo de las materias primas que usaba la empresa de pinturas para su análisis cromatográfico, de modo que se obtengan patrones de comparación que permitan determinar si el residuo corresponde a alguna de dichas sustancias.

Estudios realizados

Fase I

Para realizar el estudio fase I se contrató una empresa de consultoría teniendo por objetivos los siguientes:

- a) Identificar químicamente el producto que se encuentra en el subsuelo.
- b) Establecer la dirección del flujo del agua subterránea en el sitio.

c) Delinear las concentraciones de compuestos en el suelo y agua.

d) Reconocer la zona donde pudo haber ocurrido la migración del producto hacia el subsuelo y agua subterránea.

Estratigrafía y dirección del flujo.

El terreno se encuentra en una zona (lacustre) que se caracteriza por la presencia de estratos arcillosos o lentes arcillosas compresibles, alternados con capas o depósitos lenticulares de materiales arenosos o arenolimosos de compacidad variable. La distribución horizontal y vertical de los lentes y estratos arenosos, limosos y arcillosos es errática en general.

Para poder conocer la dirección del flujo del agua subterránea en el área de estudio, se instalaron 4 pozos de monitoreo en puntos estratégicos, se hizo un levantamiento topográfico y se midieron los niveles piezométricos en dichos pozos.

Con base en las curvas equipotenciales se infiere una dirección preferencial del flujo del agua subterránea de oeste a este y de sudoeste a noreste.

Se intentó tomar muestras de agua subterránea de los sondeos preexistentes que se perforaron en la propiedad; sin embargo, el agua que se obtiene de estos es muy turbia y escasa debido probablemente a que las paredes de los sondeos ya se han colapsado. Aún así, se pudo apreciar que el espesor de producto en fase libre en estos sondeos no sobrepasa algunos milímetros.

Muestra de agua y suelo.

Durante esta misma investigación se tomó una muestra del pozo de monitoreo donde se efectuó el estudio de mecánica de suelos. En este pozo se midió un espesor de 2.75 m de producto en fase libre. Este producto es de color pardo oscuro y presentó un fuerte olor a hidrocarburos. Una muestra de este producto fue enviada al laboratorio para su identificación analítica.

Se llevó a cabo la perforación de 4 pozos de monitoreo denominados PM-1, PM-2, PM-3 y PM-4.

La litología de cada uno de los sondeos es heterogénea, encontrándose partículas con tamaños desde la arcilla hasta la arena gruesa. En todos los sondeos la litología predominante es la arcilla limosa o arenosa.

Al estudiar los espesores arenosos, limosos y arcillosos del sitio; así como la historia geológica de la región, se infiere un ambiente de depósito aluvial y/o lacustre. Estos ambientes se caracterizan por contener una litología muy variable en distancias cortas, así como abundantes lentes y canales de arcilla y arena respectivamente.

Durante el trabajo de campo realizado en este proyecto, entre otras actividades, se llevó a cabo un muestreo y análisis químico de producto en fase libre, suelo y agua subterránea; además del análisis de muestras de productos utilizados anteriormente por la empresa de pinturas en la planta.

En la tabla 1 se enlista el sitio de muestreo, la matriz y la profundidad a la que se tomó la muestra.

Tabla 1
Sitio de muestreo, profundidad y matriz de las muestras

Identificación de la muestra	Matriz	Sitio de muestreo ; profundidad en metros (suelo)	Método analítico
Gas Nafta	Producto Puro	No aplica	EPA 8015
Xileno	Producto Puro	No aplica	EPA 8015
Tolueno	Producto Puro	No aplica	EPA 8015
Aromina 100	Producto Puro	No aplica	EPA 8015
Aromina 150	Producto Puro	No aplica	EPA 8015
Empresa metalmeccánica	Residuo	Pozo	EPA 8015
PM-1	Agua Subterránea	PM-1	EPA 8015
PM-2	Agua Subterránea	PM-2	EPA 8015
PM-3	Agua subterránea	PM-3	EPA 8015
PM-4	Agua Subterránea	PM-4	EPA 8015
S1-5"	Suelo	S-1;1.52	EPA 8015
S1-15"	Suelo	S-1;4.57	EPA 8015
S2-15 cm	Suelo	S-2 ;.15	EPA 8015
S2-1-1.15 m	Suelo	S-2;1.15	EPA 8015
S2-1.5-1.65 m	Suelo	S-2;1.65	EPA 8015
S2-2-2.15 m	Suelo	S-2; 2.15	EPA 8015
S3-5"	Suelo	S-3;1.52	EPA 8015
S3-15"	Suelo	S-3;4.57	EPA 8015
S4-5"	Suelo	S-4;1.25	EPA 8015
S4-15"	Suelo	S-4;4.57	EPA 8015
S5-5"	Suelo	S-5;1.52	EPA 8015
S5-20"	Suelo	S-5;6.09	EPA 8015

El método 8015 evalúa compuestos orgánicos volátiles no-halógenados por inyección directa o por purga y entrapamiento de cromatografía de gases y detector de ionización de flama.

Al comparar los resultados analíticos de dichas muestras se determinó que el producto que se encuentra en el subsuelo está constituido por 97.36% de aromina 150 y por 2.64% de xilenos. La densidad del producto es de 0.887 g/ml y su inflamabilidad es de 36 °C.

Aguas Subterráneas

Ya que ninguno de los cuatro pozos de monitoreo instalados por la empresa consultora presentó producto en fase libre, se enviaron las muestras de agua subterránea para su análisis en laboratorio. Las concentraciones de aromina 150 en el agua subterránea se enlistan en la tabla 2.

Tabla 2
Concentración de Aromina 150 en agua subterránea

Identificación de la muestra	Aromina 150	Límite de detección	Unidades
PM-1	25.50	0.3	mg/l
PM-2	8.25	0.3	mg/l
PM-3	44.77	0.3	mg/l
PM-4	0	0.3	mg/l

Suelo

En el transcurso de las actividades de perforación, se obtuvieron dos muestras de suelo para su análisis en laboratorio de cada uno de los sondeos: S-1, S-3, S-4 y S-5. Del sondeo S-2 (ademe manual) se enviaron 4 muestras de suelo para su análisis de laboratorio.

Las concentraciones de aromina 150 en las muestras de suelo se enlistan en la tabla 3:

Tabla 3
Concentración de aromina 150 en suelo

Identificación de la muestra	Aromina 150	Límite de detección	Unidades
S1-5'	128.37	0.3	mg/Kg
S1-15'	6.93	0.3	mg/Kg
S2-15 cm	82.89	0.3	mg/Kg
S2-1-1.15 m	171.08	0.3	mg/Kg
S2-1.5-1.65 m	123.80	0.3	mg/Kg
S2-2-2.15 m	502.85	0.3	mg/Kg
S3-5'	2.27	0.3	mg/Kg
S3-15'	1007.89	0.3	mg/Kg
S4-5'	10.23	0.3	mg/Kg
S4-15'	0	0.3	mg/Kg
S5-5'	0	0.3	mg/Kg
S5-20'	0	0.3	mg/Kg

Las conclusiones de este primer estudio fueron las siguientes:

- 1) De acuerdo con las investigaciones previas, se determinó la presencia de compuestos orgánicos en el suelo y agua subterránea bajo el predio de la empresa metalmeccánica.
- 2) Se pudo establecer que el flujo de agua subterránea en la zona de estudio tiene una dirección de occidente a oriente y de suroccidente a nororiente.
- 3) El mayor espesor (conocido) de la interfase agua subterránea-producto se localiza en la porción centro-suroccidental de la propiedad de la empresa metalmeccánica, pudiendo encontrarse aún más hacia el oriente y nororiente de esa propiedad. Aparentemente, en la empresa metalmeccánica únicamente se observan algunos milímetros de esta interfase (sondeos preexistentes).
- 4) Este producto de acuerdo con la evaluación analítica, está constituido por 97.36% de aromina 150 y 2.64% de xilenos; aunque no se descarta que pudiera contener algunas otras fracciones de hidrocarburos.
- 5) Las concentraciones de aromina 150 en el suelo y agua son muy variadas dependiendo del área en donde se efectuaron las perforaciones, únicamente en el sondeo S-5 no se detectó, ni en agua ni en suelo, la aromina 150 por arriba del límite de detección del método.

- 6) Dada la distribución de las concentraciones de la aromina 150 en el suelo, se podría pensar que el área de lavado de tambos (S-1, MP-1) y de producción de solventes (S-2) pudieron, entre otras, haber sido áreas de infiltración de contaminantes al subsuelo.

Por lo anterior el primer estudio recomienda delimitar la extensión de la pluma contaminante, tanto de la interfase agua subterránea-producto como la del agua subterránea y el suelo. Así como llevar al cabo un estudio de factibilidad de tratamiento y extracción de los hidrocarburos. Si las actividades anteriores así lo sugiriesen llevar a cabo la restauración del sitio.

Fase II

Para realizar la fase II se contrató otra empresa consultora quién realizó un estudio ambiental denominado "Identificación del Volumen de Suelo Contaminado", cuyo objetivo era determinar la pluma de contaminación del subsuelo con hidrocarburos, detectar las áreas con solvente en fase libre, analizar los riesgos potenciales de un siniestro, evaluar la migración de los hidrocarburos y proponer técnicas de saneamiento del subsuelo. Durante las perforaciones de la evaluación geotécnica, se realizó un sondeo (PM-5) a 22 metros de profundidad para determinar las características del suelo en estudio.

Realizada esta perforación y con muestreos posteriores del agua almacenada, se encontró material en fase libre (SFL) proveniente del suelo que contiene hidrocarburos absorbidos. A esta perforación para efectos del presente estudio se le denominó pozo de monitoreo PM-5. Los resultados obtenidos se pueden observar en

la tabla 4:

Tabla 4
Resultados de análisis de suelo

Pozo no.	Profundidad muestra ft/m	TPH Extractable (mg/Kg)	TPH Volátiles (mg/Kg)	Medición de Orgánicos Volátiles (ppm)
PM-6	8-10/2.48-3.05	6,420	8,830	916
PM-6	10-12/3.05-3.65	3,550	10,200	957
PM-7	8-10/2.48-3.05	6,930	16,400	935
PM-7	10-12/3.05-3.65	2,000	16,100	887
PM-8	8-10/2.48-3.05	848	2,560	645
PM-8	10-12/3.05-3.65	<10	3.59	705
PM-9	6-8/1.87-2.48	6,190	14,400	832
PM-9	8-10/2.48-3.05	5,570	12,900	898
PM-10	8-10/2.48-3.05	6,820	10,900	987
PM-10	10-12/3.05-3.65	14.6	48.9	810
PM-11	8-10/2.48-3.05	8,990	8,300	1019
PM-11	10-12/3.05-3.65	346	6,190	1018
PM-12	6-8/1.87-2.48	18.2	87.5	693
PM-12	8-10/2.48-3.05	2,380	6,330	883
PM-13	8-10/2.48-3.05	5,220	14,800	904
PM-13	10-12/3.05-3.65	1,200	7,400	859
PM-14	4-6/1.22-1.87	46.9	55.8	426
PM-14	10-12/3.05-3.65	<10	3.39	19

Perforación y muestreo del suelo

Se realizaron sondeos a diversas profundidades antes de confirmar e instalar los pozos de monitoreo (PM-6 al PM-14).

Todos los sondeos (con excepción en PM-6, PM-7, PM-8 y PM-13) fueron muestreados continuamente a la profundidad completa utilizando un muestreador bi-partido. Los sondeos en PM-6, PM-7, PM-8 y PM-13 se muestreadon continuamente mediante la recolección de recorte de la perforadora manual para los primeros 1.2 m; y después se utilizó el muestreador bi-partido para el resto de los sondeos. Inmediatamente después de concluir los sondeos, se instaló en cada lugar de muestreo, un pozo de monitoreo denominado PM.

Muestreo de los pozos de monitoreo

En cada pozo instalado se muestreo el agua subterránea para el análisis de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) volátiles y semi-volátiles (extractables) de acuerdo al método EPA 8015. (Tabla 5).

Tabla 5
Resultados de análisis de aguas

Pozo no.	TPH Extractable (mg/l)	TPH Volátiles (mg/l)
PM-5	1,050,000 mg/Kg*	866,000 mg/Kg*
PM-6 (WR-1)	7.36 (7.22)	14.4 (13.6)
PM-7	17.0	47.8
PM-8	3.67	8.130
PM-9	7.47	30.4
PM-10	8.07	21.2
PM-11	4.11	35.2
PM-12	3.75	45.8
PM-13	13.0	13.8
PM-14	0.68	1.56

* Unidades reportadas peso/peso

Resultados analíticos de laboratorio

Los resultados analíticos muestran la presencia de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) volátiles y semi-volátiles en concentraciones variables en todas las

muestras de suelo y agua subterránea.

El pozo PM-14 arrojó los valores más bajos de concentraciones de TPH. Se puede apreciar que las concentraciones más elevadas de TPH semi-volátiles, en agua subterránea, se encuentran en los pozos PM-7 y PM-13. Las concentraciones más altas de TPH volátiles en agua subterránea, se encontraron en las muestras de los pozos PM-7, PM-9, PM-11 y PM-12.

Las concentraciones más elevadas de TPH volátiles en suelos se encontraron en las muestras tomadas en los sondeos realizados en los pozos PM-7, PM-9 y PM-13.

Las concentraciones más elevadas de TPH semi-volátiles en suelos se encontraron en las muestras tomadas en los sondeos de los pozos PM-6, PM-7, PM-9, PM-10 y PM-11.

Se tomó una muestra en el pozo PM-5 para propósitos de comparación con los resultados obtenidos en los demás pozos y el resultado obtenido fue una mezcla de hidrocarburos, cuya composición es consistente con las determinaciones en los demás pozos.

Se puede observar que la concentración de hidrocarburos en el suelo es más notable que las determinadas en el agua subterránea; se observó una inmiscibilidad total de los hidrocarburos contaminantes con el agua subterránea.

Conclusiones.

- 1) Se encontró una zona de subsuelo con alta concentración de aromina 150 comprendida en la zona limítrofe entre los predios llamados Pte./antigua fábrica de pinturas (área de producción) y el predio Ote./empresa

- metalmecánica (área de almacenamiento de producto terminado) y a una profundidad de manto freático - 3.66 m hasta el nivel -1.8 m.
- 2) El impacto por aromina 150 al subsuelo de los predios Ote. y Pte. Se confinó a un área definida debido a la inmiscibilidad de la aromina 150 en el agua y a que el tipo de terreno es arcillo limoso que absorbió y se saturó en aromina 150, semiconfinando éste a la zona antes delimitada. Esto de ninguna manera nos dice que no exista migración de aromina 150 al agua subterránea y al subsuelo, pero esta semibloqueada y la migración se efectúa a bajas velocidades.
 - 3) No se anticipa un posible siniestro debido a que el tipo de hidrocarburo es aromina 150, producto de baja volatilidad que se encuentra absorbido en la arcilla del subsuelo, es inmisible en agua y no existe un gran drenaje o área subterránea donde pueda emigrar la aromina 150 e iniciar la ignición.
 - 4) Las concentraciones más elevadas de TPH volátiles en suelos se encontraron en las muestras tomadas en los sondeos realizados en los pozos PM-7, PM-9 y PM-13.
 - 5) Las concentraciones más elevadas de TPH semi-volátiles en los suelos se encontraron en las muestras tomadas en los sondeos de los pozos PM-6, PM-7, PM-9, PM-10 y PM-11.
 - 6) La zona con mayor concentración de hidrocarburos volátiles y semi-volátiles se localiza en la parte colindante de los dos predios (parte oriente del predio de la fábrica de pintura y parte poniente de la empresa metalmecánica).
 - 7) La más alta concentración de TPH volátiles y semi-volátiles en agua subterránea, así como TPH volátiles en el suelo fueron registrados en el pozo PM-7.

Bibliografía

1. Evaluación ambiental de suelo, subsuelo y agua subterránea. Fase I. Corporación Ambiental de México. Mayo de 1996.
2. Evaluación y caracterización del sitio. Fase II. RIMSA. Agosto de 1996.
3. Total Extractable Petroleum Hydrocarbons. EPA Method 8015 Modified. SW-846 Third Edition
4. Total Purgeable Petroleum Hydrocarbons. EPA Method 8015 Modified. SW-846 Third Edition.

INVENTARIO DE SITIOS CONTAMINADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CUENCA DE MÉXICO, ZMCM. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ÁREAS PILOTO.

*Dr. Ramiro Rodríguez Castillo y M. en C. Alfredo Ramos Leal
Depto. de Recursos Naturales, Instituto de Geofísica, UNAM*

Resumen

Se analizan criterios de selección para tomar sitios contaminados en la ZMCM como áreas piloto para darle representatividad a un inventario y para posteriores estudios de vulnerabilidad acuífera. Se partió de la zonificación geotécnica de la Cuenca: Zona montañosa, lacustre y de transición. Se consideran cementerios, basureros y rellenos sanitarios, canales no cubiertos de aguas residuales y algunos terrenos en donde se localizaron industrias.

Abstract

Criteria for selection of contaminated sites in the ZMCM are analyzed. They will be taken as pilot areas for a representative inventory of contaminated sites and for aquifer vulnerability studies. The geotechnic zoning for the ZMCM is taken into account: Mountain zone, lacustrine zone and transition zone. Cemeteries, landfills, non cover wastewaters channels and some abandoned industrial sites are included.

Antecedentes

La realización de un inventario o censo de sitios contaminados en la ZMCM debe de considerar su posible papel como fuente contaminante potencial o activa y debe de adecuarse a las condiciones geológicas e hidrogeológicas y del desarrollo industrial de la ZMCM. Un factor importante a considerar es que más del 45 % de la capacidad nacional industrial se localiza en la Cuenca

de México y que sólo un 2 % del total representa a la gran industria (Herrera y Dumars, 1995). Esto implica que cerca del 75 % de la industria, la llamada micro industria, difícilmente está sujeta a controles ambientales. También habría que tomar en cuenta la gran movilidad que estas industrias tienen. El uso del suelo es otro importante factor. Dada la alta demanda que se tiene en las zonas industriales, un terreno puede ser ocupado por dos o tres empresas sucesivamente.

La gran industria de la ZMCM no puede compararse a la de los países desarrollados. No se han establecido en la Cuenca grandes empresas metalúrgicas o enormes complejos consumidores de carbón o generadores de cuantiosos volúmenes de residuos industriales peligrosos (RIP) altamente tóxicos como los asociados a las industrias del armamento.

La formulación de un inventario requiere de un compromiso de participación por parte de los organismos que representan a la industria establecida en el Cuenca y de las instituciones relacionadas con el Ambiente, el Agua y la Salud. Este esfuerzo debe de ser coordinado por una instancia con reconocida autoridad por las otras instituciones participantes. En este caso es la Secretaría del Medio Ambiente del DDF quien está coordinando esta actividad. Se tiene que procurar que no sea una acción de carácter sexenal.

La Geología de la ZMCM y la Impactación Ambiental de Sitios Contaminados

El sistema lacustre que se desarrolló en la Cuenca de México originó un gran paquete de material lacustre de grano fino de baja permeabilidad (conductividad hidráulica, k , de 10^{-6} a 10^{-8} m/s) que cubre un buen porcentaje de la misma (Vázquez, 1995; Vázquez y Jaimes, 1989). Los espesores del mismo varían de cerca de 400 m en la Subcuenca de Chalco a un par de metros en las márgenes de los antiguos lagos de Texcoco y Chalco. Esta capa además de confinar parte del sistema acuífero limita fuertemente la migración vertical de solutos de la superficie a la zona saturada. Algunos autores han discutido el carácter impermeable de estas unidades debido al fracturamiento que presenta en algunas áreas debido en parte a los fenómenos de subsidencia. Hay que considerar que este tipo de materiales presentan fenómenos de retardo lineal para algunos contaminantes.

Las sierras que delimitan a la Cuenca, en su mayoría rocas volcánicas de origen Cuaternario, además de representar las zonas preferenciales de recarga, son las más vulnerables a la infiltración rápida de contaminantes y su migración hacia las áreas de extracción.

El sistema acuífero en explotación está definido por material granular de origen volcánico con porciones de roca fracturada en las márgenes y a profundidad. Su espesor es bien conocido localmente, éste oscila entre 400 y 600m en la subcuenca de Chalco y en partes de la zona sur de la Cuenca. La profundidad al nivel piezométrico es también variable. Éste se localiza a 4-5m en la zona centro y a 10-20 hacia la zona sur y norte. Aunque los niveles son

relativamente someros, esto no quiere decir que las rocas saturadas se encuentren a esa profundidad. El principal mecanismo de recarga lo constituyen las infiltraciones de la precipitación en las sierras circundantes. En la zona centro se tiende a suspender la extracción y a abandonar pozos. Éstos podrían representar ductos preferenciales de entrada de contaminantes si no se protegen los cabezales de los mismos. Recientemente la Comisión Nacional del Agua (CNA) propuso una norma para los pozos abandonados, enfatizando las características constructivas que deben de cumplirse para evitar que se percolen contaminantes.

Criterios de Zonificación

La Cuenca de México fue zonificada con fines geotécnicos en tres grandes regiones; *Montañosa*, también llamada de Lomas, *Lacustre* y de *Transición* (Fig. 1). La primera corresponde principalmente a las Sierras circundantes y sus estribaciones en la Cuenca. Se caracteriza por ser material fracturado con valores altos de conductividad. La segunda esta representada por los sedimentos de origen lacustre, alternancias de limos y arcillas, con valores bajos de K y la última, como su nombre lo indica, representa a las áreas de transición entre las dos primeras. Generalmente se le asignan valores medios de conductividad y una distribución espacial heterogénea. Fig. 1.

La mancha urbana de la ZMCM se encuentra localizada preferencialmente sobre la zona lacustre y muchos de los asentamientos urbanos de las últimas dos décadas sobre las zonas de transición y montañosa. Es esta última en donde se tienden a concentrar los nuevos asentamientos, sobre todo en la parte sur.

Áreas piloto

La correcta identificación de sitios con carga contaminante en el ambiente urbano, social, económico y político de una Metrópolis como la Cd. de México se ve complicada por los siguientes factores:

- a) Los procesos industriales están escasamente documentados. No se cuenta con una relación fidedigna de los insumos así como de los residuos líquidos y sólidos generados.
- b) Dispersión de información en cuanto a las memorias de diseño y construcción de naves industriales. Terrenos con carga contaminante son cubiertos, desconociéndose el tipo de sustancia y las características de los suelos.
- c) Inexistencia de un censo confiable de microindustrias.

Para propósitos específicos [estudios de vulnerabilidad acuífera] se seleccionarán sitios que potencialmente sean riesgosos y que deban de ser estudiados con detalle. Se partió de los resultados de un estudio de vulnerabilidad acuífera realizado en una zona crítica, la Subcuenca de Chalco (Bellia, 1992). Se ubicaron en las diferentes zonas geotécnicas, lo cual permitirá una primera aproximación de su papel como fuentes de contaminación para los sistemas acuíferos en otras áreas de geología semejante.

Los sitios seleccionados corresponden a: Cementerios, basureros, canales de aguas residuales no cubiertos, estaciones expendedoras de gasolina, terrenos industriales inactivos.

Con respecto a su localización en las zonas geotécnicas se identificaron algunos sitios:

Montañosa: Panteón Civil de Iztapalapa, Basurero Tlalpan (clausurado), De Transición: Panteón Español, Basurero Sta. Catarina, Río de la Compañía
Lacustre: Panteón Francés, Basurero Bordo Poniente, Cromatos de México, Río de los Remedios

Discusión

La realización de un inventario de sitios contaminados debe diferenciar entre áreas con carga contaminante en los suelos y fuentes generadoras de residuos. Un parámetro que es conveniente incorporar es el tipo de soluto riesgoso o de mayor movilidad. Dado que se pone de relieve la contaminación acuífera se incluirá la profundidad al nivel piezométrico y particularmente el tipo de roca que define el acuífero y su profundidad.

Aunque algunos de los sitios seleccionados no entrarían en el rubro de áreas factibles de remediación, son importantes desde otros puntos de vista. Los cementerios, los basureros y los canales de aguas residuales no pueden ser rehabilitados (los suelos), sin embargo ellos son generadores de lixiviados. No existen estudios sobre el papel de los cementerios como fuentes contaminantes principalmente los localizados en la zona montañosa.

Referencias bibliográficas

- Bellia S., Cusimano G., González T., Rodríguez R. y Giunta G., 1992; El Valle de México. Consideraciones Preliminares Sobre los Riesgos Geológicos y

Análisis Hidrogeológico de la Cuenca de Chalco. Quaderni IILA, Serie Scienza

- Herrera I. y Dumars Ch., Editores, 1995; *El Agua y la Ciudad de México*. Academia de la Investigación Científica, Academia Nacional de Ingeniería. México
- Vázquez-S. E. y Jaimes-P. R., 1989; La geología de la Cuenca de México. *Geofis. Internal*. Vol. 28 Num 2. 133-190 pp. México.
- Vázquez-S. E., 1995; Modelo Conceptual hidrogeológico y Características Hidráulicas del Acuífero en Explotación en la Parte meridional de la Cuenca de México. Tesis de Grado, Maestría en Aguas Subterráneas, Posgrado en Geofísica, CCH-UACPyP, UNAM. México.

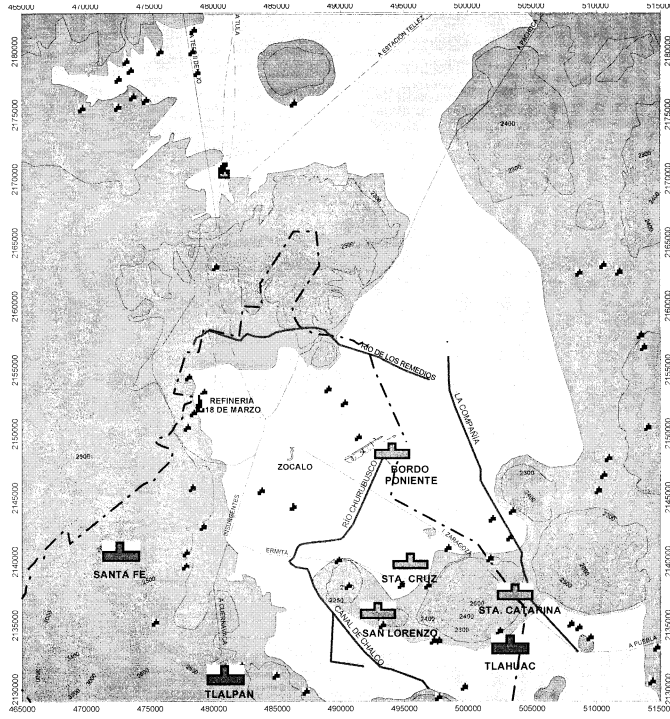










FIGURA 1.- DISTRIBUCIÓN DE ZONAS GEOTECNICAS Y FUENTES POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

LEYENDA

- | | | | | | |
|---|--------------------|---|---------------------------|---|-----------|
|  | ZONA DE LACUSTRE |  | BASURERO |  | INDUSTRIA |
|  | ZONA DE TRANSICIÓN |  | CEMENTERIO |  | REFINERIA |
|  | ZONA MONTAÑOSA |  | CANAL DE AGUAS RESIDUALES | | |

THE RISK ASSESSMENT PROCESS: A CRITICAL TOOL FOR CHARACTERIZING AND CLEANING UP SITES

*Katheryn Lawrence
US Environmental Protection Agency
EPA Region 9; San Francisco California*

Risks assessment is the process that is used to understand and evaluate the magnitude and probability of risk posed to human health and ecosystems by environmental stressors, such as chemical contaminants. The risk assessment paradigm has been defined many times over the years, most notably in 1983 by the National Academy of Sciences, which consolidated and gave context to four terms:

1. Hazard identification
2. Dose-response assessment
3. Exposure assessment and
4. Risk characterization

These terms describe the four fundamental steps of the risk assessment process which have come to form the standard framework by which sites are prioritized, assessed, cleaned up and/or managed by EPA.

Hazard identification is where scientists recognize that exposure to a particular contaminant might cause adverse effects based on existing studies (e.g., results of experimental studies on test organisms, reports about accidental exposure, and epidemiological research). The identification of a contaminant as a potential hazard then leads to a *dose-response assessment* where the toxicity or potency of a contaminant is determined by a scientist. This quantitative relationship between the amount of exposure to a particular contaminant and the extent of injury or disease determined by controlled laboratory studies or epidemiological studies.

The *exposure assessment* is where the nature and size of the population(s) exposed to a contaminant are examined along with the magnitude and duration of exposure. This assessment takes into account routes of exposure (e.g. inhalation, ingestion) and contaminant levels in the environment. Finally, *risk characterization* is where the probability that a population will experience adverse effects is estimated based on the magnitude of exposure to a particular contaminant compared to the dose-response assessment for that contaminant. Application of these four steps to characterizing and cleaning up hazardous waste will be discussed.

Anaerobic degradation of toxaphene contaminated soils: case study

During the period from the late 1940's through the late 1980's, toxaphene was used as a livestock dip on the Navajo Indian Reservation at over 200 sites spread throughout 20,000 square miles in New Mexico and Arizona. In 1983 EPA banned the use of toxaphene and this pesticide application practice ceased. However, since toxaphene degrades very slowly, the annual livestock dipping caused toxaphene concentration in local soils to increase over the years. The major threat presented by toxaphene exposure at these sites is cancer from skin or respiratory contact with contaminated soils. Secondly, there is a risk from consuming meat from contaminated livestock grazing in affected areas. At the request of the Navajo Nation, the Region 9 Emergency Response Section

initiated clean-up at twenty-two of the worst of these sites via anaerobic biodegradation. Additionally, in this presentation, we discussed the development and progress of the clean-up from site assessment using low-cost field assays to clean-up goal attainment. We also discussed the project development goal of employing assessment and clean-up tools are highly mobile, fairly low-tech, and relatively inexpensive.

MESA REDONDA II
Desarrollo de Metodologías de Evaluación de Sitios Contaminados

Presidente: Ing. Oscar Armendáriz, INE

Moderador: Ing. Carlos Regule, Pemex

*Integrantes de la mesa: Los ponentes del panel
"Desarrollo de metodologías de evaluación de sitios contaminados"*

Objetivo

El objetivo de esta mesa es el de generar puntos relevantes a considerar para el desarrollo de metodologías de evaluación de los sitios contaminados, tomando como referencia las experiencias de los estudios de caso de México y los marcos metodológicos establecidos en otros países en este campo.

Introducción

La existencia de sitios potencialmente contaminados con sustancias y residuos peligrosos en México; pone de manifiesto la necesidad de desarrollar y homogeneizar procedimientos técnicos y administrativos, que permitan determinar el riesgo que presentan para la salud humana y el medio ambiente. Asimismo las metodologías de evaluación deben enmarcar las estrategias y tecnologías de restauración más adecuadas para limpiar o confinar los sitios.

Como elemento primordial administrativo para establecer la jerarquización de atención, de los sitios contaminados, se considera la elaboración de un inventario nacional de sitios contaminados a escalas locales. Es apremiante la participación conjunta de los sectores académico, público y privado en la realización de dicho inventario con el fin de evitar la duplicidad de esfuerzos y de resultados, a través de un constante intercambio de experiencias e información por parte de los tres sectores.

Discusión de la mesa redonda

Se plantean algunas puntos que giran alrededor de las experiencias en los diferentes países para establecer un marco metodológico para la caracterización y evaluación de sitios contaminados. En particular se presentaron las siguientes preguntas y respuestas:

¿Cuál es la posibilidad real de establecer un marco metodológico y tecnológico específico para México considerando la escasez de información existente?

El marco metodológico y tecnológico para México debe consistir en una serie de lineamientos que incluyan los pasos generales a seguir para el diagnóstico de los sitios contaminados y el desarrollo de la restauración. No obstante es necesario llevar a cabo la caracterización de cada uno de los sitios en particular. Considerando que no existe un inventario completo de la información, como por ejemplo de las características hidrogeológicas, requerida para la evaluación de cada sitio, solamente en pocos casos se podrá utilizar la información existente y en otros ésta tendrá que generarse durante el estudio de evaluación.

No obstante, es importante incluir dentro del marco metodológico una serie de normas o guías que uniformicen las técnicas analíticas y los parámetros que

caracterizan un sitio para que se permita la comparación de los estudios y se respalden mejor desde un punto de vista técnico, las decisiones sobre las medidas de restauración.

¿Cuál sería el papel que pudieran desempeñar las instituciones académicas para coadyuvar el desarrollo de un marco metodológico?

Cabe mencionar que estas instituciones han colaborado ampliamente en los últimos tiempos con las autoridades ambientales, por lo cual, es posible y deseable su participación en el área de restauración. Actualmente la política de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas es procurar la participación de todas las instituciones de enseñanza superior del interior de la República.

La ausencia de información se puede superar formando grupos interdisciplinarios y de ciertas técnicas actuales que trabajan de manera conjunta y cooperativa, como por ejemplo un grupo llamado "ubicación espacial" integrado por geógrafos, geólogos, biólogos e ingenieros; un grupo de ingenieros químicos para el proceso de restauración, otro grupo de biólogos y médicos para evaluar la sintomatología y finalmente un grupo que cubre los aspectos sociales y económicos.

¿Cuál es la posibilidad real de establecer un inventario nacional que incluya la jerarquización de los sitios contaminados a partir de parámetros cualitativos y no necesariamente cuantitativos?

La elaboración de un inventario debe partir de información detallada de carácter local que permita caracterizar una zona de

afectación. El INEGI cuenta con cartografía a escalas regionales de 1:50,000 y escalas mayores cuya información es muy valiosa, sin embargo considerando que la gran mayoría de los problemas de contaminación de sitios se presentan en el entorno de unos cuantos cientos de metros, solamente puede proporcionar información general como una primera aproximación al problema sin especificar las propiedades de un área determinada.

En el caso de la cartografía geológica del INEGI, ésta únicamente proporciona información local a nivel del tipo de las rocas y materiales sin que especifique sus propiedades efectivas, como por ejemplo la porosidad efectiva, el nivel de fracturación, las reacciones que pueden darse en contacto con el posible lixiviado, etc.

Otro punto de partida para generar la base de datos geológicos del inventario podría ser la integración de cartografía o de estudios existentes de otras fuentes de información como la PROFEPA, la CNA, la CFE y los Institutos de Geografía, Geología y Geofísica, que han realizado una gran cantidad de estudios a nivel de detalle.

Para la evaluación de los riesgos a la salud de los receptores en el entorno de un sitio, es conveniente que se genere una base de datos propia de México sobre las costumbres de la población como por ejemplo la vestimenta, la exposición al aire libre, el tipo de alimento que ingiere etc., así como incluir estos datos dentro del inventario.

¿Ha sido necesario, en los países desarrollados, caracterizar a un nivel de detalle de escalas de 1:20, 000, 1:10,000 o 1:5,000 las áreas contaminadas?

El nivel de detalle de información necesario para caracterizar un sitio contaminado

depende de las condiciones particulares de éste y del tipo y comportamiento de los contaminantes. En E.U.A. se han evaluado sitios con base en información muy extensa de más de 15,000 datos, así como también se han tomado decisiones con base en datos mínimos.

En E.U.A. se ha aprendido de los programas de restauración que es primordial aclarar para que finalidad se requieren los datos antes de realizar cualquier evaluación. Por otro lado es conveniente recabar tal tipo de datos que puedan ser utilizados para diferentes propósitos, como por ejemplo, caracterizar y evaluar el sitio, así como el impacto de los contaminantes.

Frente a la carencia de cartografía, se ha probado incluir en los procedimientos de diagnóstico, una evaluación histórica, complementada con visitas de campo antes de realizar cualquier muestreo. A través de estos pasos se puede identificar por ejemplo el tipo de contaminantes y la ubicación y extensión de áreas afectadas, así como particularidades geológicas y físicas del mismo sitio.

Aunque las condiciones de cada país son diferentes, existen muchos puntos de la metodología de evaluación y restauración ya desarrolladas en E.U.A. y otros países que pueden usarse en México, como por ejemplo, los procedimientos para análisis de riesgo. Aunque la exposición es diferente en cada país, las técnicas de análisis o muestreo pueden ser adaptados, lo que permitiría un ahorro de recursos y de tiempo.

Frente al problema de no contar con los mismos detalles de datos en cada sitio o características, en E.U.A. se han implantado procedimientos estandarizados en combinación con un sistema de control

de calidad, los cuales fijan los requerimientos mínimos para la evaluación de un sitio.

En Alemania se exige a los estados o municipios la elaboración de un inventario regional de sitios contaminados como instrumento administrativo y de planeación a escala de 1:25,000. Este es un sistema muy estricto ya que se registran todos los sitios e instalaciones sospechosos de estar contaminados, en los cuales se manejan o habían manejado en el pasado sustancias o residuos peligrosos.

¿Se podría pensar en establecer en México un sistema voluntario y no del tipo superfundo?

Antes de discutir si un sistema como el "superfundo" es conveniente para México, debe conocerse la magnitud del problema de los sitios contaminados. Un mecanismo para estimarla podría ser el índice del Programa del Medio Ambiente de la Organización de las Naciones, que correlaciona los volúmenes de generación de residuos peligrosos con el PIB.

Considerando por un lado la carga administrativa y la falta de recursos que ha implicado el sistema superfundo y por otro el éxito relativo de los programas voluntarios como la auditoría ambiental, un sistema voluntario para la atención de sitios contaminados en el que cooperan las autoridades y los propietarios de los sitios contaminados podría ser una opción inmediata para México, sin embargo es recomendable que se desarrolle paralelamente un marco legal para su instrumentación.

Una de las razones del éxito del programa voluntario de la iniciativa Brownfields de la EPA fue que ofreció un proceso alterno al superfundo para la instrumentación de

prácticas de restauración en el cual se logró reducir costos administrativos, el desarrollo de conceptos alternativos de restauración y la recuperación económica de la región.

Cabe destacar que, aún faltando fondos para la realización de los estudios, el esfuerzo ambiental en México ha sido en base a trabajos voluntarios, tanto individuales, como colectivos e institucionales.

Para países que como México, no cuentan con suficiencia de recursos materiales y económicos, la instrumentación de estrategias adecuadas aunadas a la capacitación de los recursos humanos calificados y la capacidad de organización minimizan la necesidad de dichos recursos.

¿Podría elaborarse una legislación que equilibre los sectores que inciden en la restauración?

El poner en práctica una legislación equilibrada nos plantearía la pregunta de ¿Cómo definirla? El punto de equilibrio requiere de una amplia discusión. Tomando como guía las experiencias del extranjero, se pueden realizar ejercicios de restauración, creando y poniendo límites de saneamiento. Posiblemente no se llegará en un corto plazo a lo establecido en otros países, pero permitirá conocer nuestra experiencia y capacidad en el ramo, estableciendo límites que puedan cumplirse con los elementos con que se cuenta en la actualidad.

De igual manera, un aspecto que debería considerarse dentro del establecimiento de una normatividad es el de tener la confianza de que, al igual que en otros países y no sólo en México, se están probando tecnologías de restauración, por lo tanto sería necesario afrontar el riesgo

de probar y obtener éxitos y fracasos que nos delimiten la gestión de los casos posteriores.

Sin embargo considerando que una de las funciones que presentan las leyes es la de proporcionar seguridad jurídica, debería prestarse mucha atención a la realización de un ejercicio con alguna norma que incluya sólo aquellos criterios que en la realidad puedan cumplirse, con parámetros de seguridad muy claros para que se pueda exigir su cumplimiento. Aunado a esto, podrían establecerse lineamientos voluntarios para ampliar las experiencias dirigidas hacia el desarrollo del marco legal.

De igual manera es esencial la educación de la comunidad con respecto a su actuación ante la contaminación de algún sitio, es decir que exista una comunicación de los riesgos y se brinde la información necesaria, de tal manera que se genere una cultura y confianza para recibir la información al respecto, así como respecto de las decisiones tomadas en cuanto a la estrategia de evaluación y restauración.

¿Podría aplicarse en México un esquema semejante al de la política alemana?

Es posible. Sin embargo, primeramente deberán integrarse las fuentes de información real que requiere ese sistema, la cual no existe en México, por lo que deberá generarse una primer gran base informativa para tomar alguna serie de decisiones, que es la idea que se persigue con la realización del inventario.

Dentro de los programas y planes estratégicos de la Dirección General de Residuos, Materiales y Actividades Riesgosas está el de generar dicho inventario de sitios que inclusive los caracterice, determinando la magnitud y el

tipo de contaminante existente, para lo cual se pretende invitar a las empresas prestadoras de servicio con el fin de engrandecer este trabajo con su experiencia.

¿Es practicable establecer concentraciones o realizar un estudio de riesgo para caracterizar un sitio contaminado?

Se requiere para la caracterización de sitios ambos procedimientos.

A través de los valores o concentraciones se obtiene información a cerca del grado de contaminación, esto quiere decir que si el sitio está contaminado, muy contaminado o existen altas concentraciones tóxicas. En caso de que no se encuentren receptores sensibles en los alrededores cercanos se diseñan las técnicas de restauración, únicamente en función de las concentraciones encontradas.

Para la caracterización de aguas, el establecimiento de concentraciones máximas en agua, como por ejemplo las del Clean Water Act, forma un marco legal suficientemente funcional para determinar el riesgo.

Finalmente el estudio de riesgo es un elemento importante de la preevaluación del sitio. La EPA ha desarrollado procedimientos que pueden servir como guía para el análisis de riesgo. Se comienza el estudio identificando las sustancias dentro del panorama de sustancias que se encuentran en un sitio, que causan un riesgo de cáncer. Además se aplica un modelo estandarizado de riesgo a la salud que vincula al contaminante con los parámetros de exposición del receptor, tomando como referencia a una persona de 70 kilogramos. Sin embargo este modelo es una aproximación que no puede substituir una visita al campo, además no considera el análisis de riesgo ambiental.

CHROMATE CONTAMINATION NORTH OF MEXICO CITY PROPOSAL FOR A SOLUTION

*Margarita E. Gutiérrez-Ruiz
Laboratory of Physical and Chemical Analysis of the Environment,
Geography Institute, UNAM
Silvia E. Castillo-Blum
School of Chemistry, UNAM
Efraín Rosales Aguilera
Subsecretaría de Ecología, INE*

Abstract

Chromium contamination in an area north of Mexico city was caused by a factory that produced chromate salts. The process was highly inefficient; therefore residues with a high content of chromium(VI) were generated and dispersed. Some of the solid residues were used as a filling material at construction sites. The factory was closed in 1978, and the chromium-containing residues were located in an industrial grave which was not properly insulated. Chromium(VI) is leaching and contaminating the aquifers.

The pollution problem was evaluated and corresponding solution was presented. This proposal involves the reduction of chromium(VI) to chromium(III). The utilization of three industrial wastes is contemplated: chromate residues; a residual acid stream from another factory, with a relatively high content of iron(II) and sulfuric acid; and a residual stream containing calcium carbonate. The possibility of using the stabilized material for brick manufacturing is discussed.

Resumen

La contaminación por cromo en una región al norte de la Ciudad de México fue causada por una industria que producía

sales cromadas en el pasado. El proceso era altamente ineficiente, por lo que se generaban y dispersaban residuos con un alto contenido de cromo (VI). En 1978 la industria se cerró, los residuos con contenido de cromo fueron trasladados a un cementerio industrial que no poseía en su parte inferior el aislamiento adecuado. El cromo (VI) está lixiviando y contaminando las capas acuíferas. Algunos residuos sólidos han sido previamente utilizados como material de relleno en construcciones. Se evaluaron los problemas de polución y se propuso una solución adecuada. Esta propuesta concierne la reducción del cromo (VI) a cromo (III). Se contempla la utilización de tres tipos de desechos industriales, residuos de cromo, corrientes con ácidos residuales de otras industrias con un alto contenido de hierro (II) y ácido sulfúrico y corrientes con calcio carbónico residual. Se está discutiendo la posibilidad de utilizar el material estabilizado para la fabricación de Ladrillos.

The pollution problem

In the district of Tultitlán, State of México, chromate-containing industrial residues were accumulated (Gutiérrez-Ruiz et al., 1987, and references therein). Since chromium(VI) was spread in the subsoil and in neighboring areas, it became important to know if the aquifers were polluted and, if

so, to get an idea of the extent of this pollution. The problem observed originated a systematic study with the following as the main topics of interest:

- to determine the available chromium levels in water and soil
- to get an idea of the extent of the affect area, and the magnitude of the problem
- to propose feasible solutions.

Background

Chromium compounds had been produce since 1958 in a factory located in Lecheria Tuititlán, State of México. Twelve tons of sodium chromate, one ton of potassium chromate and approximately eight tons of sodium sulphate were produced daily. Dichromates were also produced in quantities corresponding to the amount of sodium sulphate. The production process was carried out in the open air. No care was taken about dust emissions, process water and solid waste disposal. The production process was very inefficient since the raw material was inexpensive and the environmental protection issue was not considered at that time (Tristán, 1984).

Solid residues were deposited in several places, as they were used as filling material at construction sites.

The factory workers and inhabitants of the area were affected by dust emissions. There was an increased number of respiratory diseases, ranging from mucous irritation to damage to the nasal septum. The 'yellow water' produced by the dissolution of the polluting dust in water was observed to be the cause of death of domestic animals (Villa-Lobos-Pietrini, 1977). Therefore, inhabitants of the area started to complain to the authorities in 1976 and finally the

factory was closed down in 1978. In 1982 an industrial grave was built to dispose of the solid residues which could be recollected.

At the disposal site a hole with a depth of 3.5 m was made, surrounded by 25 cm thick reinforced concrete walls. 75 000 tons of waste material was deposited in the grave, directly on the soil, with no insulating material between the residues and the ground (Tristán, 1984).

The residues (75 000 tons) were mixed with 'tepetate' (hardened soil horizons) and compacted by adding water. Finally, the box was covered with a 20 cm tepetate layer and with asphalt.

The grave had to be repaired frequently because the asphalt layer was damaged as a consequence of leaching from the buried material.

Geomorphological data

The study area is an ancient quaternary lacustrine basin, originated during volcanic and tectonic processes. Several hundred meters of lacustrine clay sediments have accumulated. These were interstratified with deposits of fluvial sand and gravel, as well as lavas and sand of volcanic origin (Valverde-Valverde et al., 1980). See Figure 1.

Andesitic and basaltic lava and breccias are found 50 m below the surface. These materials are fractured; as they decay, permeability and transmission capacity increase (Valverde-Valverde et al., 1980).

According to the stratigraphic conditions, subsoil characteristics can change radically within short distances due to a heterogeneous and discontinuous medium.

Two different groups of soils are present in the study area: vertisols and solonchack. Both are basic (pH >7), and have fine texture. Vertisols are predominant and in some cases are associated with feozem (Servicios Geofísicos, 1966).

Geohydrological data

The main recharge arises from the western mountains, and the main underground streams flow from west to east (Secretaría de Recursos Hídricos, 1961). The static levels have been diminishing due to excessive water extraction in this area (approx. 30 m). The most important hydrological characteristics are indicated in Table 1.

Table 1
Water resources in the area

	Mountains	Plains (study areas)
Area (km ²).	716.0.	312.0
Annual mean precipitation (mm ²)	812.0	677.0
Equivalent mean, (annual volume millions of m ³)	581.3	211.2
Infiltration %	24.0	10.0
Infiltration mean (volume millions of m ³)	139.7	21.1
	139.7	21.1

Social and economic conditions

The area under study was originally used for agriculture and cattle raising. Population started to increase in the 1950's, and an accelerated industrial development took place. Consequently, there were many changes in the use of the soil (Valverde-Valverde et al., 1980). Nowadays, this is a typical urban-industrial area with limited agricultural zones. Unfortunately this

growth has not been planned, just the opposite, resulting in serious social and ecological problems.

Two main urban zones are found within the area studied, Lechería and Recursos Hídricos, both shown on the map in Figure 2. The production plant was settled in Lechería. Industries settled in this area occupy 66.7 per cent of the land: 25 per cent are chemical industries, 16 per cent are related to metallurgy and 16 per cent to non-metallic mineral ores (Valverde-Valverde et al., 1980).

Experimental section

The study was carried out in three stages:

- in the first stage, groundwater samples were analyzed every month during one year and soil samples obtained in the neighborhood were also analyzed.
- in the second stage, samples from the industrial grave were obtained and analyzed.
- in the last stage, the process for chromium(VI) reduction was studied and a search was made for an application for the reduced material.

Analysis of soil and groundwater samples

A random sampling of soils was designed. Six sampling units were proposed, from which 60 different points were selected according to the size of each unit. See Figure 3.

Electrical conductivity and pH were measured, and analysis of extractable manganese, iron and chromium(VI) was performed for all the samples (APHA et al., 1979;

Furman, 1975; Perkin-Elmer, 1977; Pinta, 1972; Rodier, 1981; Sandell, 1959; Varian, 1979).

For groundwater analysis, in a first stage 30 sampling sites belonging to three units were selected (simple random sampling without replacement). The first unit contained 14 wells located along the Los Reyes railway, the second unit eight wells situated along the Teoloyucan branch ditch, and the third 18 industry wells. After results were obtained from the analysis of these water samples, a second sampling design was made and 38 wells were used for the study. The first stratum included the 14 wells nearest the former plant from the Los Reyes railway. The eight wells nearest the industrial grave in Teoloyucan comprised the second stratum. Industrial and private wells were in the third stratum (Gutierrez-Ruiz et al., 1987). See Figure 4.

Electrical conductivity, pH, acidity, alkalinity and total hardness were measured. Concentrations of chloride, sodium ion, total iron, total manganese and chromium(VI) were determined every month for all water samples. For routine analysis, procedures employed were as in APHA (APHA et al., 1955).

Characterization of material in the industrial grave

Fifteen samples from the disposal site were obtained, taken at different depths and from eight sites (holes drilled in the grave). They were analyzed by means of x-ray fluorescence, atomic absorption, spectrometry, x-ray diffraction, visible spectrophotometry, flame spectrophotometry, etc. The pH, electrical conductivity and magnetic susceptibility were determined.

Preliminary data on the distribution of chromium(VI) within the disposal site is being obtained by measuring the magnetic susceptibility.

Reduction of the industrial residues

Five representative samples of the material in the disposal site (25 Kg each) were obtained. It was important to get proper samples; as already mentioned, two main types of residues were deposited in the industrial grave (see Figure 4). The samples were ground by means of a ball mill to produce particles whose diameter was 0.29 mm after drying.

This solid material was suspended in water (one part solid with two parts, by weight, of water) and stirred for ten minutes, when pH was measured along with other parameters such as viscosity, concentration of solids and density. Optimum reduction conditions were obtained from experimental data.

The industrial residue was stabilized by reducing chromium(VI) to chromium(III), using a residual acid from another factory in the neighborhood. This residual acid contained sulfuric acid, pH 0.5, Fe^{2+} , (2 500 mg/litre), Fe^{3+} (970 mg/litre), average values.

The amount of the residual acid required for the reduction process is calculated based on the iron(II) content of this residue and according to the amount of chromium(VI) present in the waste.

The next step involves precipitation of chromium(III), along with some other insoluble metal hydroxides, by adding calcium carbonate or calcium oxide to get a pH of 8.5.

The resulting solid was separated by

means of a pressure filter. The solid paste was analyzed by x-ray fluorescence.

The remaining liquid phase was evaporated until crystallization of sodium sulphate took place. Chromium analysis was performed on this liquid phase in order to assure that this metal had been eliminated.

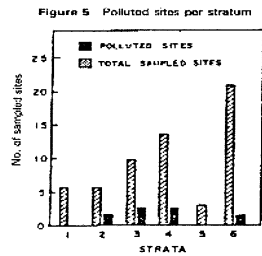
The next step involved the design of a pilot plant for carrying out the stabilization of the industrial residue.

Some experiments are being performed in order to test suitability of the stabilized material for the production of bricks.

Results and discussion

Chromium(VI) content in soil and groundwater

The results from the analysis of the soil samples showed that parts of the residues were deposited in the neighborhood of the factory. Chromium(VI) is polluting superficial soils. The affected zones are shown in Figure 5.



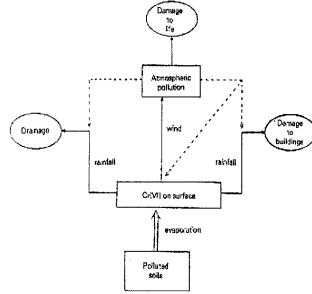
The contaminated area is smaller than 35 hectares. See Table 2.

Table 2
Chromium(VI) content in polluted soil samples

Strata	Location	Depth, cm	pH (soil / water 1:5)	Cr (VI) ppm
IV	15	50-70	8.5	35.64
IV	23	0-20	8	1.08
IV	23	40-50	8.6	1.08
IV	27	0-20	9.3	324
IV	27	40-50	7.8	10.8
VI	32	0-20	9.5	5400
VI	32	40-50	9.7	1080
II	33	0-5	7.8	6480
II	33	0-20	7.9	216
II	33	100	8.7	108
II	36	0-15	8.7	1296
II	36	30-50	8.8	216
II	36	100	9.6	270
II	39	0-20	8.5	108
III	39	40-50	8.8	21.6
III	40	0-20	8.4	32.4
III	40	40-50	7.7	1.08
III	48	0-20	8.2	21.6
VI	58	40-50	8.2	16.2

Reduction of chromium(VI) might have taken place; however such a process did not occur and it is still present in soluble forms. This ion is moving towards the surface as a consequence of alternate wet and dry seasons. From the surface soil it is transported to the atmosphere by wind. This may damage the health of the inhabitants, animals and plants in the area, and it causes problems with buildings and the drainage system as a result of the formation of calcium chromate (Biczoc, 1964; Czernin, 1980). Plants and soil bacteria are damaged by the chromium remaining in the soils (Morvedt, 1972; Rodier, 1981; Ross, 1981). See Figure 6.

Figure 6 Damage by chromium remaining in soils



As far as groundwaters are concerned, after six months of performing analysis on water samples from 35 wells it was concluded that chromium(VI) from the industrial grave had partly saturated the nearest 50 m of clayish material in the subsoil. It is moving from east to west towards the nearest industrial wells in the opposite direction to the general flow. This is especially important since the aquifers in the area are over-exploited and the clay layer is consequently acquiring secondary porosity which increases the rate at which chromium(VI) is leaching into the subsoil. Furthermore, if a large proportion of lavas and andesitic breccias are present at a depth of 50 m, chromium(VI) dispersion into deeper aquifers is increasingly probable. It is important to point out that, during the dry season, the inhabitants of the area tend to use water from these polluted wells.

During the first month 44 wells were sampled, including six domestic wells. From the second to the sixth month only 35 wells were sampled. Once the pollution problem in groundwater was assessed, the sampling selection was modified. Twenty wells out of

35 were chosen after elimination of 15 due to their being the farthest away from the disposal site, and three industrial wells were added to the sample. The parameters involved in the statistical procedure for selecting the wells to be sampled were: distance to the industrial grave, type of soil, and general flow direction of groundwaters (Ducuing, 1987). The sampling points are shown in Figure 4.

The limit value for chromium in groundwater is 0.05 ppm (World Health Organization) (Galvao and Corey, 1987).

Only ten wells contained chromium(VI) in concentrations higher than the detection limit (0.008-8.95 ppm). These are over-exploited and belong to the three industries closest to the industrial disposal site. Only eight of them had chromium in larger concentrations than 0.05 ppm.

It is observed that chromium concentration decreases in groundwater as the distance to the industrial grave increases, and also that the chromium content increases with water consumption, i.e. overexploited wells show larger pollution problems with respect to chromium.

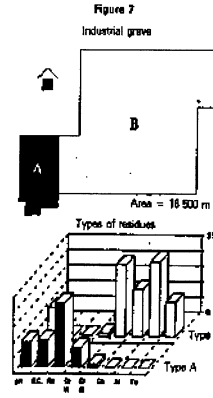
The polluted area is restricted to half a circumference, with a maximum radius of 1300 m from the industrial grave. See Table 3 and Figure 4.

Table 3
Chromium content in groundwater samples, ppm, by two analytical methods

Well No.	SAM1	SAM2	SAM3	SAM4	SAM5	SAM6	SAM7	SAM8	SAM9	SAM10	SAM11	SAM12
Location	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	C/E	Location	Revised	Revised
	2	1	5	8	3	7	2	3	1	1	2	
Column	2.611	0.972	-	0.121	-	4.31	0.037	0.3	-	-	-	-
Abs.	1.68	0.5	0.52	-	nd	-	5.8	nd	0.19	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	0.127	0.405	0.405	0.27	0.007	0.01	2.872	0.34	0.316	-	-	-
Abs.	0.19	0.37	0.62	0.41	nd	nd	4.11	nd	0.31	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.96	1.848	0.899	0.039	0.01	0	2.825	0.03	0.164	-	-	-
Abs.	1.67	1.54	0.59	nd	nd	nd	4.13	nd	0.24	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	0.531	0.985	0.956	0.033	0.191	nd	7.309	0.02	0.309	-	-	-
Abs.	0.45	0.9	0.77	nd	0.2	nd	8.5	nd	0.3	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.902	2.299	0.88	0.04	0.011	0.01	6.489	0.05	0.34	-	-	-
Abs.	1.67	2.43	0.82	nd	nd	nd	7.37	nd	0.26	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	0.262	0.755	1.008	0.036	0.008	0	6.31	0.04	0.316	-	-	-
Abs.	0.2	0.68	0.78	nd	nd	nd	6.30	nd	0.37	-	-	-
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.58	2.048	0.075	0.033	0.148	nd	8.681	0.04	0.271	0.123	nd	0.028
Abs.	1.67	2.38	nd	0.09	nd	nd	8.73	0.07	0.24	0.08	nd	nd
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.59	1.788	0.819	0.033	nd	-	8.851	0.04	0.23	0.034	nd	0.04
Abs.	1.9	2.2	0.98	nd	nd	-	12.81	nd	0.39	0.15	nd	0.11
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.044	2.389	2.3	0.034	nd	-	6.318	0.02	0.287	nd	nd	0.047
Abs.	1.17	2.7	1.23	nd	nd	-	9.6	nd	0.44	nd	nd	0.15
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.551	1.848	0.805	0.03	nd	-	7.807	2.3	0.249	0.167	nd	0.044
Abs.	1.71	2.38	1.14	nd	nd	-	12.12	2.32	0.39	0.12	nd	nd
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	0.63	0.44	1.085	nd	0.008	-	5.572	0.31	0.389	0.637	nd	0.04
Abs.	0.85	0.7	1.5	nd	-	-	8.4	0.63	0.43	nd	nd	nd
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Column	1.464	2.83	1.237	0.038	0.017	-	5.887	nd	0.271	0.046	nd	0.048
Abs.	1.41	2.7	1.12	nd	nd	-	6.62	nd	0.27	nd	nd	nd
A.L.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Samples from the industrial grave

X-ray fluorescence patterns and other analysis indicates the presence of two types of samples. See Figure 7.



Samples of type A contain large concentrations of chromium(VI) and sodium sulphate and small amounts of potassium, calcium, titanium, silicon, aluminium, iron and chromium(III). This type is located in the higher part of the industrial grave, which was built when the factory was in operation.

Type B has a high content of potassium, calcium, titanium, silicon, aluminium and iron; a relatively high concentration of chromium(III); and small amounts of phosphorus, nickel, magnesium, strontium, sodium sulphate and soluble chromium(VI). It also contains carbonates. This type is located in the lower part of the industrial grave, built after the factory was closed.

Three samples seem to be a mixture of types A and B. A pellet, which is the raw material for the production of chromates, was also analyzed. All the samples contain chlorides. Table 4. As a consequence of

the basic pH of the material in the industrial grave, chromium(VI) can be assumed to be present as chromate.

Table 4

Stream No.	Flow Rate (kg/hr)	Temperature (°C)	pH	Cr(VI) (mg/L)	Cr(VI) (g/hr)	Cr(VI) (kg/day)	Cr(VI) (kg/year)	Cr(VI) (t/year)	Cr(VI) (kg/year)	Cr(VI) (t/year)
1	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
2	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
3	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
4	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
5	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
6	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
7	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
8	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
9	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
10	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
11	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
12	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
13	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
14	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
15	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
16	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
17	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
18	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
19	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00
20	1000	20	7.0	100	100	2400	8640	8.64	100	1.00

Feasible solutions

As chromium(VI) residues are very dangerous for the environment, many studies have been carried out worldwide, and several proposals for a solution to the presence of these residues have been made. One considers keeping the residues perfectly isolated in a proper industrial grave; others consider their reduction to chromium(III) or their precipitation, as insoluble chromates, their absorption on an active surface (aluminium(III) or iron(II) hydroxides), or their retention on anionic resins (Chamberlain and Day, 1956; Young, 1956; Wilms et al., 1972; Gemmel, 1974; Chin-Pao, 1975; Kunz and Hess, 1980; and Maeda et al., 1981).

Of all these possible solutions the most convenient, for many reasons, is the reduction of chromium(VI) to chromium(III). Precipitation implies the use of metal ions such as silver, barium or lead; the first two are very expensive and the last is highly contaminating. Only dilute solutions (i.e. liquid samples) can be treated by means of anionic exchange resins.

Besides, the solution must be inexpensive as the state of the Mexican economy is critical at the moment.

As already mentioned, a residual acid from a factory in the vicinity is available. It contains iron(II) (reductant) and sulphuric acid (to get the pH required for the reduction process to take place). There is also the possibility of using the basic effluent of another industry.

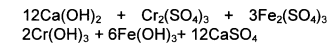
If these residual streams were used in the reduction process, money would be saved and the process would be an inexpensive one. It has also been suggested that the stabilized material may be used for making bricks. Presently, experiments are being performed to test the material for suitability for brick manufacturing.

This is a prototype of a waste management project, as three industrial wastes could be employed, yielding two final products.

The chemical reactions that take place in the reduction process are shown below:

$$2CrO_4^{2-} + 6FeSO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2Cr^{3+} + 14SO_4^{2-} + 6Fe^{3+} + 8H_2O$$

Chromium(III) is eliminated from the solution as follows:

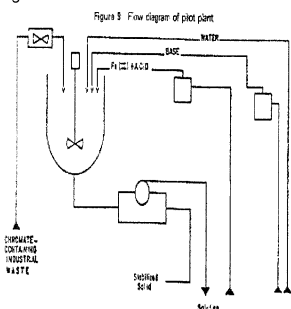


A pilot plant has been designed for the stabilization of the residues in the industrial grave. The steps involved in the process are:

- grinding of the material (to 0.29 mm)
- suspending the material in water in a ratio of 1:2 (solid waste to water)
- chemical reduction, by addition of the residual acid stream, in a ratio 2:1 of iron(II) to chromium(VI), and stirring of the reaction mixture for ten minutes
- precipitation by the addition of calcium

- oxide or calcium carbonate
- filtering
- evaporation and crystallization of sodium sulphate

The process will be carried out batch-wise. A diagram of all the equipment is shown in Figure 9.



Acknowledgments

The authors are deeply indebted to SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología) for financial support throughout the three stages of this project. They also wish to thank several research institutes from the UNAM: IIMAS, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, and Instituto de Geología. It is important to mention that without the participation of several researchers this project would never have been carried out. We wish to thank: Lena Ruiz-Ramírez, Belem Trejo, Adriana Ducoing, Enrique Erazo, Mario Villalobos-Peñaloza, José Antonio Miranda, Emiko Miyasako, Gerardo Bocco-Verdinelli, Enrique Bazúa Rueda and Claudio Aguilar Martínez, and some others. We are also

grateful to Mirella Maples for her review of the English.

References

- APRA, AWWA, and FSIWA (1955), *Métodos normales para los exámenes de aguas, aguas negras y desechos industriales*. México: División de Salubridad, Bienestar y Habitación, Instituto de Asuntos Internacionales.
- APHA, AWWA, and WPCF (1979), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. APHA, Washington, 13th ed., 1557, 426, 429.
- Biczoc, I. (1964), *Concrete Corrosion. Concrete Protection*. Academia Kiado, Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- Chamberlain, N.S. and Day, R.V. (1956), *Proceedings of the Eleventh Industrial Waste Conference*. Purdue University, Indiana, USA.
- Chin-Pao, H. and Min-Hwang, W. (1956), 'Chromium removal by carbon adsorption', y. *Water Pollut. Control Fed*, 47, No. 10, 24372446.
- Czemin, W. (1980) *Cement chemistry and physics for civil engineers*, G. Godwin, Pemberton Road, London.
- Ducoing, A. and Trejo, B. (1987), 'Análisis Estadístico de un estudio de contaminación', *Com. Tec*, No. 484, IIMAS, UNAM, México.
- Furman, N.H. (editor) (1975), *Standard methods of chemical analysis, vol. 1*, The Elements, Robert E. Krieger, Huntington, 356-9.
- Galvao, L.A.C. and Corey, G. (1987), 'CROMO', *Vigilancia* 5. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Metepec, México.
- Gemmel, R.P. (1974), 'Revegetation

- of derelict land polluted by a chromate smelter part 2: techniques of revegetation of chromate smelter waste', *Environ. Pollut.*, 6, 31-37.
- Gutierrez-Ruiz, M., Bocco, G. and CastilloBlum, S. (1987), 'Contaminación por cromo en el norte de la Ciudad de México. un enfoque interdisciplinario', *Boletín del Instituto de Geografía UNAM, México*, 16, 77-125.
 - Kunz, R.G. and Hess, A.F. (1980), 'Kinetic Model for Chromate Reduction in Cooling Tower Blowdown', *Journal WPCF*, 52, No. 9.
 - Maeda, M., Sanon, N. and Matsushita, Y. (1981), 'Chromium Recovery from Chromium Containing Slags', *Consumption and Recycling*, 4, No. 3, p. 137.
 - Morvedt, J. (editor) (1972), *Micronutrients in agriculture*. Soil Science Society of America, USA.
 - Perkin-Elmer (1977), *Analytical methods for atomic absorption spectrometry manual* USA.
 - Pinta, M. (1972), *Spectrometrie d'absorption atomique*, Masson et Cie, Paris.
 - Rodier, J. (1981-*Análisis de las aguas*, Omega, Barcelona, 3-8.
 - Rosas, I.A. (1984), *Aspectos ecotoxicológicos del cromo en una zona industrial del Estado de México*, UNAM (tesis de doctorado), México.
 - Sandell, E.B. (1959), *Colorimetric determination of traces of metals*, Interscience Publishers, New York, 388-408.
 - Secretaría de Recursos Hidráulicos (1961), *Hidrogeología del valle de Cuautitlán*. México: la Secretaría.
 - Servicios Geofísicos (1966), *Estudio hidrogeológico y geofísico de la zona de Cuautitlán*. México: los Servicios.
 - Valverde-Valverde, C., Aguilar-Martinez, A.G. and Garcia-Amaral, M.L. (1980), *Geografía urbana del municipio de Tultitlán; Estado de México, S.A.*, México, CINADI. -
 - Varian (1979), *Analytical methods for flame spectroscopy*, Varian Techtron, Springvale, Australia.
 - Villalobos-Pietrini, R. (1977), 'Efectos Biológicos del Cromo', *An. Inst. Biol. UNAM*, 48, 115162.
 - Wilms, D.A., Notebaert, F.F. and Van Haute, A.A. (1973), 'Removal of chromates from pickling liquors by absorption of hydrous ferric oxide', *Advances in water pollution research. Proceedings of the sixth International Conference held in Jerusalem, June 18-23, 1972*. Edited by S.H. Jenkins, Pergamon Press, London, 946 pp.
 - Young, M.K. (1956), 'Anionic and Cationic Exchange for Recovery and Purification of Chrome From Plating Process Waste Waters', *Proceeding of the Eleventh Industrial Waste Conference*. Purdue University, Indiana, USA.

Figure 1 Geomorphological profile

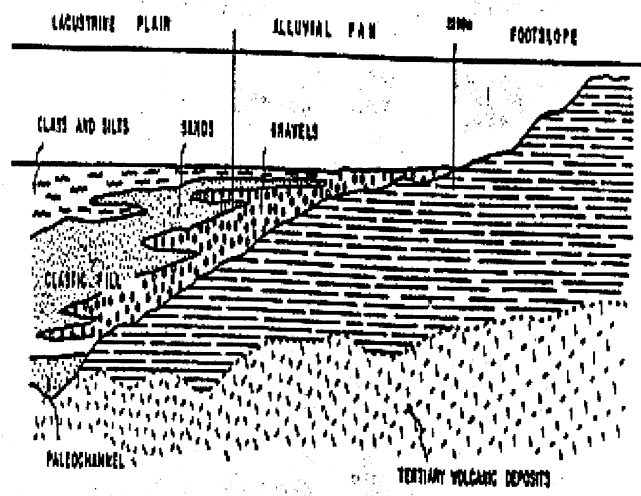


Figure 2 Area of study

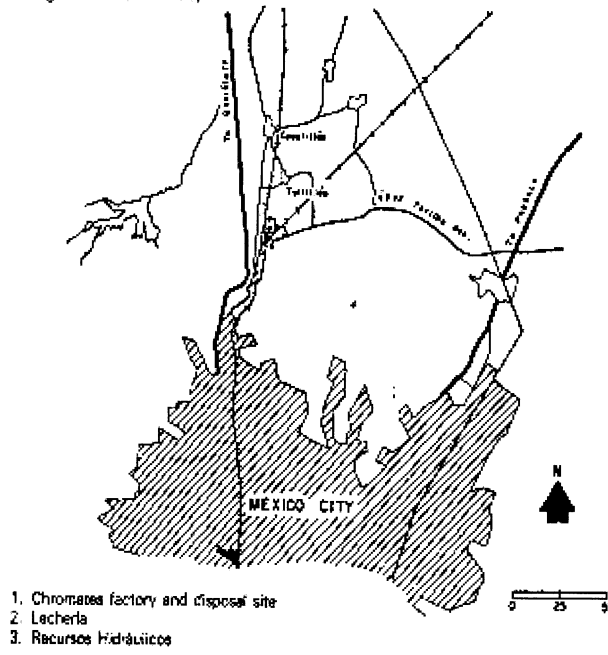


Figure 3 Location of soil sampling strata

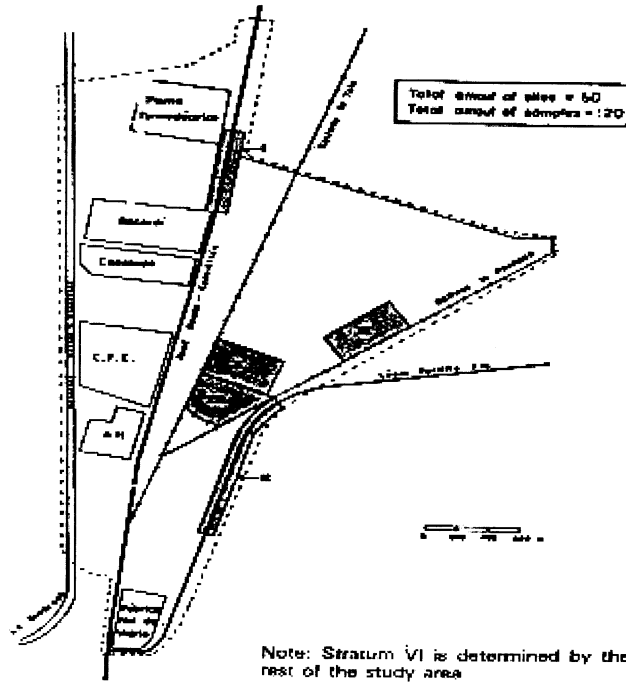
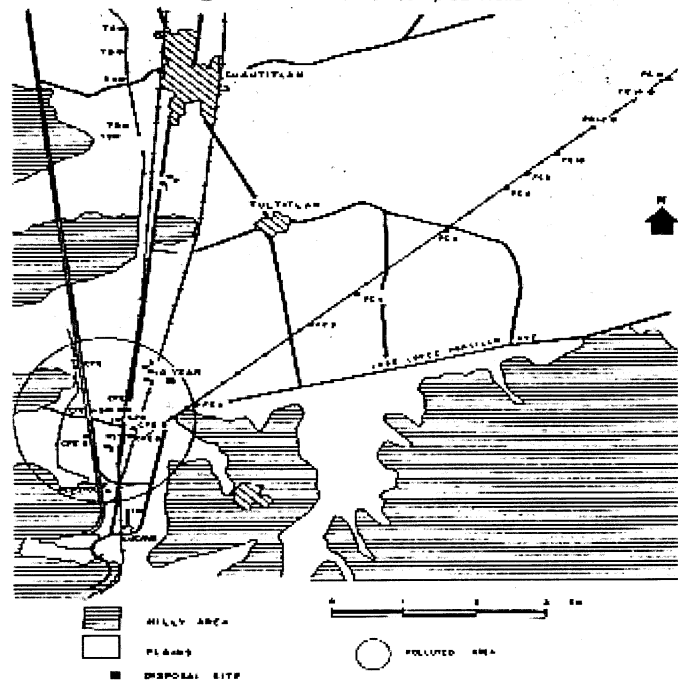


Figure 4 Location of sampled wells



CASO DE ECATEPEC

Ing. Oscar Armendáriz G.
Asesor de la Dirección General de Materiales,
Residuos y Actividades Riesgosas, INE

Antecedentes

Se proyecta un desarrollo residencial en la zona metropolitana de la Cd. de México, en un sitio ocupado anteriormente por la industria *Aceros Ecatepec*. La primera caracterización ambiental reveló la presencia de ciertos metales pesados en el suelo y agua subterránea, en concentraciones muy elevadas, mismas que justificaron un estudio ambiental complementario. Una segunda caracterización fue realizada en agosto de 1996 por *Control Ambiental e Ingeniería Van Ruymbeke, S.A. de C.V*

La planta *Aceros Ecatepec* operó durante aproximadamente 30 años, produciendo varias piezas de acero tales como: torres de alta tensión, revolventoras para concreto, entre otros. Los procesos de producción incluían desde la fundición del acero en hornos, pasando por la laminación, hasta la galvanización.

Para identificar las zonas de actividad susceptibles de haber contaminado el suelo y las aguas subterráneas se realizó una investigación del sitio.

De acuerdo con la información recabada, se identificaron las siguientes zonas:

Fundición

Las escorias producidas por la fundición se almacenaban en montones, al este de la zona de fundición. En la actualidad, no existe este almacenamiento de escorias, ya que fueron esparcidas en todo el sitio.

Las escorias fueron utilizadas para aumentar la portabilidad de las vías del predio; durante las actividades de campo se observó una

capa de escorias de espesor variable, pero diseminadas en casi todo el predio.

Las aguas del proceso de enfriamiento de las áreas de producción de acero, contaminadas con partículas de metales, constituyen otro factor asociado a la actividad de fundición que generó un impacto sobre la calidad ambiental del predio. Las aguas, en circuito cerrado, se decantaban en un tanque circular al aire libre y la capa de lodo sedimentado en el tanque era periódicamente removida y almacenada sobre el piso natural en la zona suroeste del predio.

Galvanización

El proceso de galvanización se desarrollaba en dos áreas:

- *Galvanización clásica*, por inmersión sucesiva en baños de hidróxido de sodio enjuague y solución de zinc. El volumen de los tanques era del orden de 20m³. Aproximadamente cada año se renovaban los baños de los diversos productos químicos. Éstos no eran vertidos en el sistema de la planta, pero se descargaban a un pozo de absorción construido ex-profeso. Actualmente el pozo tiene una profundidad de 4.60 m.
- *Galvanizado en seco*. Las piezas de tamaño grande que no podían ser tratadas en estos tanques eran procesadas por en la parte oriente del predio.

Otras fuentes de contaminación lo constituyen los transformadores en caso que su aceite sea contaminado con BPC's y haya sido derramado sobre el suelo. En el predio existían 3 áreas con transformadores, una de ellas ya no existe a la fecha.

Criterios utilizados para la evaluación y descontaminación de suelo y agua subterránea en el predio

Como se ha mencionado, el predio fue ocupado por la ex-planta *Aceros Ecatepec*, que operó durante aproximadamente 30 años; por el tipo de actividades que desarrollaba, la posible contaminación de suelos y mantos freáticos es esencialmente de metales pesados, aunque también se investigó por observaciones organolépticas, la presencia de hidrocarburos totales del petróleo en un valor global; según el tipo de operaciones realizadas en el predio anteriormente.

Para iniciar la evaluación de descontaminación, se procedió a seleccionar los parámetros de análisis, los cuales se indican en la tabla 1.

Tabla 1
Parámetros seleccionados para su evaluación

Grupo	Principales parámetros
Compuestos inorgánicos	Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Mercurio, Níquel y Zinc
Hidrocarburos totales del petróleo	Valor global
BPC's	Aroclor 1016, 1221, 1232, 1242, 1254, 1260, 1262, 1268

Para considerar niveles de restauración de sitios contaminados, se tuvieron que tomar en cuenta los criterios de diversos países para los niveles de descontaminación del suelo y agua subterránea, dado que en nuestro país todavía no contamos con una normatividad referente a esto. Los criterios seleccionados para suelo se indican en la tabla 2.

Ubicación de los puntos de muestreo para el suelo y aguas subterráneas

La selección de los puntos de muestreo se llevó a cabo con base en los siguientes criterios:

- Uso futuro del predio como zona de esparcimiento, área verde o jardines. Las zanjas se ubicaron en su mayoría en los sitios donde se prevé la instalación de canchas deportivas, áreas verdes y jardines, puesto que en estas zonas las personas tendrán mayor contacto físico con los suelos.
- Presencia de instalaciones susceptibles de haber contaminado los suelos.
- Presencia de residuos visibles en la superficie del suelo.
- Información disponible respecto a los vertimientos de ácidos y otras sustancias a fosas.
- Aspectos organolépticos, tales como presencia de manchas de aceite visibles olores detectados en la superficie del sitio.

Tabla 2
Resumen de los criterios preliminares de restauración de suelos para uso residencial utilizados en este estudio.

Parámetro	Concentración mg/Kg
Arsénico	30
Cadmio	5
Cromo total	250
Cobre	100
Plomo	500
Mercurio	2
Níquel	100
Plata	20
Zinc	500
TPH	400
BPC's	5

Para agua subterránea tenemos:

Tabla 3
Criterio de descontaminación del agua para uso residencial - recreativo. (Ministerio del Ambiente de Canadá).

Concentración µg/l							
As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	TPH
50	5	40	500	50	250	1000	400

Para los sondeos superficiales, se perforaron 29 zanjas de observación, R1 a R29, principalmente en las zonas que serán dedicadas a áreas verdes y de esparcimiento.

La ubicación de los 4 pozos P1, P2, P3, P4, inicialmente programados, en los cuales se tomaron muestras de suelo a mayor profundidad, obedeciendo más a criterios hidrogeológicos, dado que su objetivo principal era la evaluación de la calidad del agua subterránea.

Adicionalmente, después de confirmar el uso de un pozo de adsorción para descargar los baños de galvanización, se perforó un quinto pozo P4, para conocer el impacto que tuvo el vertimiento de los químicos sobre el suelo y las aguas subterráneas.

Debido a la proximidad del Gran Canal, se tomó una muestra puntual del canal de aguas negras, para ver la influencia de éste sobre las aguas subterráneas del predio.

En las tablas 4 y 5 se presentan los resultados de análisis de metales pesados y de hidrocarburos para las diferentes muestras de suelo y, en la tabla 9 se muestran los resultados analíticos para el agua subterránea, identificándose aquellos que están por encima de los valores de los criterios seleccionados. En la tabla 6, 7 y 8 se identifican los resultados de BPC's en aceite de transformadores y suelo.

Interpretación de los resultados

De las observaciones de campo, se definieron 2 tipos de rellenos en la parte superior del predio y se clasificaron en función del tipo de subproductos encontrados, estos son:

Relleno tipo 1: escoria, material refractario y desperdicios de metal

Relleno tipo 2: terreno con escombros

Suelo.

La calidad ambiental del relleno tipo 1, se determinó como mala, dado que éste presentaba niveles de metales pesados generalmente muy altos, rebasando los criterios de descontaminación de suelos para uso residencial/recreativo. Los resultados presentan cierta homogeneidad de concentraciones.

La calidad ambiental del suelo natural es generalmente buena, con trazas de metales pesados en la capa directamente en contacto con los rellenos; las concentraciones de metales pesados disminuyen rápidamente abajo de las capas de relleno de tipo 1 y 2, lo cual parece indicar un efecto limitado de la contaminación de estas capas sobre el suelo natural.

En lo referente a la estratificación vertical, la calidad ambiental del suelo es regular dado que las concentraciones altas de metales pesados son asociadas a la presencia de las capas de escorias, material refractario y desperdicios de metal (relleno tipo 1) y terreno con escombros (relleno tipo 2). Por lo tanto, la estratificación vertical de las concentraciones está directamente relacionada con el espesor de las diferentes capas.

Con respecto a la presencia de BPC's, en ninguna muestra de aceite y de suelos se encontró rastro de éstos.

Agua subterránea

Podemos afirmar que los residuos de fundición acumulados en la superficie del predio no tuvieron impacto alguno sobre la calidad ambiental de las aguas subterráneas. Se detectó una ligera contaminación por cromo total en el pozo P3. Esta contaminación proviene de una fuente exterior dado que este pozo corresponde a un "pozo blanco" perforado con el objetivo de conocer la calidad del agua del manto freático antes de ingresar al subsuelo del predio. También se detectaron

concentraciones de hidrocarburos en el pozo P2 en niveles bajos; éstos tendrían su origen en el exterior.

Identificación y selección de las sustancias de interés

Se efectuó una primera selección de las sustancias a analizar, comparando los resultados analíticos de las caracterizaciones ambientales con los criterios para un uso del suelo residencial/recreativo, para definir las concentraciones máximas aceptables de una sustancia química en el suelo. Las concentraciones en metales pesados detectados en el agua subterránea fueron inferiores a los criterios expuestos, por lo que ninguno de estos parámetros fue seleccionado para su evaluación.

Las concentraciones de mercurio y de plata detectadas en el suelo fueron inferiores a los criterios propuestos, por lo que no fueron seleccionados para el análisis de riesgo.

La tabla 10 presenta las concentraciones promedio de los contaminantes (metales pesados), localizados en los rellenos 1 y 2 (R1 y R2), seleccionados para el estudio de riesgo toxicológico. Las concentraciones de metales pesados existentes en la capa de suelo natural no excedían los criterios seleccionados y por lo tanto, no fueron incorporados en los promedios de concentraciones con el fin de no bajar el valor promedio.

Tabla 10.
Concentraciones promedio de metales pesados en los rellenos R1 y R2 (mg/Kg).

Parámetro	R1	R2	(R1 + R2)/2
Arsénico	41.2	34.7	37.95
Cadmio	5.82	4.95	5.39
Cromo tot.	251.7	155.0	203.37
Cobre	568.7	472.9	520.82
Níquel	172.3	120.6	146.46
Plomo	279.8	359.8	319.82
Zinc	1151.0	1256.0	1203.42

Los datos toxicológicos para los contaminantes de interés para el análisis se presentan en la tabla 11. Estos datos provienen del Ministerio del Ambiente y Fauna de Québec (MEF) (1996), se eligieron porque son los más recientes en cuanto a los conocimientos toxicológicos.

Tabla 11
Datos toxicológicos de los contaminantes de interés considerados en el análisis.

Parámetro	C _{car} oral*	C _{car} inhalc.	D _{ref} ora	D _{ref} inhalc.	F _{abs} oral	F _{abs} inhalc.
As	1.6 ¹	2.7 ¹	5.3 ⁶	3.8 ⁶⁵	1.0 ¹⁰	1.0 ¹⁰
Cd	0	1.0 ⁻²	5.0 ⁴	1.7 ⁶⁵	7.0 ⁶²	6.0 ⁶¹
Cr- tot.	0	1.3 ⁻²	1.9 ³	7.5 ⁶⁷	1.0 ¹⁰	8.5 ⁶¹
Co	0	0	5.7 ²	2.4 ⁶⁸	6.0 ⁶¹	1.0 ¹⁰
Ni	0	5.6	1.3 ²	3.8 ⁶⁴	5.0 ⁶²	3.5 ⁶¹
Pb	2.1 ²	8.1 ¹	1.0 ⁹	1.0 ⁶⁶	5.0 ⁶¹	1.0 ¹⁰
Zn	0	0	3.3 ¹	3.3 ⁶⁴	5.0 ⁶¹	1.0 ¹⁰

- C_{can} oral* : coeficiente carcinogénico por vía oral.
- C_{can} - inhalación: coeficiente carcinogénico por inhalación. *(mg/Kg/día)
- D_{ref} oral: dosis de referencia por vía oral. (mg/Kg/día)
- D_{ref} inhalación: dosis de referencia por inhalación. (mg/Kg/día)
- F_{abs} oral: factor de absorción por vía oral.
- F_{abs} inhalación: factor de absorción por inhalación.

Escenarios de los sitios

El uso actual del terreno es predominantemente de tipo comercial-industrial. Sin embargo, se proyecta redefinir la zonificación con el fin de permitir un uso residencial; este análisis de riesgo evaluó por

lo tanto los puntos asociados con el uso residencial de la propiedad para las condiciones ambientales actuales. El análisis no consideró la disminución natural de los contaminantes en los medios estudiados (por ejemplo suelo, aire, etc.) ni una intervención de rehabilitación sobre estos medios.

Se planteó la hipótesis de que el suministro de agua potable sería por uno o dos pozos instalados en el sitio. Estos pozos serían instalados de tal manera que captarían agua de un manto acuifero ubicado a más de 200 m de profundidad. El nivel del agua subterránea de la zona saturada subyacente se ubica a una profundidad promedio de 12 m, abajo de la superficie del suelo. El agua subterránea de esta zona subyacente fue muestreada y analizada para determinar metales pesados, de éstos se obtuvieron concentraciones no detectables o inferiores a los criterios propuestos. Si la calidad del agua subterránea ubicada a 12 m no fue afectada por la contaminación de los suelos cerca de la superficie, se puede concluir que la calidad del agua subterránea ubicada a 200 m tampoco fue afectada; es decir, la calidad actual y futura del agua subterránea se considera aceptable, por lo que este medio no fue incluido en el análisis.

Los escenarios están relacionados únicamente con la exposición a los metales pesados en el suelo y son los siguientes:

- Período de construcción del desarrollo habitacional, cuatro años.
- Ocupación residencial de las viviendas al finalizar los trabajos de construcción (escenario residencial).

Identificación y características de los receptores

Una vez evaluado el escenario se procedió a identificar a los receptores probables por exposición de metales pesados, el análisis de riesgo incluye a cuatro receptores probables, que son los siguientes:

- Trabajadores de la construcción.
- Residentes durante los trabajos de construcción.
- Residentes del conjunto habitacional.
- Jardineros.

Análisis y estimación de la exposición potencial.

Estimación de las dosis absorbidas por ingestión de suelo.

La ecuación seleccionada para estimar la dosis potencialmente absorbida por ingestión de suelo procede de la U.S. EPA (1989) y toma en cuenta todos los factores que pueden influenciar la dosis absorbida.

$$\text{Dosis} = \frac{C_{\text{suelo}} \times \text{TG} \times F_{\text{abs}} \times \text{FE} \times \text{DE} \times 10^{-6}}{\text{PC} \times \text{PE}}$$

donde:

dosis =	Dosis potencialmente absorbida (mg/Kg-día)
C_{suelo} =	Concentración del contaminante en el suelo (mg/Kg)
TG =	Tasa de ingestión de suelo (mg/día)
F_{abs} =	Fración absorbida por Ingestión (sin unidad)
FE =	Frecuencia de exposición (año)
DE =	Duración de exposición (año)
PC =	Peso corporal (Kg)
PE =	Período de exposición (día)
10^{-6} =	Factor de conversión

Estimación de dosis absorbidas por ingestión de polvos interiores procedentes de los suelos exteriores.

Según los resultados obtenidos en estudios canadienses y estadounidenses reportados en el documento de análisis de los riesgos toxicológicos del MEF (1996), del 45 al 50% de los polvos en el interior de una residencia proceden de los suelos del exterior y de los polvos de la calle. La ingestión de esos polvos

constituye una vía de exposición que puede afectar particularmente a los niños.

Si se asume que el 50% de los polvos proceden de los suelos del sitio en estudio, la concentración de una sustancia de interés a los polvos se estimó como sigue:

$$C_{\text{p polvo}} = C_{\text{suelo}} \times 0.50$$

La dosis potencialmente absorbida por ingestión de polvos interiores fue calculada según la relación siguiente:

$$\text{Dosis} = \frac{C_{\text{p polvo}} \times \text{TG}_{\text{p polvo}} \times F_{\text{abs}} \times \text{FE} \times \text{DE} \times 10^6}{\text{PC} \times \text{PE}}$$

donde:

dosis = Dosis potencialmente absorbida (mg/Kg-día)
 $C_{\text{p polvo}}$ = Concentración del Contaminante en el suelo (mg/Kg)
 $\text{TG}_{\text{p polvo}}$ = Tasa de ingestión de polvos interiores (mg/día)
 F_{abs} = Fracción absorbida por ingestión (sin unidad)
 FE = Frecuencia de exposición (año)
 DE = Duración de exposición (año)
 PC = Peso corporal (Kg)
 PE = Período de exposición (día)
 10^6 = Factor de conversión

Estimación de la dosis absorbida por inhalación de polvos exteriores.

Las dosis absorbidas por inhalación de polvos se estimó, con base a informaciones obtenidas de estadísticas nacionales y del documento del MEF (1996), el 25% de las partículas en suspensión en el aire puede proceder del sitio. Los datos de concentración de partículas registradas en la estación de monitoreo del aire de Coacalco, Estado de México, indicaron que en 1995 la concentración de partículas fracción respirable en el aire era de $57.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Una proporción del 25% de partículas de origen local representaría una concentración de $14.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Se seleccionaron los datos de la

estación de Coacalco por ser los más representativos de las condiciones de la calidad del aire de Ecatepec.

Las concentraciones de los polvos fueron por lo tanto determinadas según la expresión:

$$C_{\text{p polvo}} = 14.3 \mu\text{g}/\text{m}^3 C_{\text{suelo}} \times 10^{-9}$$

donde:

$C_{\text{p polvo}}$ = Concentración del contaminante en las partículas en suspensión
 C_{suelo} = Concentración en los suelos (mg/Kg)
 14.3 = Concentración tipo de polvos en el aire, procedentes del suelo del sitio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 10^{-9} = Factor de conversión de unidad

La dosis por un receptor fue después determinada según la expresión siguiente:

$$D_v = \frac{C_v \times \text{TI} \times F_{\text{abs}} \times \text{FE} \times \text{DE} \times \text{TE}}{\text{PC} \times \text{PE}}$$

donde:

D_v = Dosis absorbida por inhalación (mg/Kg/día)
 C_v = Concentración del contaminante en el aire ambiente (mg/Kg)
 TI = Tasa de inhalación (m^3/hora)
 TE = Tiempo de exposición (hora/día)
 F_{abs} = Fracción absorbida por inhalación (sin unidad)
 FE = Frecuencia de exposición (día/año)
 DE = Duración de exposición (año)
 PC = Peso corporal (Kg)
 PE = Período de exposición (día)

Estimación del riesgo.

También se cuantificaron los índices de riesgo para cada sustancia seleccionada, receptor y

via de exposición poniendo en relación las dosis potencialmente absorbidas con los datos toxicológicos, presentando un nivel de seguridad para la salud humana. Las dosis absorbidas se calcularon como se describió en las ecuaciones anteriores. Los datos toxicológicos se presentaron en la tabla 11.

Índice de Riesgo - efectos no cancerígenos

Los índices de riesgo que representan los efectos no cancerígenos; es decir, IRnc indica si la dosis potencialmente absorbida de una sustancia es inferior o superior a la dosis de seguridad. La dosis de seguridad, es decir, la dosis de referencia, representa el umbral arriba del cual pueden presentar efectos negativos para la salud humana. Este índice de riesgo se evaluó con la siguiente relación:

$$IRnc = \frac{\sum D_i}{D_{ref}}$$

Índice de riesgo - efectos cancerígenos

El índice de riesgo para los efectos cancerígenos (IRcan) representa el riesgo de mortalidad por cáncer en una población: este índice se evaluó según la relación:

$$IRcan = \sum D_i \times C_{cani}$$

donde:

IR can= Índice de riesgo para los efectos cancerígenos
D_i = Dosis potencialmente absorbida (mg/Kg-día)
C_{cani} = Coeficiente de cancerogenicidad (mg/Kg-día)

Evaluación de los riesgos

Para la evaluación de los riesgos se comparan los índices de riesgo en el análisis, con los valores aceptables, sugeridos por diversas agencias ambientales gubernamentales.

Para los efectos no cancerígenos, IRnc se comparó con el valor de 1.0, es decir con una dosis potencialmente absorbida inferior a la dosis de referencia.

El índice IR_{can} se comparó la primera vez con el valor de 1×10^{-5} que es el valor generalmente más aceptado y con el valor de 1×10^{-4} , más severo y todavía no oficialmente aceptado en Quebec, Canadá.

Tabla 5
Metales pesados en los suelos en relación a su Estratigrafía.

Muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Estratigrafía		Concentración de metales pesados (mg/Kg)							
				Hg	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
R1-1	0.20	Escoria fina	R1	N/A	<10	<1	150	280	14	210	73
R1-2/DUP	0.30	Relleno de material refractario y residuos de fundición	R1	0.05N/A	<50	<1	380	730	120	340	230
				A	<100	<1	440	950	130	400	230
R1-3	0.60	Suelo natural en contacto con los rellenos, limo color café	SN	N/A	<50	<1	120	320	120	98	340
R1-4	1.0	Suelo natural, color avellana	SN	N/A	<10	<1	12	17	<5	11	12
R2-1	0.20	Escoria fina y suelo natural	R1	N/A	<10	<1	430	680	94	220	290
R2-2	0.48	Relleno de material refractario y trazas de asbesto	R1	N/A	<50	38	260	1000	2500	51	11000
R2-3	0.90	Relleno de fragmentos de metal fundido	R1	N/A	12	2.4	39	66	410	17	1400
R2-4	1.50	Suelo natural	SN	N/A	<10	<1	7.4	7.0	5.4	4.7	23
R4-1	0.05	Escoria en hojuelas y polvo	R1	N/A	<10	<5	460	680	190	290	930
R4-2/DUP	0.22	Relleno de material de construcción y material de fundición	R1	N/A	<10	<1	390	1100	230	350	360
					<10	<1	420	1100	220	340	330
R4-3	0.45	Suelo natural, limo amarillento, presenta algún tipo de escurrimiento	R2	N/A	<10	<1	83	97	16	49	78
R4-4	0.70	Suelo natural, color amarillo	R2	N/A	<10	<1	49	72	18	32	58
R5-1	0.08	Escoria en polvo y hojuelas	R1	N/A	<10	<1	470	670	58	210	260
R5-2	0.15	Relleno en rocas y metal, hojuelas y fragmentos metálicos	R1	N/A	<50	3.0	980	450	390	130	1500
R5-3	0.60	Relleno de material de fundición y refractario	R1	N/A	<50	5.5	290	580	2700	75	18000
R5-4	0.85	Suelo natural	SN	N/A	<10	<1	11	6.4	17	5.6	70
R6-1	0.05	Escoria fina	R1	N/A	<10	<1	500	870	94	240	260
R6-2 / DUP	0.50	Escoria y material refractario	R1	N/A	<10	<1	370	370	260	180	<10
					<10	<1	350	840	260	170	<10
R6-3	0.85	Material de fundición en hojuelas	R1	N/A	100	<10	450	1700	340	460	520
R6-4	0.85	Suelo natural	SN	N/A	<10	<1	8	13	5.8	6.3	24
R7-1	0.20	Relleno de material de construcción y de fundición	R1	N/A	<50	<5	510	410	130	150	860
R7-2	0.95	Suelo natural, limo color café con raíces vegetales	SN	N/A	<10	<1	18	16	17	12	68
R8-1	0.35	Escoria gruesa	R1	0.07	22	5.2	50	820	430	220	2400
R8-2	0.80	Material refractario y de fundición	R1	N/A	29	9.9	130	340	570	17	590
R8-3	1.15	Relleno con material de fundición y suelo natural	SN	N/A	<10	<1	4	3.9	<5	2.2	15
R9-3 /DUP	0.35	Superficie con material refractario y de construcción con mat. de fundición	R1	N/A	<50	10	64	140	710	41	2200
						12	77	140	700	40	2700
R9-4*	1.0	Material de construcción y refractario, hule	R1	N/A	<10	<1	18	8.3	24	11	100
R14-1	0.05	Escoria	R1	N/A	<100	26	450	1800	560	470	2200
R14-2	0.30	Material refractario y de fundición	R1	0.04	<10	<1	15	16	10	8.4	40
R14-3	0.60	Arena para fundición y suelo natural	R2	N/A	<10	<1	7.4	7.0	<5	4.9	16
R18-1	0.16	escoria	R1	N/A	<50	<1	320	730	140	360	420
R18-2	0.55	Material refractario y de fundición con material de construcción	R1	N/A	<100	11	200	910	270	240	1000
R18-3	1.0	Material de fundición	R1	N/A	<5	<1	60	200	96	60	280
R18-4/DUP	1.15	Suelo natural	SN	N/A	<10	<1	22	69	14	22	53

Muestreo	Profundidad de muestreo (m)	Estratigrafía		Concentración de metales pesados (mg/Kg)								
				Hg	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	
					< 10		22	69	14	22	55	
R19-1	0.05	Escoria	R1	N/A	< 100	< 1	480	1300	160	500	210	
R19-2	0.40	material refractario y de construcción	R2	N/A	150	3.5	260	1300	160	540	14	
R19-3	0.70	Suelo natural	SN	N/A	< 10	< 1	17	33	41	15	150	
R20-1	0.15	Escoria	R1	N/A	< 100	< 10	410	770	360	240	1500	
R20-2	0.35	Relleno con grava y arena	R2	N/A	< 50	< 1	61	110	110	28	160	
R20-3	0.80	Suelo natural café obscuro	SN	N/A	< 10	< 1	12	6.5	6.1	6.1	27	
R20-4	1.10	Suelo natural	SN	N/A	< 10	< 1	8.0	6.0	< 5	7.1	17	
R22-1/DUP	0.05	Escoria con gravilla y piedra	R1	N/A	< 50	< 1	240	660	120	190	260	
				N/A	< 50	< 1	220	660	110	180	240	
R22-2/DUP	0.30	Material refractario y de fundición con material de construcción	R1	0.06	200	6.1	420	1700	450	470	380	
				0.07	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
R22-3	0.60	Suelo natural con manchas oscuras	SN	N/A	< 10	< 1	10	13	13	7.8	40	
R22-4	0.90	Suelo natural	SN	N/A	< 10	< 1	2.9	2.1	< 5	3	12	
R26-3	0.75	Suelo natural, limo color café	SN	N/A	< 10	< 1	11	23	< 5	9.1	17	
R28-1	0.20	Material refractario con escoria	R1	N/A	< 50	7.8	300	510	440	210	1700	
R28-2	0.50	Material de construcción y de fundición	R1	N/A	< 10	< 1	64	80	69	35	280	
R28-3	0.80	Suelo natural	SN	N/A	< 50	1.6	180	410	120	120	120	
R28-4	1.10	Suelo natural	SN	N/A	< 10	< 1	14	11	< 5	9.5	16	
Criterio de descontaminación para uso residencial/recreativo					2	30	5	250	100	500	100	500

R1: Relleno tipo 1 (escorias, material refractario y desperdicios de metal)
R2: Relleno tipo 2 (terreno con escombros)
SN: Suelo natural

N/A : No aplicable
DUP: Análisis por duplicado

Tabla 6
Hidrocarburos en suelo

Muestra	Profundidad de muestreo (m)	Concentración en hidrocarburos totales del petróleo (mg/Kg)
R6-3 -DUP	0.70	230/240
R7-2	1.00	< 100
R14-2	0.30	< 100
R18-2	0.60	< 100
R20-3	0.80	< 100
R28-3	0.80	310

Tabla 7
BPC 's en suelos

Muestra: T2M1			
Parámetro	Concentración mg/l	Parámetro	Concentración mg/l
Aroclor 1016	< 0.004	Aroclor 1016	< 0.004
Aroclor 1221	< 0.004	Aroclor 1221	< 0.004
Aroclor 1232	< 0.004	Aroclor 1232	< 0.004
Aroclor 1242	< 0.004	Aroclor 1242	< 0.004
Aroclor 1248	< 0.004	Aroclor 1248	< 0.004
Aroclor 1254	< 0.004	Aroclor 1254	< 0.004
Aroclor 1260	0.004	Aroclor 1260	0.004

Tabla 8
BPC 's en aceite de transformador

Parámetro	Concentración mg/l	Parámetro	Concentración mg/l
Aroclor 1016	< 1.0	Aroclor 1016	< 1.0
Aroclor 1221	< 1.0	Aroclor 1221	< 1.0
Aroclor 1232	< 1.0	Aroclor 1232	< 1.0
Aroclor 1242	< 1.0	Aroclor 1242	2.23
Aroclor 1248	< 1.0	Aroclor 1248	< 1.0
Aroclor 1254	< 1.0	Aroclor 1254	< 1.0
Aroclor 1260	1.95	Aroclor 1260	< 1.0
Aroclor 1262	< 0.050	Aroclor 1262	< 0.050
Aroclor 1268	< 0.050	Aroclor 1268	< 0.050

Tabla 9
Resultados de los análisis de metales pesados e hidrocarburos
en las aguas subterráneas

Muestra	Concentración de metales pesados (mg/Kg)							
	TPH	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
P1	N/A	< 50	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	20
P2	500	< 50	< 10	< 10	< 10	20	< 10	< 20
P3	n/A	< 50	< 10	50	20	20	30	
P4	170	< 50	< 10	< 10	< 10	10	< 10	< 20
P5	N/A	< 50	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
AGC	N/A	< 50	< 10	< 10	20	< 10	30	20
B	400	50	5	40	500	50	250	1000

N/A No aplicable
 AGC Agua del gran canal
 B Criterio de descontaminación para agua con uso residencial- recreativo
 Ministerio del Ambiente de Canadá.

En el pozo de absorción las concentraciones de metales pesados resultaron insignificantes, tanto en el suelo como en el agua subterránea.

LA BIOREMEDIACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA LIMPIEZA DE SITIOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

*Susana Saval
Investigadora
Instituto de Ingeniería, UNAM*

Introducción

La bioremediación ha surgido recientemente como una alternativa tecnológica para la limpieza de suelos y acuíferos contaminados. Ésta puede ser aplicada exitosamente cuando los contaminantes son compuestos orgánicos biodegradables, como es el caso de los hidrocarburos. En bioremediación se aprovecha la capacidad metabólica de microorganismos que en el suelo se encargan de reciclar la materia y la energía.

Cuando ocurre un derrame de hidrocarburos en un sitio, la flora microbiana presente se somete a un proceso de selección natural, en el cual los microorganismos que sobreviven son aquellos que desarrollan capacidad para tolerarlos, e incluso degradarlos. Los procesos de bioremediación no violan la primera ley de la termodinámica, es decir, que los contaminantes no se destruyen, sino que a través de la actividad microbiana se transforman en compuestos químicamente diferentes. Si la transformación de los hidrocarburos llega hasta la generación de bióxido de carbono, se habla entonces de una completa mineralización.

Entre las opciones que existen para la limpieza de sitios contaminados, la bioremediación se ha perfilado como la mejor opción desde los puntos de vista ambiental y económico. Sin embargo, no puede ser aplicada a todos los casos, por lo que para recomendar su uso deben realizarse estudios de biofactibilidad que comprueben la biodegradación de los contaminantes.

Las tecnologías de bioremediación serias cuentan con un respaldo científico bien establecido, sin embargo, en el mercado ambiental se pueden encontrar productos de todo tipo, que incluso pueden aumentar el riesgo de un problema de contaminación en lugar de reducirlo. En este trabajo se hace un análisis de las tecnologías de bioremediación y se plantea la necesidad de establecer políticas de evaluación para evitar la aplicación de aquellas que no garanticen la limpieza de sitios contaminados.

Contaminación por hidrocarburos

Los principales problemas de contaminación de suelos y acuíferos en México, son los ocasionados por derrames de hidrocarburos como: petróleo crudo, combustóleo, gasóleo, gasolina, diesel y turbosina, así como la disposición de recortes de perforación, lodos aceitosos y aceites lubricantes gastados. Cada uno de estos materiales tiene su propia complejidad química, y la situación se agrava porque en muchos casos los contaminantes se presentan en forma de mezcla, o bien, se encuentran intemperizados.

En general, los hidrocarburos tienen menor densidad que el agua, por lo que tienden a flotar cuando están en contacto con ésta. Petróleo, combustóleo y desechos petroleros, por su color y aspecto, se hacen evidentes a simple vista cuando se encuentran en la superficie. Si son depositados en el suelo, prácticamente no penetran al subsuelo debido a su alta viscosidad, pero los lixiviados generados por las lluvias arras-

tran los compuestos solubles. Gasolinas, turbosina, diesel y gasóleo fluyen fácilmente hacia el subsuelo, durante su trayectoria son adsorbidos por el material geológico hasta que alcanzan el nivel freático, ahí se dispersan de acuerdo a la dirección de la corriente subterránea, creando así manchas de contaminación de gran superficie.

Conceptos de remediación y restauración

En el artículo 3 fracción XXXIII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, *restauración* se define como el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. De manera muy similar, lo establece la Ley Ambiental del Distrito Federal en su artículo 6 fracción XXXIII.

De acuerdo al Diccionario de la Lengua Española, *restaurar* es reparar, renovar o volver a poner algo en el estado que antes tenía; reparar una pintura, escultura o edificio del deterioro que ha sufrido. Este es el concepto que se maneja en las leyes referidas a la restauración de edificios y monumentos.

Al tratar de interpretar las leyes ambientales, el término restauración sería aplicable solamente en sitios donde antes de que ocurriera una contaminación se apreciaba la evolución y continuidad de los procesos naturales, y podría interpretarse como una actividad meramente cosmética, más que de saneamiento o de limpieza.

El término *remediación*, no está registrado en los diccionarios de la lengua española, tal vez por eso en México no ha sido incluido en documentos oficiales. Sin embargo, se ha vuelto del dominio público como una

traducción de "*remediation*" que en Estados Unidos, Canadá y otros países de lengua inglesa, se ha venido usando para referirse a todas aquellas actividades de limpieza de sitios contaminados. Un término que si aparece en los diccionarios de la lengua española es el verbo *remediar*, cuya definición es poner remedio al daño; corregir o enmendar una cosa; socorrer una necesidad o urgencia; librar, apartar o separar de un riesgo; evitar que suceda algo de que pueda derivarse algún daño o molestia. Si nos ubicamos dentro del terreno ambiental esta definición es más precisa, ya que después de detectar un problema de contaminación lo que se busca es evitar un riesgo a la salud y al ecosistema en general.

A este respecto, tal vez sería menos grave adoptar el término remediación, o bien sus sinónimos técnicos, limpieza o saneamiento, en lugar de seguir utilizando el término restauración cuya definición puede entenderse como una actividad cosmética. Algo que ilustra lo anterior, es el hecho de enterrar los contaminantes y encima sembrar plantas. En estos casos será visible la evolución de los procesos naturales en la superficie, pero quedará fuera de nuestra vista lo que ocurra en el subsuelo y ahí los contaminantes podrán migrar hacia la profundidad en función de las características del sitio, creando un problema de mayor riesgo para el ambiente circundante y los habitantes de la región.

Alternativas tecnológicas para la remediación de sitios contaminados

En el mercado ambiental se ofrecen tecnologías de todo tipo para la remediación de sitios contaminados, las cuales se pueden clasificar en diferentes formas. De acuerdo a su base de funcionamiento, se clasifican en térmicas, fisicoquímicas y biológicas.

Las tecnologías térmicas están representadas por la incineración y la desorción. Para las fisicoquímicas existe una gran variedad de opciones como: microencapsulación, lavado, estabilización, solidificación, extracción al vacío y extracción de producto líquido, entre otras. Las tecnologías biológicas son las de bioremediación en las que se utilizan microorganismos y la fitorremediación que consiste en la utilización de plantas para recuperar suelos superficiales.

Características de las tecnologías de bioremediación

La capacidad de ciertos microorganismos para degradar hidrocarburos es lo que dio origen al desarrollo y aplicación de tecnologías de bioremediación, las cuales se han perfilado a nivel mundial como una alternativa muy atractiva para la limpieza de suelos y acuíferos contaminados.

La más importante característica de la bioremediación es que los contaminantes no se destruyen, sino que a través de la actividad microbiana se transforman en compuestos químicamente diferentes, algunos de ellos pueden ser completamente degradados. Cuando la transformación llega hasta la generación de bióxido de carbono, se habla entonces de una completa mineralización. La complejidad química de los contaminantes y la ausencia de otros nutrientes esenciales para la actividad metabólica hacen que el proceso requiera de varios años, y en algunos casos no se logra su completa degradación.

En los sitios donde ocurren derrames de hidrocarburos que no son atendidos inmediatamente, la flora microbiana presente en el suelo se somete a un proceso de selección natural, en el que los microorganismos sobrevivientes son aquellos que desarrollaron capacidades degradadoras. En esos casos, la mejor opción es utilizar la flora

autóctona del sitio, en lugar de agregar microorganismos exógenos. Para tratar derrames recientes será necesario recurrir a preparados microbianos.

Ventajas de la bioremediación

Una ventaja importante de la bioremediación es su bajo costo en relación con otros tratamientos (Alper, 1993). Este bajo costo se debe a varios factores, como un menor gasto de energía, bajo costo de los nutrientes y la operación bajo condiciones ambientales, esto hace que su uso sea muy atractivo para los países en vías de desarrollo.

La bioremediación es una tecnología limpia, ya que los contaminantes pueden ser transformados a compuestos inocuos como el bióxido de carbono. Otra característica es que cuando los nutrientes se agotan, incluyendo los contaminantes empleados como fuente de carbono, los microorganismos mueren.

La bioremediación es versátil porque puede adaptarse a las necesidades de cada sitio. Así, puede aplicarse bioestimulación si únicamente se requiere la adición de nutrientes para la actividad metabólica de la flora degradadora autóctona; bioincremento, cuando la proporción de la flora degradadora autóctona es muy reducida y se hace necesaria la adición de microorganismos degradadores exógenos; o bien, bioventeo cuando es imprescindible el suministro de oxígeno para estimular la actividad microbiana degradadora presente en el lugar. Cualquier opción puede realizarse fuera del sitio, si la contaminación es superficial, pero necesariamente *in situ* cuando los contaminantes han alcanzado el nivel freático.

Cuando se trata de suelos superficiales y el tratamiento se hace fuera del sitio, pueden utilizarse bioceldas o biopilas sobre

superficies impermeables que permitan la colección de lixiviados, de manera que no se contamine el espacio limpio. Además, después de la bioremediación el suelo se puede destinar al cultivo de especies vegetales para reincorporarlo a sus funciones biológicas más conocidas.

En el caso de aguas subterráneas, la bioremediación se aplica a través del bombeo-tratamiento-recarga que consiste en extraer el agua subterránea, tratarla en la superficie y posteriormente devolverla al acuífero, o bien, inyectar nutrientes y bacterias, de tal forma que se establece una recirculación.

A pesar de ser la tecnología más empleada a nivel mundial, existen ciertos aspectos que determinan el éxito de su aplicación, por ejemplo: los contaminantes pueden estar fuertemente adsorbidos al material geológico, o bien, estar presentes en zonas de baja permeabilidad, lo que ocasiona limitaciones en la transferencia de masa.

Desventajas de la bioremediación

La bioremediación no puede aplicarse en campo cuando:

- se tienen compuestos radioactivos
- los compuestos orgánicos contaminantes son altamente halogenados
- existen metales pesados en concentraciones tales que inhiben la actividad microbiana
- las condiciones microambientales son muy extremas

Debido a que cada microorganismo tiene sus propias características, la tolerancia que presentan a cada situación es muy particular. Puede ocurrir que cuando las concentraciones de los contaminantes or-

gánicos son muy altas, se observen fenómenos de inhibición.

Tampoco es muy recomendable la bioremediación cuando el material geológico es netamente arcilloso, porque su baja permeabilidad limita la transferencia de masa en el sistema. Lo anterior es determinante cuando la contaminación está en el nivel freático y el tratamiento es *in situ*. Para suelos superficiales este problema puede superarse si se agrega arena, o bien, algunos residuos agroindustriales, con lo cual se aumenta la permeabilidad y se favorece así, la transferencia de masa.

Riesgos de la Bioremediación

Una de las preocupaciones actuales dentro del campo de la bioremediación en México, es la constante introducción de productos comerciales patentados de origen microbiano. Desde un punto de vista muy riguroso, se sabe que los microorganismos nativos no son patentables porque son parte de la biodiversidad, solamente se pueden patentar aquellos que han sido manipulados genéticamente.

Se ha visto que a México han llegado productos microbianos vendidos como "polvos mágicos" desconocidos, capaces de destruir todo tipo de contaminantes, los cuales están siendo comercializados por gente de negocios que no tiene conocimientos de microbiología o de biotecnología y mucho menos, de bioseguridad.

Una de las recomendaciones de los fabricantes de productos microbianos es realizar aplicaciones consecutivas al suelo con la finalidad de alcanzar una cierta proporción, pero la realidad en muchos casos es que los microorganismos mágicos no logran adaptarse a las condiciones del sitio, y por más adiciones que se hagan no se registra la actividad degradadora.

Además de los productos microbianos, también se venden aditivos que son productos químicos patentados de formulación también desconocida, los cuales pueden ser nutrientes, o bien, tensoactivos (Saval, 1995). Estos últimos no siempre son biodegradables y cuando son agregados al suelo ayudan a la dispersión de los contaminantes, más que a su degradación. Cuando la aplicación de dichos productos se hace en una biopila o biocelda se pueden controlar dentro del sistema, pero si el tratamiento es *in situ* la dispersión de contaminantes ocurre en las aguas subterráneas.

Desarrollo de proyectos de bioremediación

En el desarrollo de proyectos en bioremediación es conveniente integrar expertos en las diferentes disciplinas involucradas, esto es, biotecnología, geohidrología y ciencias del suelo, quienes deben integrarse completamente en el problema desde que se inicia la caracterización. Esto permitirá sentar las bases para plantear estrategias que conduzcan a la solución de cada problema en particular.

La caracterización de un sitio contaminado debe considerarse como un diagnóstico muy preciso, ya que de aquí se genera la información que será utilizada, tanto para la definición de responsabilidades, como para la planeación de las actividades de remediación. El trabajo de campo se inicia con la prospección del sitio y su caracterización en la que se incluyen tres enfoques básicos: geohidrológico, fisicoquímico y microbiológico. La evaluación integrada de los resultados obtenidos permitira definir la posibilidad de aplicar una bioremediación mediante estrategias *ad hoc* para cada sitio.

En la práctica común, la caracterización microbiológica es poco considerada, a pesar

de que es determinante para definir la aplicabilidad de la bioremediación. Consta de dos tipos de estudios, la cuantificación de los microorganismos presentes y las pruebas de biofactibilidad en el laboratorio. Estas últimas son indispensables para predecir el tiempo que tomará la biodegradación.

La estrategia para la limpieza de un sitio es única para cada caso, y debe estar bien soportada en los resultados de su caracterización, de la misma forma que el médico que opera a un paciente, es aquel que diagnosticó la enfermedad después de varios estudios y análisis. Dada la importancia de la caracterización de un sitio, no se debe considerar que ésta es solo un requisito administrativo, sino una verdadera necesidad técnica en la que no se deben escatimar recursos y se deben involucrar expertos en el área.

Por lo que respecta al seguimiento de la concentración de contaminantes, existen dos enfoques, uno de ellos es seguir la reducción de los compuestos químicos más tóxicos, los cuales sirven como indicadores, y el otro es utilizar un parámetro más general. Por ejemplo, en el caso de sitios contaminados con gasólinas, se puede hacer referencia a los hidrocarburos monoaromáticos volátiles: benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX), o bien, al contenido de hidrocarburos totales. Al establecer los límites de limpieza será necesario definir cuál de los dos conceptos es el más adecuado, dado que el primero se refiere a la reducción de la toxicidad y el segundo a la limpieza del sitio. La tendencia actual es basarse en una evaluación de riesgo, pero también se recurre a normatividades extranjeras que varían en un amplio margen (Saval, 1995). La primera opción toma su tiempo y tiene un costo, con la segunda se tendrá la incertidumbre de saber si fue la más adecuada.

Participación del Instituto de Ingeniería en actividades de Bioremediación

La Coordinación de Bioprocesos Ambientales del Instituto de Ingeniería se ha involucrado en diversos proyectos patrocinados por el sector paraestatal, con el interés de aplicar la bioremediación en casos reales. Los contaminantes más estudiados se refieren a combustibles derivados del petróleo, presentes en suelos superficiales y en aguas subterráneas. Durante el desarrollo de estos proyectos se han alcanzado varios logros como son:

- La aportación de elementos para generar una cultura de bioremediación de suelos y acuíferos contaminados con hidrocarburos.
- El establecimiento de criterios para la evaluación de tecnologías de remediación de suelos contaminados.
- El desarrollo de metodologías para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de suelos contaminados.
- La participación activa en la formación de recursos humanos altamente calificados.
- La interacción con otras disciplinas relacionadas con el área.

Discusión

A pesar de que no se cuenta en México con un inventario de sitios contaminados que sea del dominio público y que sirva de base para la estimación del mercado real de la bioremediación, éste existe (Solleiro y Castañón, 1996). De hecho, esa es la razón por la que un gran número de compañías extranjeras llegan a México con la finalidad de vender sus productos o sus servicios de aplicación de tecnologías. En varios casos los resultados han sido poco exitosos, por las bajas eficiencias de lim-

pieza y un mayor deterioro ambiental por la adición de químicos desconocidos.

La necesidad de dar solución urgente a varios problemas ambientales, muchas veces lleva a la aplicación de tecnologías disponibles en el mercado que no siempre aportan los resultados esperados. La razón de lo anterior, es que las bacterias contenidas en los productos comerciales que se aplican, son incapaces de sobrevivir en ambientes diferentes a los de su origen. Un aspecto indispensable para lograr éxito durante la aplicación de cualquier tipo de tecnología, es la necesidad de adaptar e innovar, o incluso realizar nuevos desarrollos, situación que no se ha dado para la bioremediación.

Algo que no se ha tomado en cuenta es que las características de cada suelo son diferentes y que no es una regla general que los microorganismos se adapten fácilmente a cualquier hábitat. En el caso de México, los suelos tienen características físicas, químicas y biológicas muy particulares, que los hacen diferentes a los suelos de otro lugar del mundo. Por lo que respecta a las características de los contaminantes, conviene resaltar dos aspectos que son: su complejidad química y el hecho de que en algunos casos, tienen ya un avanzado grado de intemperismo. Estas situaciones que por lo general no son tomadas en consideración, dificultan el tratamiento de un suelo contaminado y algunas tecnologías probadas exitosamente en otros países no han funcionado en México.

Las tecnologías que cuentan con un buen respaldo científico se deben tener bien identificadas sus virtudes y sus limitaciones. Para aquellas que se han aplicado en el extranjero es indispensable asegurarse de que hayan tenido experiencias previas al tratar contaminantes de composición conocida y comparables al tipo de contaminan-

tes que comúnmente se encuentran en México.

Un aspecto adicional que conviene señalar es que una gran mayoría de instrumentos jurídico-administrativos que se manejan en la práctica cotidiana, perjudican el desarrollo de trabajos ambientales enfocados a la limpieza de sitios. Para tomar una buena decisión se debe considerar que la mejor propuesta económica no siempre corresponde a la mejor alternativa técnica, y por otro lado, aquella empresa que caracteriza un sitio contaminado es quien mejor lo conoce y más rápidamente puede plantear estrategias para su remediación. Algo que está ocurriendo en la práctica es que la empresa que inicia trabajos en un sitio caracterizado tiempo atrás, necesariamente debe repetir el diagnóstico, en virtud de que los contaminantes se han movido de lugar, esto hace que se requiera más del tiempo programado para el proyecto.

Conclusiones

Los retos actuales más importantes para trabajar en bioremediación en México son: demostrar que funciona en el suelo que pretende ser tratado y que son tecnologías ambientalmente seguras que no causarán alteraciones negativas al ecosistema.

Las oportunidades de negocio para la bioremediación existen, dada la gran variedad de opciones que existen en el mercado y la poca experiencia de las empresas ambientales en este campo, se plantea la necesidad de establecer políticas en las que se revisen los siguientes aspectos:

- descripción detallada de la tecnología
- resultados de experiencias previas en otros sitios donde se hayan tratado contaminantes de composición química similar

- perfil del personal técnico que será responsable del proyecto y dominio de la tecnología
- revisión de los resultados de la caracterización del sitio
- resultados de las pruebas de biofactibilidad realizadas para el problema específico que va a ser tratado
- justificación del uso de productos microbianos y de aditivos
- parámetros por analizar durante la aplicación de la tecnología en cualquier escala
- hoja descriptiva y de seguridad de los productos a utilizar
- seguridad ambiental en el sitio de tratamiento y sus alrededores

En los casos donde no se tengan experiencias previas bajo las condiciones que imperan en México, conviene realizar pruebas piloto o de demostración en campo antes de operar en escala real.

Bibliografía

1. Alper, J. (1993). Biotreatment firms rush to marketplace. *BioTechnology* 11: 973-975.
2. Liu S. and Suflita J.M. (1993). Ecology and evolution of microbial populations for bioremediation. *TIBTECH*. 11: 344-352.
3. Saval, S. (1995). Remediación y restauración, en *PEMEX: Ambiente y Energía. Los Retos del Futuro*, coedición UNAM-Petróleos Mexicanos, México, pp 151-189.
4. Solleiro, J.L. and Castañón, R. (1996). Environmental Biotechnologies in Mexico: Potential and Constraints for Development and Diffusion. In *Biotechnology for Sustainable Development*, University of Tennessee, Knoxville, USA, in press.

SITE REMEDIATION USING BIOLOGICAL PROCESSES

*Denis Morrisette, P. Eng., Marie-Claude Drouin, M. Sc., BIOGENIE Inc.,
and Geoff Golder, M. Sc., KPMG Management Consulting Inc.
Invited by Quebec Government*

Site remediation using biological processes

Biologically-based methods of treating waste water, to reduce the amount of organic content, have a long history in the waste treatment sector. More recently, interest in the use of biologically-based methods of treating pollutants has grown, leading to the development of applications for the treatment of contaminated soil and groundwater (bioremediation). The major benefits of the bioremediation include low cost, innocuous by-products, low energy consumption, natural and permanent elimination of contaminants. This report presents an overview of the major bioremediation processes applied to site remediation.

1. Basic Principles

Biodegradation is defined as the biologically catalyzed reduction in complexity of chemicals, and in the case of organic compounds, biodegradation leads to the conversion of the carbon, nitrogen, phosphorous, sulphur and other elements in the original compound to inorganic products, such as minerals, carbon dioxide and water. Such a conversion of an organic substrate to inorganic products is thus, known as mineralization.

In the majority of cases, mineralization of synthetic chemicals by biological processes occurs primarily through microbial activity. Microbes use the carbon and energy available in the compound to grow and survive. The parent compound is

subsequently destroyed and converted to inorganic products through the mineralization process.

Biodegradation may occur under aerobic or anaerobic conditions (i.e., with or without oxygen). Some examples are as follows:

- Petroleum hydrocarbons can be degraded by aerobic bacteria into CO₂ and water. Bacteria use the energy generated from the hydrocarbons as a primary food source for growth.
- Chlorinated hydrocarbons can also be degraded through bacterial activity in the presence of methane. Utilization of methane generates enzymes which degrade the chlorinated solvents—a CO₂-metabolic process.
- Under anaerobic conditions, chlorinated solvents such as trichloroethylene (TCE), can be degraded in a sequence of steps, however, the intermediary by-products (e.g. vinyl chloride) may sometimes be more hazardous than the parent compound.

Several conditions must be satisfied for microbial degradation to take place in an environment. These include the following:

- An organism must have the necessary enzymes to carry out biodegradation. However, the mere existence of an organism with the potential to breakdown the substance of interest is not sufficient for biodegradation to occur.
- The chemical must be accessible to the organism with the enzymes for biodegradation. Many chemicals persist

even in environments containing the biodegrading species simply because the organism cannot access the compound that it would otherwise metabolize. Inaccessibility may result from the substrate being in a different micro-environment from the organism, in a solvent not miscible with water, or adsorbed to a surface.

- Favourable conditions must exist in the environment for growth and proliferation of the microorganisms. This is necessary because the population or biomass of bacteria or fungi acting on many synthetic compounds is initially small in many environments.
- To grow, heterotrophic bacteria and fungi require, inter alia, a source of carbon and energy (i.e., pollutant), as well as a group of other nutrient elements (e.g., nitrogen, phosphorous) and an electron acceptor.

That electron acceptor is oxygen for aerobes, but it may be nitrate, sulphate, carbon dioxide, ferric ion, or organic compounds for specific bacteria able to utilize these substances to accept the electrons released in the oxidation and breakdown of the energy source.

In transferring the basic concepts to a commercial application for cleanup, it must be emphasized that a multidisciplinary knowledge combining microbiology as well as other fields such as biochemistry, geochemistry and hydrogeology is required. While it is important to understand the requirements of the organisms breaking down the pollutant, for biotechnology to be successfully applied within the environment, it is necessary to take a "systems" approach and consider factors such as: type of soil (e.g., permeability, pH), flow rate of ground water, ecological impacts. Bioprocess engineering may involve all the above fields, and assist in optimizing the biodegradation process.

It is also necessary to remember that microorganisms are also limited in their capabilities to degrade certain compounds, especially human-made xenobiotic substances that do not occur naturally, such as DDT and PCB. In other words, environmental biotechnology cannot provide a "cure all" solution for all contamination problems.

The remainder of this document describes the status of applications of environmental biotechnology in the soil and groundwater treatment fields, using bioremediation.

2. Bioremediation

2.1 Basic characteristics

Bioremediation is now recognized as a reliable treatment technology for the remediation of hazardous waste sites. The goal of bioremediation is to degrade organic pollutants to concentrations that are either undetectable, or acceptable by regulatory agencies. To achieve this goal, bioremediation processes use microorganisms to biologically breakdown organic contaminants present in various polluted media. The breakdown is carried out in the presence of a suitable growth environment made possible through appropriate engineering design.

Currently, nearly all forms of bioremediation in practical use are aerobic. However, it is now clear that anaerobic bacteria can act as a catalyst for many reactions and can destroy compounds that are resistant to aerobes. Bioremediation can also be effective as a pre- or post-treatment step for other cleanup techniques.

Bioremediation may either be achieved:

- In situ, i.e., at the original site of contamination without excavation or

removal of the soil. Examples of in situ bioremediation include: biovent systems, air sparge systems, soil vapor extraction, sponge-vent systems, and sparge barriers.

- Ex situ, where contaminated material is removed and transferred to a separate treatment site or facility. Examples of ex situ bioremediation include: landfarming, biopile treatment, and bioreactors.

The choice of method for a particular site often depends on a combination of factors, as shown in table 1. Field applications of bioremediation often have variable results, due to such factors as type of soil, microbial communities present, and the bioavailability of pollutants.

Table 1
Comparison of in situ and ex situ bioremediation

Ex Situ	In Situ
Easier to control.	Minimal site disruption and lower cost.
More reliable in outcome relative to in situ. Soil conditioning is usually required to optimize oxygen flow, permeability and homogeneity, moisture content, temperature, pH and inorganic nutrient addition.	More variability in results when treating apparently similar sites. Pre-treatment soil conditioning is not a requirement.
Excavation facilitates oxygenation of contaminated soil.	Oxygen delivery is a critical factor in aerobic processes, and affected by each site's soil type, groundwater, geology, etc.
By-products of treatment process can be contained.	Toxicity and effect of by-products of microbial activities must be considered (e.g., PAH may be converted to phenol which is soluble and may contaminate groundwater).

A thorough site assessment is the key to success in both ex situ and in situ treatment. Site information determines the

major design parameters, such as the spacing of the vent, sparge and nutrient injection points, the choice of either horizontal or vertical wells, and the depth to which wells should be screened to ensure that oxygen and nutrients are effectively transported to contaminated soil.

3.- Typical methods of ex-situ Bioremediation

Although in situ and ex situ bioremediation both have the commonality of using living organisms to eliminate toxic compounds, the various methods within each of these categories are quite different.

Descriptions of some of the most common ex situ processes are as follows:

a) Landfarming

Contaminated soil is excavated and placed in thin layers (about 30 cm) over an impermeable membrane thus creating a treatment cell. To optimize microbial activity, nutrients (nitrogen, phosphorous) moisture content, pH and oxygen are controlled. In this process, aeration is carried out mechanically by tilling the soil at regular intervals. It is typically the simplest and least expensive alternative for the treatment of non volatile hydrocarbons, however, it requires a lot of space for the period of the treatment time several months to several years, and is subject to climatic conditions, notably freezing and rain falls.

In view of using this process all year long (in cold climate) the work may be carried out in a shelter (or greenhouse). In this case, it is easier to collect and treat the pollutants volatilized during the process.

Figure 1: Landfarming

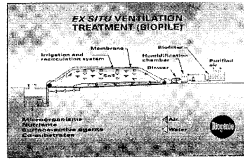


Figure 1 : Example of an ex-situ bioremediation operation (soil treatment station)

Benefits

- Economical;
- Applicable to non volatile hydrocarbons;
- May be used year round (greenhouse);
- Rapid treatment for easily biodegradable compounds;
- Potential control of gaseous effluents;
- Control of lixiviate.

Drawbacks

- Site specific;
- Uneven treatment;
- Very long treatment time for heavy hydrocarbons;
- Not proven for PAH > 5 rings;
- Performances difficult to predict;
- Risks for workers;
- Technology refused by government authorities in some countries.

b) Biopile Treatment

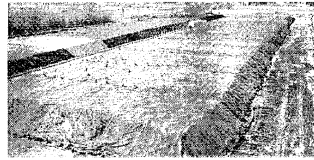
Contaminated soil is excavated and stockpiled on a treatment platform set up in a way that it is possible to collect the lixiviates from the process, the ones being recycled or treated. The biopile is covered by a plastic greenhouse to avoid the rain water from coming into contact with the polluted soils and to avoid the release of volatile hazardous products to the atmosphere. Water and nutrients (nitrogen,

phosphorous) are dispensed through an overhead spray-irrigation system, and aeration is provided by pumping air through the soil. The benefit of this technique lies in the fact that it allows not only a better process control, but also, the control of atmospheric emissions, process gases being treated in a complementary biofilter.

Actually in Quebec, Canada, the biopile is the most commonly used bioremediation method. It integrates three major processes:

- The washing of free-phases mixed with the soil;
- The volatilization, collection and biodegradation of light fractions;
- The biodegradation after solubilization, of the hydrocarbons linked with solid particles.

Figure 2: Biopile



The Biopile may be adapted to different soil structures (sand, silt, clay) and to contaminant concentrations as high as 30,000 mg/kg (ppm).

Benefits

- Very economical;
- Efficient for petroleum hydrocarbons;
- Adaptability design to many types of pollutants; most types of soils;
- May be used all year round (cold climates);
- Control of gaseous effluents;
- Control of lixiviates.

Drawbacks

- Site specific;
- Uneven treatment in some cases (heterogeneity);
- Long treatment time for heavy hydrocarbons;
- Few proven cases with PAH (> 5 rings) and PCB;
- Performances hard to predict in complex situation;
- Pasteurization effect in highly organic soil.

c) Bioreactor Systems

Bioreactors are high-energy, solid-suspension systems designed to treat slurries in the 10-30 % solids range. This is the most complex and expensive alternative. The higher cost is often justified by the faster treatment time (on the order of hours to days) as well as the ability to degrade contaminants on difficult-to-treat soil matrices.

The same approach may also use complementary processes such as bioventing and biofiltration to treat air, contaminated with volatile compounds and extracted from the soil in the treatment cell.

Activated sludge types

Following excavation, as contaminants stick mostly to small particles, the contaminated soil is screened to remove big particles and stones and is mixed with water to form a slurry. The sludge is then placed in a series of aeration basins to be mixed with different elements specially selected in relation with the remediation required.

The first basin is usually fed with air, nutrients and, if needed, adapted

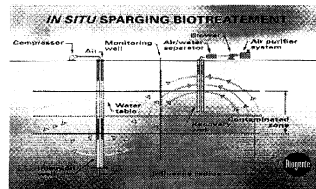
microorganisms. They may be pure cultures or consortiums specially selected for their enzymatic activities. Through this first step, the bioavailable components should have been degraded.

In a second basin, tensioactive agents may be introduced to release the pollutants strongly adsorbed to soil particles.

Finally, biodegradation ends, if needed, in a third basin, by a supplementary supply of oxygen and nutrients.

"Activated sludge" bioreactors are used mainly to accelerate the degradation process by improving the control and the bioavailability of pollutants. Their best potential is for the treatment of pollutants refractory to biodegradation such as PCP, PAH, etc.

Figure 3: "Activated Sludge" Type Bioreactor



Benefits

- Better control of environmental parameters;
- Improvement of the bioavailability of pollutants;
- Process control;
- Speed of reaction;
- Reduced treatment time for heavy hydrocarbons;

- Practical for bioaugmentation (bacteria, fungi);
- Independent from weather conditions;
- Applicable to contaminated sludges;
- Proven for PAH and some PCB and PCP.

Drawbacks

- High treatment costs;
- High energy requirements (aeration, mixing);
- Necessity of a solid-liquid separator;
- Higher cost for treating liquid effluent (regulations more stringent);
- Complex operation.

Solid-State Types

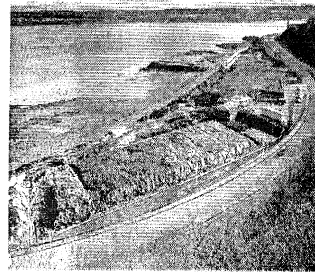
These bioreactors are made of old rotating kilns working without water additives, as solid phase reactors.

The soil is amended with nutrients (nitrogen, phosphorous) and structuring agents (peat, sawdust) in view of controlling particle agglomeration. Soil moisture is adjusted while occasional stirring increases bioavailability of pollutants and reduces the retention time of the most recalcitrant compounds.

This technology, not commonly used in Canada nor in USA, has found some successful applications in Germany and Holland for the treatment of heavy hydrocarbons.

It draws some benefits, notably in cold climates since the system may be easily heated. It's major drawbacks are, however, a higher cost and more complex operations compared to biopiles or activated sludge types.

Figure 4 : "Solid State" Type Bioreactor



Benefits

- Better control of environmental parameters;
- Improvement of the bioavailability of pollutants;
- Process control;
- Reduced treatment time for heavy hydrocarbons;
- Practical for bioaugmentation (bacteria, fungi);
- Independent from weather conditions;
- Applicable to contaminated sludges;
- No water treatment required.

Drawbacks

- Site specific;
- High treatment cost;
- Complex operation;
- Not proven for PAH and PCB;
- Not applicable with clay (soil agglomeration)

4.- Typical methods of in-situ Bioremediation

Over the recent years, interest in situ bioremediation has increased because of its cost-effectiveness and the fact that it can be implemented below existing buildings and other areas with high activity with little or no impact on daily operations. In situ bioremediation is also about 60-80% lower in cost than physical and chemical methods. The in situ approach, however, has limitations linked to soil permeability and homogeneity, which influences the predictability and ease of control of the processes used. Figures 5 and 6 provide illustrative examples of in situ and ex situ bioremediation.

Methods of in situ bioremediation of soil and groundwater include all techniques in which soil is not removed in the treatment process. In such cases, the process is speeded up through the addition and distribution of oxygen and nutrients through the contaminated area to enhance microbial activity. Bioaugmentation through the addition of additional numbers of microorganisms may also occur in some cases where the existing microbial population is too small for significant degradation to take place. Any of the following in situ processes can be combined:

a) Bioventing

This technique is best applied for the remediation of soils contaminated with gasoline (BTEX), this technique relies upon the injection of a low volume of air through unsaturated soils.

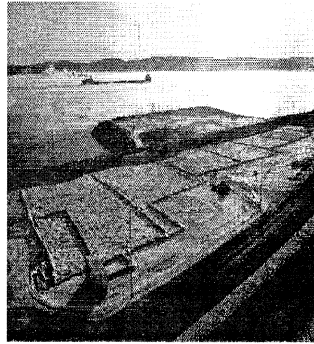
The objective is to maximize the biodegradation activity while minimizing, at the same time, the volatilization of BTEX, the ratio of bioremediation to volatilization

can be maximized by moving only as much oxygen through the soil as indigenous bacteria can consume.

However, certain compounds being highly volatile, filters are usually connected with the recovery wells. Also, in some cases, an addition of nutrients may speed up the reaction.

Bioventing is mostly applied in sandy type soils having a high permeability. It's a low cost approach practically independent from the outside weather conditions.

Figure 5 : In situ Bioventilation Treatment



Benefits

- Low cost;
- Light infrastructure;
- Best for gasoline treatment;
- Independent from climate (may operate in winter);
- Nutrient addition reduces treatment time.

Drawbacks

- Treatment time for heavy hydrocarbons may be long;
- Danger of underground water contamination by vapors;
- Requires a regular control of atmospheric emissions;
- Not proven for "DNAPL";
- Performances hard to predict

b) Air Sparging

The air sparging process is based on the injection of the necessary oxygen to stimulate the activity of the microorganisms adsorbed to soil particles or living in the underground water. This oxygen may be introduced in the saturated zone by injecting oxygenated water, hydrogen peroxide or air. It is also possible to accelerate the process by adding nutrients and tensioactive agents.

As air, the most commonly used agent, is injected, the biodegradation of the pollutants is accelerated in the saturated and unsaturated zones while the vaporized contaminants pass into the air phase and are eventually captured and removed by a vapor collection system.

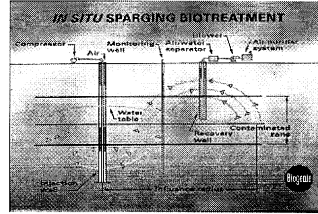
This process can be used to enhance remediation of gasoline contaminated saturated soils and ground water. In addition, it enhances degradation of heavier, less volatile compounds by increasing the dissolved oxygen content.

A variation of the same method consists in introducing specific microorganisms in the soils (bioaugmentation), notably for the treatment of PCP and creosote.

In addition, the design must be made in such a way that, through the treatment process, the pollutants will not be lost in the

gas phase nor be dissolved in the underground water.

Figure 6 : Air Spargin



In addition, the design must be made in such a way that, through the treatment process, the pollutants will not be lost in the gas phase nor be dissolved in the underground water.

Benefits : Same as "Bioventing"
Drawbacks: Same as "Bioventing"

c) Soil Vapor Extraction (SVE)

This technique can be combined with other physical-chemical treatment, however, we are focusing primarily on microbial degradation of pollutants. A vacuum is drawn through unsaturated soils to promote the flow of fresh air into the subsurface and supply oxygen for bioremediation. Air is removed from screened wells connected to the vacuum to facilitate volatilization and breakdown of contaminants adsorbed to the soil. Off-gases are treated on site. This method is relatively low cost, low maintenance, and unobstructive, but it has limited effectiveness in heterogeneous soils, and cleanup time tends to range from a few months to a few years.

SVE may also be used as a pre-treatment (in situ) combined with the pumping of

contaminated underground water in view of an ex situ treatment. In this case, the objective of the pre-treatment is to detach pollutants from the particles to facilitate their treatment in bioreactors installed at the surface. It may also rely upon the use of vapor, surfactants or a washing technology coupled with a dense network of injection and recovery boreholes. This combined approach is applicable in harsh environmental conditions and where the concentration of contaminants is too high for a standard in situ treatment.

d) Sponge Vent Systems

Sparging and Soil Vapor Extraction (SVE) is used simultaneously to promote degradation. This is the best solution when contamination is present in both saturated and unsaturated soils.

e) Sparge Barriers

Barriers are made by injecting air or oxygenated water in a line of sparge points to form a biological filter or barrier to the down-gradient migration of contaminants. The treatment zone is converted in a system promoting the growth of microorganisms and contaminants are degraded as they move through this zone. In the case of a site contaminated with gasoline (e.g. service station) where many pollutants are soluble in the underground water, such a barrier may eliminate the risk of contaminating the surrounding properties.

This technology, actually under development, could also be used in sequential mode (anaerobic/aerobic) to treat underground waters contaminated with complex molecules such as chlorinated solvents.

Figure 7 : Sparge Barrier

5.- Biostimulation vs Bioaugmentation
(*Indigenous Microorganisms vs Specialized Cultures*)

The biodegradation potential depends on the biodegradability and bioavailability of the cultures and the presence of desired microorganisms.

Soil normally contains several hundred million viable bacteria and fungi per gram of dry weight. One percent to 30 percent have degradative capacity toward hydrocarbons. Once appropriate environmental conditions exist, contaminant breakdown, or biostimulation, will occur.

In cases where indigenous hydrocarbon-degrading microorganisms are not present in the required quantities, bioaugmentation is practiced. This involves introducing microorganisms, using liquid or solid base inoculants on biomass, into the contaminated soils in order to enhance the microbial population

a) *Biostimulation*

Benefits

- Low cost;
- No introduction of external organisms in the environment;
- Indigenous microorganisms often most adapted to pollutants;
- Applicable to all environments.

Drawbacks

- Ideal nutritional formula is unknown (for soil);
- Non selective stimulation (potential unbalance);
- May stimulate growth of pathogens;
- Potential inhibition of degraders.

b) Bioaugmentation

Benefits

- Addition of specialized microorganisms (bacteria, fungi);
- Addition of the nutritional formula of the degraders;
- Reduced treatment time;
- Reduced risk to introduce pathogens.

Drawbacks

- High cost;
- Difficulty of adaptation of the added microorganisms;
- Increase in microbial activity often marginal;
- Unknowns related to the environmental risk.

6. Contaminants most amenable to bioremediation

The majority of contaminants that have been treated by bioremediation to date are petroleum derivatives, including fuels, petroleum solvents such as acetone and ketone, and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) found in coal tars and creosotes. Table II summarizes the range of contaminants that are most, and least, amenable to field applications of bioremediation. In general, the most easily treatable group tends to be the short-chain hydrocarbons and single ring aromatics, with difficulty increasing as one moves towards the longer chain hydrocarbons, chlorinated aromatics and PAHs.

Table II
Biodegradability of organic hazardous waste in field applications

Readily Degradable	Moderately Degradable	Hard to Degradate
Gasoline	#6 Oil	TCE
Jet Fuel	Crude Oil	PCE
Diesel Fuel	Lubricating Oils	Vinyl Chloride
Toluene	Coal Tar	PCBs
Benzene	Creosotes	DDT
Isopropyl Alcohol	Pentachlorophenol	Chlordane
Methanol	Nitrobenzene	Heptachlor
Acetone	Aniline	PAH (> 5 rings)
Ketone	Long chain aliphatics	
Phenols	Phthalates	
Acrylonitrile	PAH (< 4 rings)	

7. Performance costs and characteristics

Hazardous waste cleanup via bioremediation is a highly cost-effective approach, and one that has a high degree of public acceptance, given its reliance on naturally occurring microorganisms, versus such alternatives as incineration and chemically based methods.

In Canada, the cost of soil bioremediation ranges from \$20 to \$80/ton and is dependent on the following factors :

- Type of process used;
- Type of contaminants;
- Initial and required concentrations;
- Volume and age of contamination;
- Bioavailability of contaminants;
- Soil structure, and;
- Presence of, or otherwise, of contamination of the water table.

In terms of performance, biodegradation efficiencies to 90% can be obtained with gasoline and diesel contaminants, while a 45 to 70% range is typical with more complex molecules.

8.- Major advantages and disadvantages

The main **advantages** of bioremediation are as follows:

- An "environmentally friendly" and "natural" process a major benefit from the perspective of regulators and the general public. Bioremediation is one of the few treatment processes that is currently well received by the general public.
- It allows site to be treated without major disruption of normal activities.
- Destroys contaminants rather than moving them into another media, or converting them to another contaminant.
- Produces more manageable by-products than many of the conventional chemical and thermal methods which take place at high temperatures, extreme pressures, with a wide variety of highly reactive chemicals.
- Consumes less energy relative to the traditional methods, as bioremediation takes place at moderate temperatures and pressures.
- Costs less than many other existing alternatives.

The main **disadvantages** of bioremediation are as follows:

- Highly specific reactivity for contaminants—treating sites with mixed wastes, such as soils contaminated with organic compounds and metals or radionuclides may therefore be difficult

because of this.

- Not all biodegradable compounds can be rapidly and completely degraded—furthermore, contaminants are not degraded to a zero concentration level.
- More time is often required for the process to take place relative to traditional methods. Many owners of contaminated sites want remediation work to be completed quickly, especially when they are seeking to sell the property or to convert it to a different use.
- Research is still needed to develop appropriate technologies, and establish predictability, reliability and effectiveness parameters for specific compounds under various conditions.
- Toxic by-products can sometimes be formed in the treatment process.

For bioremediation to be successful, the following site factors must be present:

- Metabolically capable microbial populations;
- Suitable environmental growth conditions;
- Acceptable soil composition and properties; and
- Appropriate concentrations of substrates and nutrients.

Table III illustrates the applicability of different methods, and their specific advantages and disadvantages.

**Table III
Pros and cons of biotreatment processes**

Method	Applicability	Advantages	Disadvantages
IN SITU			
In situ bioremediation (venting, sparging)	BTEX MOG TCE	Environmentally friendly Risk handling problem reduced Easy to operate Cost effective Not very cumbersome Relatively fast Minimal site disposition is possible Applicable for treatment under building	Highly dependent of the soil composition and repartition
EX SITU			
Biopiles	BTEX MOG PAH TCE PCB	Ability to control environment factors conducive to biodegradation Very cost effective Easy to operate Easy to design Applicable for many soil types and for diverse conditions Complete degradation into harmless substances is possible	Area limitations Residual concentrations and bioavailability problems
Anaerobic Bioremediation	PCB PCE TCE	Able to catalyze many reactions and destroy many compounds that are resistant to aerobes	May require long treatment periods Uncompleted treatment Possibly requiring aerobic conditions to complete degradation process
Enzymatic conversions	PAH PCP TCE PCE TNT RDX HMX	May be used to decontaminate soils having unwanted pesticides or other toxicant Might be useful for converting some persistent pollutants to products that are harmless	Possible limitations of the activity and stability of introduced enzymes in natural systems
Bioreactor (soil washing)	TCE PCE PCP PAH PCB	Ability to control environmental factors conducive to fast biodegradation Objective is to apply agitation or mixing in order to enhance process rates and to reduce any gross segregation	More expensive Requires further treatment of the slurry soil
IN SITU or EX SITU			

Method	Applicability	Advantages	Disadvantages
Biological seeding/ Bioaugmentation (bacteria, fungi) (Mostly ex situ)	PAH TNT RDX HMX PCP	May reduce the acclimation period May be necessary because conditions at the site preclude members of the resident community from functioning rapidly	Microorganism may be affected by environmental factors and competition with native species selection of suitable microbial strains is largely based on trial and error
Co-metabolism	PAH PCP TCE PCE TNT RDX HMX	The transformation of an organic compound by microorganism that is unable to use the contaminant (substrate) as a source of energy removal of trace concentrations is possible	Few engineered systems have been designed to exploit Such technology must provide not only the specific compound of concern but also a substrate that would provide C and energy to support growth
Phytoremediation (Phyto-degradation)	Organics and inorganics	Applicable for very large surface areas Plants can be a cost-effective alternative to physical remediation	No soil has been successfully decontaminated by phytodegradation Contaminants that are highly water soluble may leach outside the root zone and require containment Need to be considered as a long-term remediation process
Used in combination with IN SITU or EX SITU methods			
Air treatment Biological gas cleaning	TCE VOC Odors H2SO4	Inexpensive Low energy requirements Pollutants are totally converted into harmless substances without accumulation of toxic residues	Require relatively large areas and low air loading rates (< 1,000 mg/m3) Empirical processes based on a black box
Water treatment Fixed film systems (trickling filter, submerged on a flooded aerobic filter)	Organic and inorganics	Low costs per m3 of treated water Both very high and very low concentrations of (organic) pollutants can be handled	Treatment efficiency is proportional to the amount of biomass, excessive growth in biological filters can fill the spaces in the packing material
Legend: BTEX—Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene; HMX—Octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine; MOG—Mineral oil and grease; PAH—Polycyclic aromatic hydrocarbons; PCB—Polychlorinated biphenyls; PCE—Perchloroethylene; PCP—Pentachlorophenol; RDX—Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine; TCE—Trichloroethylene; TNT—2,4,6-Trinitrotoluene; VOC—Volatile Organic Compounds.			

Delegación General de Quebec
Av. Taine 411
Col. Bosques de Chapultepec
11580 Mexico D.F.
Tel.: 250.82.22

**THE COMMON GROUND PROCESS: A REPORT TO THE U.S. DEPARTMENT OF
ENERGY ON RECOMMENDED FUTURE USES OF THE
OAK RIDGE RESERVATION, TENNESSEE**

Robin K. White, Ph.D.
Hazardous Waste Remedial Actions Program
Managed by Lockheed Martin Energy Systems Inc.
U.S. Department of Energy

U.S. Department of Energy

In 1977, the U.S. Congress created the U.S. Department of Energy to manage the country's energy resources and to oversee energy research and conservation. The Department of Energy also assumed responsibility from the Atomic Energy Commission for the production of all nuclear weapons and materials. For the next decade, the Department of Energy continued to operate its nuclear production facilities under the same conditions of secrecy that had existed since 1945. However, even before the Soviet Union began to show signs of its breakup, the Department of Energy was concerned with cleaning up the waste created by its defense production activities.

Historical overview of the Oak Ridge Reservation

The city of Oak Ridge, Tennessee, did not exist prior to 1943. From the fall of 1942 to the spring of 1945, Oak Ridge went from consisting of four small farming communities, home to about 1100 families, to becoming, during the war at least, the fifth largest city in Tennessee.

The U.S. Army Corps of Engineers originally laid out the town and anticipated it would have a population of about 13,000. By the end of the war in 1945, the population had exploded to more than

75,000 people, all living "behind the fence." The population has been about 25,000 since the early 1950s. During World War II, the entire community was within the secure military compound that was Oak Ridge. Oak Ridge became known as the "cradle of the atomic bomb" because of its role with the top-secret World War II Manhattan Project. In September 1942, President Franklin D. Roosevelt appointed General Leslie Groves to supervise the purchase of 59,000 acres of land for creating a city and three plants (which make up the Oak Ridge Reservation) in this area for the purpose of secretly developing an atomic weapon.

The Clinton Laboratories (now called Oak Ridge National Laboratory) was to serve as a pilot plant that would be used to produce the first gram (measurable quantities) of the manmade element, plutonium. The second was the Y-12 Plant, a facility built to produce highly enriched uranium-235 using the electromagnetic separation process. The K-25 Site was built to produce enriched uranium-235 by the more efficient gaseous diffusion process of uranium enrichment.

These three plants are still in operation today and are managed by Lockheed Martin for the Department of Energy. Oak Ridge National Laboratory remains a research and development laboratory, only today with a greatly expanded range of missions. The Y-12 Plant was a manufacturing facility for nuclear weapons

components for most of the past 50 years until its mission changed to one of technology transfer. The K-25 Site (now called the East Tennessee Technology Park) was a uranium enrichment facility, using the gaseous diffusion process, until that mission ended in 1985. Today, most of the K-25 Site's infrastructure is available for lease to private industry.

Background

Because of the Department of Energy's changing missions, the future uses of many existing buildings and land parcels are likely to change. In cases where missions are known, land and facilities will be retained by the Department of Energy. In cases where facilities and land will not be needed, reuse, disposals, or outgrants for other governmental or private sector uses may be considered.

The Common Ground Process was developed in early 1994 to determine preferred future land use scenarios for the Department of Energy's Oak Ridge Reservation in Oak Ridge. The effort was initially driven by regulatory requirements and a direct request from the Department of Energy's Assistant Secretary for Environmental Management for a stakeholder-driven process to determine preferred land-use options for all Department of Energy reservations so that cleanup operations would be based on the most likely and acceptable land uses. The primary objective of the Common Ground Process was to develop and examine options for future land use that lead to cleanup solutions that are most effective in terms of cost and environment risk management and represent preferences by all stakeholders.

Considerations of the process included:

- a range of feasible future use of options;
- the identification of national needs and goals;
- an evaluation of the opportunities and constraints of alternative uses;
- legal, physical, socioeconomic, technological, and cost considerations; and
- the perspectives of the Department of Energy and all interested parties.

Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act Process

The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act is a U.S. federal law enacted in 1980 that governs the cleanup of hazardous, toxic, and radioactive substances. The Act and its amendments created a trust fund, commonly known as Superfund, to finance the investigation and cleanup of abandoned and uncontrolled hazardous waste sites.

In regard to the Common Ground Process, the objectives were to determine proposed land use options and associated exposure levels and then obtain concurrence from the regulators on the cleanup levels.

Importance of future use options to the Department of Energy

Future use options are critical to many Department of Energy planning and decision-making processes, especially site development planning and environmental remediation decisions. The future use options are expected to serve as a basis for many Department planning and decision-making activities, including strategic and mission planning, siting facilities,

establishing remediation goals, and transferring or leasing inactive and surplus facilities for other governmental or private sector use. Stakeholder-preferred options will assist the Department of Energy in defining both complex-wide and site-specific missions. Similarly, known and projected Department of Energy missions will help to identify future use options. (See Table 1).

Table 1
Common Ground Process Land Use Compatibility Matrix

COMPATIBILITY	Y (YES)		C (CONDITIONAL)		M (NO)	
	Y	C	M	Y	C	M
PRACTICE & LAND USE	RESEARCH	Y	Y	Y	Y	Y
	INDUSTRIAL	Y	Y	Y	Y	Y
	RESIDENTIAL	Y	Y	Y	Y	Y
PRACTICE & LAND USE	RESEARCH	Y	Y	Y	Y	Y
	INDUSTRIAL	Y	Y	Y	Y	Y
	RESIDENTIAL	Y	Y	Y	Y	Y
PRACTICE & LAND USE	RESEARCH	Y	Y	Y	Y	Y
	INDUSTRIAL	Y	Y	Y	Y	Y
	RESIDENTIAL	Y	Y	Y	Y	Y
PRACTICE & LAND USE	RESEARCH	Y	Y	Y	Y	Y
	INDUSTRIAL	Y	Y	Y	Y	Y
	RESIDENTIAL	Y	Y	Y	Y	Y

* Y=Yes, C=Conditional, M=No
* High Priority Land Use

Major activities affected by future use decisions include:

- establishing acceptable risk and remediation levels (i.e., addressing "How clean is clean?" by deciding "Clean for what use?");
- planning and siting new facilities necessary for Department of Energy missions, including waste treatment, storage, and disposal facilities;
- preserving land and buildings for current and future Department of Energy missions and other national research needs; and
- identifying opportunities for transfer or outgrant of surplus land and buildings to

federal, state, or local government or for private sector use.

Methodology for development of proposed options

1. Data was gathered from the following sources:
 - a) Department of Energy missions and strategic plans (ongoing and anticipated);
 - b) internal and external stakeholders;
 - c) regional and site considerations regarding environmental and ecological impacts of land use changes on the Oak Ridge Reservation;
 - d) local, regional, and national considerations regarding economic impacts of land use changes on the Oak Ridge Reservation; and
 - e) technical information about the property, environment, and contamination.

2. Interpretation and Analysis
Evaluation Criteria

A Common Ground Process planning team developed a summary set of criteria from the above data sets for evaluating future land use recommendations. The criteria were then used to test the compatibility of standard categories of land use for the Oak Ridge Reservation.

Recommended Land Use Categories

The results of this process indicated the following land use categories as being the most preferred mix of uses for the Oak Ridge Reservation:

- a) specialized industrial uses (including waste management and cleanup

activities) that are compatible with and contribute to ongoing and anticipated future Department of Energy missions;

- b) office and business uses that support other activities of the Department of Energy;
- c) institutional uses (primarily educational such as a training academy) that are related to other Department of Energy activities;
- d) recreational uses that are generally passive in nature (trails, wildlife observation, general open space uses) and could be in specified areas that do not interfere with ongoing activities;
- e) compatible and specialized forestry and agricultural research uses; and
- f) conservation uses that accommodate environmental research, habitat protection, and other compatible uses.

Recommended Department of Energy Land Use Plan

A generalized map of the Department of Energy was then developed for the preferred mix of land uses. Technical planning information about the Department of Energy was used to determine locations and configurations of designated land use areas. The resulting map illustrates tentative future land use designations for the Department of Energy that would most closely "fit" the evaluation criteria and describes short-term (0–25 years) and long-term (25–100 years) development phases. The term "development" includes Department of Energy land use activities as well as compatible uses by others.

Summary of future use recommendations

Long-Term Concept - Vision

The long-term future use of the Oak Ridge Reservation should be as a single parcel of land, administered, managed, and developed by a consortium of government, business, and citizen participants. The future uses should serve national interests as well as the central east Tennessee region as the center of high wage and technology and science based research and industrial development. The most advanced planning and construction methods should be applied in all future development of Department of Energy in such a way that serves the nation and the world as a model of energy efficiency, environmental compatibility, and sustainability.

General Recommendations

1. The present Department of Energy property should be held, managed, and used as a single parcel of land.
2. Additional parcels of Department of Energy land should only be excessed as part of a comprehensive, long-term strategy that would achieve national missions as well as regional economic and environmental goals.
3. Future uses should build on past and current technologies, labor skills, technical and scientific expertise, and physical facilities to optimize the economic, environmental, and recreational opportunities and the well-being of the regional population.

The Department of Energy in its entirety should be designated as a Specialized Industrial Use for cleanup purposes. The designation "Specialized Industrial Use" is a category that focuses on current and projected industrial and research uses, but includes other related and compatible uses. Specific cleanup strategies would be determined on a site-specific basis congruent with development plans for the designated area in which the cleanup site is located.

Short-term land uses (0 to 25 years) should center on compatible heavy/medium and light industrial, research, auxiliary institutional/office and business, related forestry and limited agricultural research applications, conservation and environmental preservation, and limited recreational uses.

Long-term land uses (25 to 100 years) should build on industrial development activities that take place during the short-term period and respond to national missions, market conditions, and regional needs that evolve in the future.

7. The Department of Energy should begin immediately to develop a top-level, broadly integrated and comprehensive land and facility use strategy, with implementation plans that accommodate facility reuse and development of unbuilt properties for compatible uses. Strong consideration should be given to co-development with the private sector through partnerships, financial incentives, and unencumbered lease agreements.
8. The Department of Energy strategic planning effort should be inclusive, continuous and iterative, and include short-term (0 to 25 years) and long-term (25 to 100 years) plans prepared in partnership with the state of Tennessee, the city of Oak Ridge, Anderson and Roane counties, and the other surrounding counties most affected by activities of the Department of Energy. A primary goal should be to utilize existing resources to maximize the preferred benefits for the regional population. This plan should first identify and accommodate Department of Energy uses for the land while at the same time propose congruent strategies that seek to accommodate the needs of the other stakeholders.

FIELD APPLICATION OF BIOREMEDIATION FOR TRICHLOROETHYLENE-CONTAMINATED SOIL AND GROUNDWATER

Osami Yagi, Kazuhiro Iwasaki* and Minoru Nishimura**
National Institute for Environmental Studies*
Japan Research Institute Co. Ltd.***

Abstract

The Environmental Agency of Japan has been analyzing the risk involved in bioremediation, including bioaugmentation and biostimulation, and also evaluated the field pilot test for in-situ bioremediation developed by Remediation Consortium and EA Japan. In 1993, biotreatability studies on TCE biodegradation were conducted using methanotrophs at a TCE-contaminated site. From 1994 to 1995, a field pilot test for in-situ aerobic degradation of TCE through the injection of methane and oxygen was carried out. The efficacy evaluation and risk assessment were examined in this report. This field test is the first attempt at in situ bioremediation in Japan.

1. Introduction

Soil and groundwater pollution by toxic chemicals has become a major issue in recent years in Japan. In 1994, 232 cases of soil contamination were reported, and major contaminants were organochlorine compounds such as trichloroethylene (TCE), tetrachloroethylene (PCE), and heavy metals (EA Japan 1995). The Environment Agency of Japan formulated Environmental Quality Standard for soil in February, 1994, to protect human health and conserve the natural environment, and adopted the following values, Trichloroethylene : 0.03 mg/l, and tetrachloroethylene : 0.01 mg/l and 1,1,1-trichloroethane (TCA): 1 mg/l. The standards are basically applied to all kinds of soil.

Table 1 shows the survey of groundwater pollution by volatile chlorinated compounds (VOC's). Before 1988, TCE contaminated wells in relation to drinking water quality standard accounted for 2.7%, PCE for 4.1%, and TCA for 0.2% of the wells. In 1994, 11 wells were polluted by TCE, 29 wells by PCE, and 1 well by TCA. More than 2,000 wells polluted by volatile chlorinated organic compounds were detected.

Table 1
Survey of Groundwater by VOC's

Year	Chemicals	Surveyed wells	Polluted wells	Ratio (%)
1984-1989	TCE	26807	722	2.7
	PCE	26594	1078	4.1
	TCA	26257	46	0.2
1989	-	3388	30	0.9
		3388	42	1.2
1990	-	2569	2	0.1
		5817	44	0.8
		5817	79	1.4
1991	-	4515	1	0.0
		6158	27	0.4
		6518	44	0.7
1992	-	5135	0	0.0
		4762	18	0.4
		4762	35	0.7
1993	-	3952	3	0.1
		4480	15	0.3
		4480	24	0.5
1994	-	3960	0	0.0
		3996	11	0.3
		3998	29	0.7
	3868	1	0.03	

Drinking standard: TCE 0.03 mg/l, PCE 0.01 mg/l, TCA 0.3 mg/l.
TCE: Trichloroethylene, PCE: Tetrachloroethylene, TCA: 1,1,1-Trichloroethane

Various attempts are now being made to develop and evaluate soil clean up technologies in Japan. For heavy metals, solidification, sealing and digging up are the technologies commonly applied. For chlorinated compounds, soil vapor extraction, and pumping up and air stripping are very common methods. Physical and chemical methods for remediation are expensive. Therefore, less expensive technology leading to complete elimination of pollutants is required. Emphasis was placed on in situ bioremediation, because TCE and PCE are the major agents of soil and groundwater pollution in Japan. A field pilot test for in situ bioremediation of TCE contaminated soil and groundwater was evaluated.

2. Site characterization

Characterization of the TCE contaminated area was carried out. TCE contamination of well water was detected in 1990. The contaminant was mainly TCE and the contaminated soil zone included the upper first aquifer, from 14 to 23m depth. Contamination is originated from an electric part factory. Groundwater pollution can be alleviated by pumping up and air stripping, as well as the use of active carbon.

To evaluate the application of bioremediation, groundwater qualities of the site were analyzed (Table 2). The pH value was 6.28, temperature was 16.2, the amount of dissolved oxygen was 4.9. TCE concentration ranged between 5.3 and 6.5 mg/l. Total nitrogen and total phosphorus contents were 7.5 and 0.01 mg/l, respectively. The number of methanotrophs was 100 cells/ml.

Table 2
Site Characterization

Depth from surface (m)	14 ~23
pH	6.28
Temperature (°C)	16.2
Dissolved Oxygen (mg/l)	4.94
TCE (mg/l)	5.26 ~ 6.5
c - DCE (mg/l)	0.042 ~ 0.05
VC (mg/l)	0
Total Carbon (mg/l)	-
Total Nitrogen (mg/l)	7.5
Total Phosphorus (mg/l)	0.01
Copper (mg/l)	0.1
Aerobic Heterotrophs (CFU/ml)	2×10^2
Methanotrophs (CFU/ml)	1×10^2

3. Biotreatability test

Biotreatability test was conducted. Soil and groundwater samples collected from the contaminated layer were incubated in a mineral salt medium containing methane as a sole carbon source using serum bottles. Ten day culture was examined for TCE degradation ability, and 4.5 mg/l of TCE decreased to 1.1 mg/l after 48 hours of incubation. Without bacteria, 20% of the amount of TCE decreased after 48 hours (Figure 1). These results showed that TCE degrading methanotrophs were present in this contaminated area. Therefore, in situ bioremediation using methane and oxygen injection was carried out.

4. In situ bioremediation

Figure 2 shows the in situ bioremediation design of this site. Remediation consisted of pumping up 100t/day of groundwater from the extraction well (EW) and air stripping. In this site, three injection wells (IW1, IW2, IW3) were constructed, IW1 and IW2 for oxygen and IW3 for methane. Two monitoring wells (MW1, MW2) were also

constructed. The purpose of in situ bioremediation was to stimulate the activity of the methanotrophs by methane and oxygen injection, and to reduce the TCE concentration in MW2. Hundred tons of water were continuously pumped up, and 50 tons of treated water were injected per day.

Figure 3 shows a diagrammatic representation of in situ bioremediation facilities. The distance from IW to MW1, and from MW1 to MW2 was 3.5 m. The distance from MW2 to EW was 5 m. Oxygen, methane and 7 mg/l of nitrogen, 25 mg/l of phosphorous were applied to the injection water. The screen of the well was located at a depth from 14 to 23 m where groundwater and the soil layer were contaminated by TCE. Before bioremediation, the flow rate of groundwater was normally 10 cm/day. However, after injection and pumping up, the flow rate increased to 60 cm/day. Therefore, it took 10 days for groundwater to run IW to MW2.

Monitoring parameters for in situ bioremediation using methanotrophs, included the determination of the number of the methanotrophs, activity of soluble methanemoneoxygenase in methanotrophs and number of aerobic heterotrophs. The amounts of trichloroethylene, by-products such as 1,1-, cis- and transdichloroethylene, vinyl chloride were measured. Temperature, pH, dissolved oxygen, contents of methane, nitrogen and phosphorus were also determined.

Figure 4 shows the changes in the TCE concentration in IW3, MW1 and MW2. Before bioremediation, the TCE concentration in IW3 was about 7 mg/l. At first, oxygen-amended water was injected using IW1 and IW2. After 10 days, CH₄-amended water was injected using IW3. After 35 days,

oxygen and methane injection was stopped. Therefore, the period from time to 35 days, corresponded to the growing phase of the methanotrophs and after 35 days the degradation phase started. After oxygen injection, the TCE concentration decreased to less than 0.02 mg/l.

Methane emission is considered to play a major role in global warming. Methane concentration in IW3, MW1 and MW2 was determined (Figure 5). At the concentrations used in this trial, methane was completely metabolized by the methanotrophs. This low concentration was not associated with TCE degradation. Injection of 50 tons of water per day increased the water level of monitoring wells. Therefore, contaminated groundwater did not reach MW1 and MW2. After the discontinuation of the oxygen and methane injection, the contaminated water reached MW1 and MW2 within 10 days theoretically. Therefore, if methanotrophs did not grow, the TCE concentration in MW2 should have increased at 45 days. However, the TCE concentration in MW2 began to increase at 90 days. Therefore, it appeared that the TCE degradation activity continued for about 40 days after the interruption of the injection.

Number of methanotrophs in the injection and monitoring wells was determined by the most probable number (MPN) method using methane as a sole carbon source (Figure 6). In this groundwater, methatrophs were present at 10 or 10³ order. After oxygen and methane injection, the number methatrophs increased rapidly to 10⁵ and 10⁶ order, and did not decrease after the interruption of the injection. When the number of methanotrophs decreased to 10⁴ levels, the TCE concentrations increased gradually in the injection wells. The density of methanotrophs in MW1 and MW2 increased within

20 days after the methane injection. The number of methanotrophs in MW1 and MW2 was significantly smaller than in the injection wells. After 80 days, the number decreased to the 10^2 level and the TCE degradation activity stopped. Methanotroph density was correlated with the TCE degradation activity.

Oxygen concentration in MW1 and MW2 was determined. Oxygen concentration increased more than 20 mg/l in MW1 and MW2 after the injection. However, the concentration rapidly decreased to 5 mg/l of oxygen that is the normal oxygen concentration after the stop of the injection (Figure 7). It seemed that the lack of oxygen was not observed in this experiment.

5. Risk and efficacy evaluation

In the application of bioremediation, risk assessment in relation to the metabolite concentration and influence on ecosystems is very important. In the soil environment, TCE was transformed to 1,1-, cis-, and trans-dichloroethylene, vinyl chloride and chloroacetic acid (Vogel 1985, Nakajima 1992). Dichloroethylene concentration in the injection and monitoring wells was usually less than 0.02 mg/l during the 100 day period. The concentration of vinyl chloride was always less than 0.001 mg/l. The concentration of dichloroethylene and vinylchloride were very low. It thus appeared that the aquifer was maintained under aerobic conditions.

Efficacy measurement was carried out by determining the changes in the TCE concentration of the injection, monitoring and extraction wells during the 40 day period of degradation. TCE concentration in MW1, before bioremediation, was 6.7 mg/l. During the degradation period, the average TCE

concentration was 0.025 mg/l and 99.6% of TCE was removed through the 3.5 m soil layer.

The amount of TCE degradation was calculated based on the changes of the TCE concentration in the extraction well (Figure 8). Hundred tons of groundwater were continuously extracted and the average TCE concentrations ranged from 0.8 mg/l to 0.5 mg/l. The amount of TCE supplied was calculated as follows:

Before bioremediation

$0.8 \text{ (mg/l)} \times 40 \text{ (days)} \times 100 \text{ (tons/day)} = 3.2 \text{ kg}$ of TCE was supplied.

During bioremediation

$0.5 \text{ (mg/l)} \times 40 \text{ (days)} \times 100 \text{ (tons/day)} = 2.0 \text{ kg}$ of TCE

The difference of 1.2 kg represented the amount of degradation.

6. Conclusion

Based on this field test, it is suggested that biostimulation technology using methane and oxygen injection is effective in the remediation of TCE-contaminated soil and groundwater (Little 1988, Nelson 1990, Yagi 1994). It is important to develop a bioaugmentation technology for the cleanup of soil and groundwater contaminated with volatile chlorinated compounds. We are developing a bioaugmentation technology using methanotrophs which were isolated and identified as *Methylocystis* sp. Strain M. The strain M. Can degrade 30 mg/l of TCE (Uchiyama 1989). We place emphasis on the development of efficacy evaluation methods, and determination of toxicity, movement and survival of methanotrophs,

metabolites such as di- and trichloroacetic acids, amended nitrogen concentration, fate of TCE and influence on the ecosystems. These data are necessary to win public acceptance.

7. References

- Environment Agency of Japan (1995), Environmental White Paper, Printing Bureau of the Finance Ministry, Tokyo.
- Little, C.D., A.V. Palumbo, S.E. Herbes, M.E. Lidstrom, R.L. Tyndall, and P.J. Gilmer. (1988) Trichloroethylene Biodegradation by a Methane-oxidizing Bacterium., *Appl. Environ. Microbiol.* 54: 951-956.
- Nakajima, T., H. Uchiyama, O. Yagi, and T. Nakahara. (1992) Novel Metabolite of Trichloroethylene in a Methanotrophic Bacterium, *Methylocystis* sp. M and Hypothetical Degradation Pathway., *Biosci. Biotech. Biochem.* 56: 486-489.
- Nelson, M.J., J.V. Kinsella, and T. Montoya (1990). In Situ Biodegradation of TCE contaminated Groundwater., *Environ. Prog.* 9: 190-196.
- Uchiyama, H., T. Nakajima, O. Yagi, and T. Tabuchi (1989) Aerobic Degradation of Trichloroethylene by a New Methane-Utilizing Bacterium Strain M, Type 2., *Agric. Biol. Chem.* 53: 2903-2907.
- Vogel, T.M., and P.L. McCarty (1985) Biotransformation of Tetrachloroethylene, Dichloroethylene, Vinyl Chloride and Carbon Dioxide under Methanogenic Conditions., *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 1080-1083.
- Yagi, O., H. Uchiyama, and K. Iwasaki (1994) Bioremediation of Trichloroethylene contaminated Soils by a Methane-utilizing Bacterium *Methylocystis* sp. M., Bioremediation of Chlorinated PHA Compounds, Lewis Publishers, 28-36.

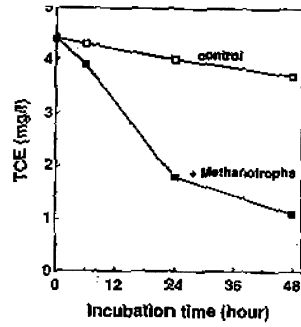


Figure 1 TCE degradation by methanotrophic enrichment from contaminated site

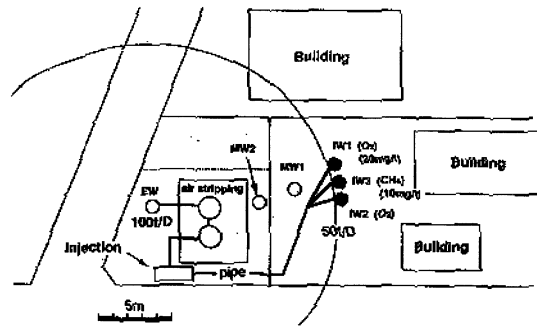


Figure 2 In situ bioremediation design

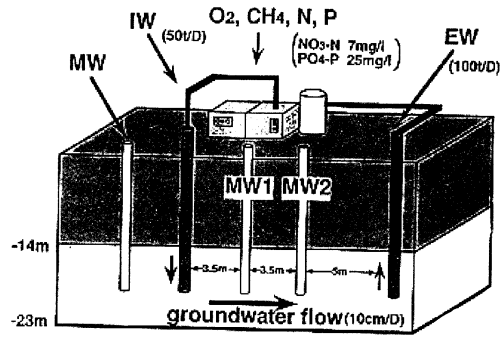


Figure 3 Diagrammatic representation of in situ bioremediation facilities for TCE- contaminated groundwater

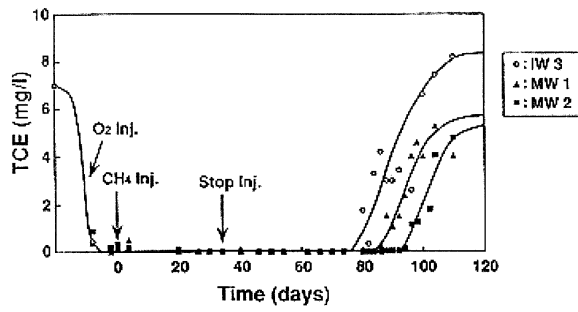


Figure 4 TCE concentration in injection and monitoring wells

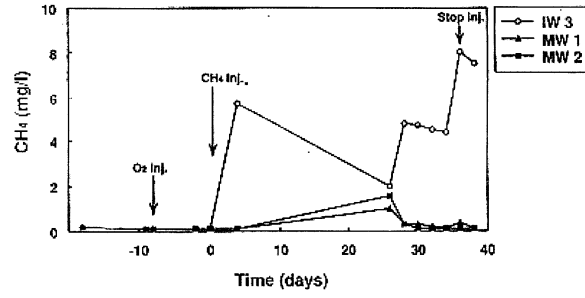


Figure 5 Change of methane concentration

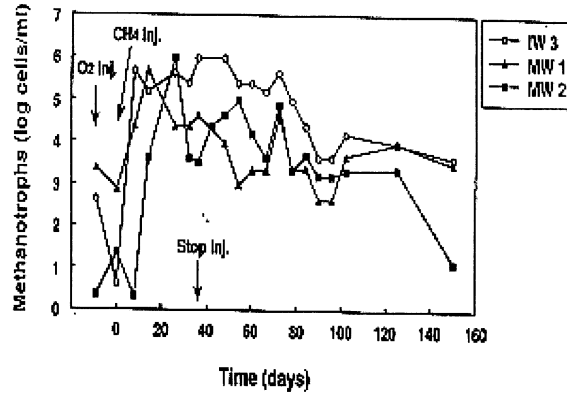


Figure 6 Change in the number of methanotrophs

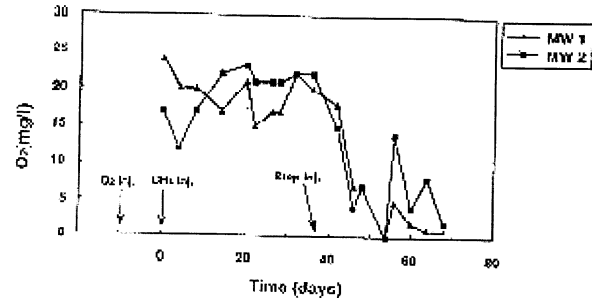


Figure 7 Change of oxygen concentration

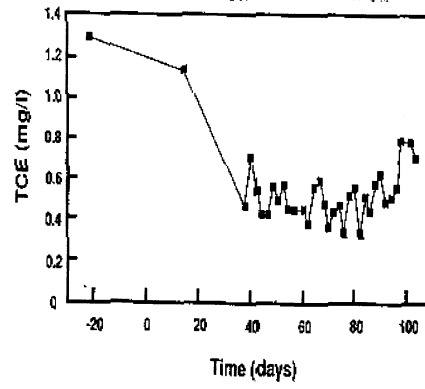


Figure 8 Change of TCE concentration in the extraction well

CASO DE ESTUDIO: TETRAETILO DE MÉXICO, S.A.

*Lic. Ricardo Cortiza Bernal
Liquidador de la Entidad Paraestatal.
Responsable del Programa de Restitución Integral
del Suelo y Subsuelo Contaminado con Plomo*

Antecedentes

Tetraetilo de México, S.A. (TEMSA), entidad paraestatal del entonces Sector SEMIP, fue durante tres décadas la única planta productora en América Latina del compuesto antidetonante para mejorar la calidad de las gasolinas, a base del elemento estratégico tetraetilo de plomo.

Esta entidad fue fundada por Petróleos Mexicanos en el año de 1959 y en 1962 se asoció con la empresa estadounidense E.I. DUPONT DE NEMOURS & CO.

Dos años más tarde, el 12 de septiembre de 1964, entró en operación su planta industrial ubicada en el complejo petroquímico Pajaritos, en Coatzacoalcos, Veracruz.

Las instalaciones originales de TEMSA, se constituyeron como la avanzada que presidió al enorme desarrollo con que cuenta actualmente nuestro país, en esa zona.

En aquel entonces su capacidad de producción fue de 14,800 toneladas de compuesto al año, concluyendo con casi 20,000 toneladas en ese mismo lapso de tiempo.

La planta industrial en plena producción estaba conformada entre otros equipos, con tres calderas de 15,000 libras de capacidad y 200 libras de presión por pulgada cuadrada; 2 unidades de refrigeración de gas freón 12, de 43 toneladas de capa-

cidad respectivamente; varios tanques de almacenamiento, el de cloruro de etilo con 600 toneladas de capacidad, el de kerosina de 43 toneladas y el de agua con 2,020 metros cúbicos; y un equipo contra incendio con capacidad de 2,500 galones por minuto y 100 libras de presión por pulgada cuadrada.

Las materias primas utilizadas básicamente en este proceso, fueron el plomo, el sodio y el cloruro de etilo.

El tetraetilo de plomo se obtenía haciendo reaccionar la aleación plomo monosódica con cloruro de etilo, al cual se le agregaba un catalizador.

Esta reacción se llama etilación y se lleva a cabo en autoclaves horizontales con agitación donde primeramente es alimentada la aleación en forma de escamas y posteriormente el cloruro de etilo.

Durante estos 30 años de incesante productividad industrial, Tetraetilo de México, S.A., logró satisfacer cualitativa y cuantitativamente los requerimientos de Petróleos Mexicanos suministrándole el producto TEP a todas las refinerías de su sistema, utilizando y reprocesando esta mezcla para la gasolina que utilizan los motores de combustión interna, como son los de los automóviles, camiones, aviones lanchas y motocicletas. Asimismo, para los motores estacionarios accionados por este tipo de combustible.

A partir del año de 1983, TEMSA inició la exportación a diversos países, entre ellos Estados Unidos de Norteamérica y el mercado latinoamericano; el cual, consolidó rápidamente en los años venideros produciendo con ello importantes divisas para nuestro país.

Indiscutible es el hecho de que TEMSA, como parte del desarrollo de la industria petroquímica en el país, coadyuvó al mejoramiento en diversos órdenes de la vida moderna pero, este desarrollo a través de los años, generó alteraciones al medio ambiente y esta situación implicaba la inminente restitución del equilibrio ecológico.

Bajo este marco conceptual, con espíritu visionario y responsabilidad social, las partes accionarias, PEMEX y DUPONT, previeron acciones tendientes a resolver estas alteraciones. Para ello, se abocaron a realizar sus planteamientos iniciales y a llevar a cabo estudios preliminares que sirvieran para tener una idea genérica de las labores futuras para el logro de este noble fin.

En 1991, la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, propuso ante la Comisión Intersecretarial de Gasto y Financiamiento, la disolución y liquidación de TEMSA; con fecha 9 de junio de 1992, aparece publicada la resolución en el Diario Oficial de la Federación en la cual el Ejecutivo Federal decretó lo conducente acerca de la Entidad Paraestatal Tetraetilo de México, S.A.

Cinco meses más tarde, la unidad industrial de TEMSA finiquitó el Contrato Colectivo de Trabajo, perdiendo en definitiva la producción del antidetonante y dejó solamente la actividad de reprocesamiento para cumplir con los compromisos existentes.

Paralelamente a estos acontecimientos, en los meses de septiembre y octubre de ese mismo año, la Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, practicó una auditoría ambiental al sitio donde se encontraba construida la planta industrial, detectando algunos daños inevitables, producto de la operación industrial de 30 años de actividad, coincidiendo así con el criterio anticipado de PEMEX y DU PONT.

Bajo estas circunstancias, el proceso de liquidación usual de una entidad paraestatal, se convirtió en un proceso *suigeneris* en el que fueron adicionadas importantes acciones científicas y técnicas de la más alta especialización, necesarias para restituir algunos aspectos del medio ambiente.

Acciones desarrolladas

Desmantelamiento y descontaminación

Derivada de la auditoría ambiental practicada por la Secretaría de Desarrollo Social a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en las instalaciones industriales de Tetraetilo de México, Sociedad Anónima, se celebró un Convenio de Concertación de Acciones entre la PROFEPA y TEMSA, el 22 de abril de 1993.

Dicho convenio contempló el cumplimiento de dos compromisos por parte de la entidad, siendo uno, el desmantelamiento y descontaminación de las instalaciones, maquinaria y equipos del proceso de fabricación y el otro, la remediación del suelo y subsuelo del terreno que ocupó la unidad industrial.

Una vez iniciadas las obras de alta tecnología especializada, la Procuraduría y la

Entidad Paraestatal acordaron que la primera obra dictaminará por etapas todos aquellos trabajos concluidos en su totalidad, por medio de las auditorías ambientales que fuese practicando.

Lo anterior, con el propósito de que la PROFESA tuviese una participación funcional programada durante el desarrollo de esta monumental obra.

Así se fueron conformando las etapas y, de igual manera, el órgano rector mediante revisiones de campo, dictaminó y liberó a TEMSA de cada una de ellas. La primera liberación se dio el 13 de diciembre de 1993. La segunda tuvo lugar el 14 de marzo del '94. La tercera de ellas, el 12 de mayo siguiente. La cuarta, el 28 de julio de ese año y para concluir, el 17 de octubre del mismo 1994, se dio la quinta. De esa forma y con 7 meses de anticipación a la fecha programada, Tetraetilo de México dio cumplimiento estricto al primer compromiso establecido con la procuraduría, desmantelando y descontaminando la unidad industrial.

Es menester señalar que durante todo lo acontecido, siempre se contó con la participación activa de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, donde la orientación, la colaboración, la asesoría y el apoyo, se dieron sin límite.

Al término del programa de desmantelamiento y descontaminación fueron desmontadas y demolidas las áreas de manufactura de compuesto, que comprendían:

- El edificio de etilación,
- Tanques alimentadores de columnas,
- Chimeneas diversas,
- Columnas de purificación y refrigeración,
- Tanques de desfogue,
- Subestación eléctrica número 2,

- Camas de tuberías e instalaciones en general.

También, las áreas de manufactura de aleación que se conformaban de:

- El edificio de aleación plomo-sodio,
- Casetas de fusión norte y sur,
- Chimenea,
- Equipos de aceite para la fusión de sodio,
- Tanque intercambiador de calor,
- Subestación eléctrica número 3,
- Tanque enfriador de thermex y su dique,
- Caseta de lavado de tolvas,
- Tanques para sistemas de enfriamiento del escamador y sus diques,
- Camas de tuberías e instalaciones en general.

De igual forma, la áreas de recuperación de plomo, integradas por:

- El edificio de la fosa,
- Fosas primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria,
- Chimenea,
- Extractor principal,
- Grúa,
- Almeja,
- Tolvas,
- Caseta de control y sus correspondientes instalaciones.

De manera similar, las áreas de control ambiental, formadas por:

- Tanque clarificador,
- Caseta de control eléctrico e instrumentos,
- Tanques floculador, mezclador y de ácido sulfúrico,
- Fosa de agua clarificada,
- Filtros bolsa,
- Horno de descontaminación térmica,

- Caseta-almacén de polvos,
- Chimenea,
- Extractor principal,
- Camas de ductos e instalaciones.

Las áreas de descontaminación, que contemplaban:

- Piletas antigua y nueva,
- Caseta de control,
- Bodega de arena seca,
- Cárcamos, sistemas de bombeo e instalaciones.

Al igual que las anteriores, las áreas de materias primas, con:

- Tanque almacén de TEP, de mil toneladas,
- Esfera de CLET,
- Almacén de dicloroetano y aguarrás,
- Equipos de bombeo y las instalaciones respectivas.

Lo correspondiente a las áreas de la terminal, en las que había:

- Garzas de lavado de carros tanque e isomódulos.
- Garzas de materia prima para el llenado de carros tanque e isomódulos.
- Camas de tuberías y las instalaciones.

Finalmente, las instalaciones y equipos aislados, que tenían:

- Torre de enfriamiento y control,
- Almacén de materiales varios,
- Área de desechos enterrados,
- Carros tanque e isomódulo,

Como resultado del desmantelamiento y demolición, se originaron: 4,800 toneladas aproximadas de acero que incluyeron principalmente 112 carros tanque, 90,000 me-

tros lineales de tuberías de diferentes diámetros y 10,600 válvulas. Fueron demolidos 6,900 metros cúbicos aproximadamente de concreto armado de los edificios de etilación, aleación y de las casetas de sodio. En números redondos, a 23,000 metros cuadrados de los mismos edificios, se les desprendió la pintura contaminada para después llevarla a los hornos autorizados de incineración. 38 toneladas de polvos de los filtros bolsa, 30 toneladas de plomo de las piletas de descontaminación y 70 toneladas del horno de reverbero fueron enviadas a hornos especializados para su correspondiente reciclaje.

En otro orden de ideas, 467 trabajadores de las compañías contratistas, recibieron capacitación con duración promedio mínimo de 16 horas; además se les practicaron 4,780 análisis de plomo en orina resultando todos, dentro de los rangos permisibles. En la unidad industrial se efectuaron 3,440 análisis de plomo en aire y 4908 de las descargas de agua.

El Instituto Mexicano del Petróleo, en su calidad de supervisor de la metodología aplicada por TEMSA en el programa, así como vigilante del cumplimiento normativo que rige la materia, constató periódicamente al igual que la PROFEPA, la conclusión de las etapas formuladas por la entidad.

Preparó informes que fueron de semanales a mensuales, en los cuales reflejó el avance de las obras con apoyo en los análisis de laboratorio que realizó para, finalmente, formular las actas y certificados correspondientes.

El Instituto diseñó dentro de sus estrategias, la conformación de un equipo de supervisores de campo que estuvieron, de tiempo completo y de forma permanente,

abogados a sus funciones profesionales y en contacto directo con el personal de liquidación de TEMSA.

De esta manera el Instituto y la Entidad realizaron lo previsto y dentro del desarrollo de las obras, Tetraetilo de México siempre contó con el apoyo del INE en cada uno de los pasos del proceso, ya que de manera personal y directa, vivieron las experiencias diarias de forma conjunta.

Durante todo el período comprendido del 26 de julio de 1993 al 30 de septiembre del '94, el Instituto verificó el cumplimiento de las normas regulatorias mexicanas del proceso de desmantelamiento y descontaminación.

En el mes de noviembre de 1994, la Secretaría de Desarrollo Social otorgó a Tetraetilo de México, un "Reconocimiento a la Responsabilidad Empresarial a favor del Ambiente" por la importante labor desarrollada.

Remediación del suelo y subsuelo

La entidad se encontró frente a su segundo gran reto:

Remediar el suelo y subsuelo del terreno donde estuvo situada por 30 años, su planta industrial. Desafío que por vez primera, se daba en nuestro país. TEMSA encomendó a una empresa estadounidense los estudios científicos y técnicos necesarios para la caracterización del sitio. Esta actividad especializada dio inicio en 1991 y concluyó en el '94.

Para el logro del conocimiento preciso y la correcta evaluación del terreno, el plan a seguir estableció estrategias para el sondeo de 131 puntos que cubrían la totalidad de la superficie de 90,000 metros cuadra-

dos aproximadamente, muestreados a diferentes niveles de profundidad.

De estos 131 puntos, únicamente en 46 fue detectada la presencia de sales de plomo orgánico e inorgánico, por arriba de los parámetros permisibles.

La localización de los 46 puntos correspondió básicamente a los sitios donde estuvieron las instalaciones del proceso de fabricación del tetraetilo de plomo y aquella áreas donde se daba su manejo.

Los estudios efectuados comprobaron la inexistencia de componentes orgánicos volátiles o semivolátiles.

Dentro de las investigaciones realizadas, también fueron estudiadas las aguas subterráneas y los mantos freáticos.

Los resultados de ellas, mostraron con certeza el hecho de que no existía presencia de plomo, lo cual, no representaba riesgo alguno para los usuarios del río Coatzacoalcos y su vida marina.

Este hecho contundente fue reconfirmado en 1995, con estudios que llevó a cabo el Instituto Mexicano del Petróleo.

Conjuntamente con el cúmulo de estudios, pruebas realizadas y los resultados que éstos arrojaron, la compañía estadounidense presentó 8 opciones de solución.

Éstas planteaban, desde cubrir el suelo con una carpeta asfáltica para interrumpir la ruta de exposición, hasta los complejos sistemas de encapsulamiento macro y micro, atravesando por los procesos de confinamiento.

Después del análisis minucioso realizado por parte de TEMSA, ésta consideró que ninguna de ellas se apegaba totalmente al cumplimiento de los objetivos de esta importante encomienda. El primero de ellos, cumplir con el compromiso adquirido con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, donde quedó establecido el hecho de llevar a cabo una auténtica remediación del sitio.

En segundo término, cumplir con la filosofía de las partes accionarias, PEMEX y DUPONT, para dejar el terreno en "condiciones casi originales y sin restricción alguna en su uso industrial."

Inmersa en esta mística, la entidad preparó los programas de obra para la remediación del suelo y subsuelo mismos que fueron sometidos a la consideración del Instituto y de la Procuraduría para más adelante, ser aprobados y autorizados. 6 de noviembre de 1995 fecha en la que el reto se convirtió en realidad. El momento convocó a un esfuerzo que exigía la unidad y participación de todos por igual; de unificar propósitos comunes; de contar con el ánimo inquebrantable y, de tener la perseverancia suficiente para alcanzar su único fin; "Remediar el Suelo y Subsuelo".

El desarrollo de esta obra, estuvo fundamentada en la realización de los dos procedimientos autorizados. En primer término, el proceso de remediación química de la tierra, conformado por los pasos de:

- Excavado de las áreas a sanear, tomando siempre rangos de protección suficientes en superficies y profundidades.
- Cribado de la tierra contaminada y sus consecuentes tareas de acarreo.

- Mezclado en ollas revoledoras previamente dotadas con solución de agua y permanganato de potasio.
- Finalmente, el depósito de las mezclas en las tinajas para reposar durante un mínimo de 30 horas, tiempo en el que se dio la reacción química esperada.

En segunda instancia, el proceso de mejoramiento de la calidad de la tierra ya remediada químicamente, conformado por, una vez extraídas de las tinajas de reposo y curado, las mezclas fueron sometidas al uniformizado con tierra sana certificada y proveniente de un banco autorizado.

En otro orden de ideas, en cada una de las etapas de ambos procesos, el Instituto Mexicano del Petróleo hizo presente su labor profesional, supervisando las acciones y practicando múltiples análisis de laboratorio.

Llegado el momento y garantizado plenamente lo ahí realizado, la Entidad se dio a la tarea de rellenado de los sitios excavados y del compactado y nivelado de la totalidad del terreno.

En síntesis, el programa de remediación del suelo y subsuelo consistió en suma y en números redondos, en:

- El manejo de 60,000 metros cúbicos de tierra.
- La construcción de 4 tinajas de 150 metros cúbicos de capacidad, con una lona de 575 metros cuadrados.
- La habilitación para el abastecimiento de la solución de agua y permanganato de potasio.
- La construcción de una plancha de concreto de 2,300 metros cuadrados para efectos de uniformización de la tierra.

- La excavación y criba de 24,000 metros cúbicos de tierra contaminada.
- La utilización de casi 1,000 toneladas de permanganato de potasio.
- El consumo de 16 millones de litros de agua.
- La ejecución de 3,500 mezclas en las ollas revoledoras, lo que significó el llenado y vaciado de 174 veces las tinas.
- La existencia de 36,000 metros cúbicos de tierra sana, implicando para ello, 5,000 viajes provenientes del banco seleccionado.
- La limpieza manual de los rodamientos de 10,500 vehículos antes de su salida de la planta.
- Las labores continuas de protección y limpieza de las canaletas de descargas pluviales,
- El desmontaje y montaje de 1,000 metros de rieles y sus accesorios, con las tareas consecuentes.
- El contar con una mano de obra de casi 200 trabajadores y técnicos.
- El apoyo de un contingente móvil conformado por 41 máquinas grandes que consumieron muchos centenares de horas.

Esta importante labor, se realizó en un tiempo de 353 días calendario, de día y de noche a pesar de que de ellos, 110 fueron de continuas y abundantes lluvias.

Finalmente y producto de los 1,300 análisis de laboratorio practicados por el Instituto Mexicano del Petróleo, este órgano colegiado certificó que Tetraetilo de México, Sociedad Anónima, cumplió estrictamente con los ordenamientos establecidos por la normatividad vigente en cada uno de los 131 puntos efectivos de sondeo, base utilizada en su momento para la caracterización inicial del terreno.

Paso seguido, la Entidad llevó a cabo los trámites requeridos ante el Instituto Nacional de Ecología y lo correspondiente con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

Con este último organismo, también la conclusión exitosa de su compromiso adquirido el 22 de abril de 1993.

Hoy, un nuevo y apasionante panorama se abre en este campo de la tecnología en México y como testigo fiel, como prueba irrefutable, está el terreno que durante 3 décadas ocupó la unidad industrial de Tetraetilo de México, Sociedad Anónima.

MESA REDONDA III Requisitos y Técnicas de Restauración

Presidente y Moderador: Ing. Sergio Sánchez Martínez,
Secretaría del Medio Ambiente del Departamento del Distrito Federal.
Integrantes: Los participantes del panel "Requisitos y técnicas de restauración".

Objetivo

Originar una discusión sobre los requisitos y técnicas de restauración existentes así como de la forma en que éstas pudieran ser adaptadas o modificadas para generar un avance tecnológico en materia de restauración de sitios de acuerdo a las necesidades, condiciones y características propias del país.

Introducción

Algunos de los puntos focales presentados durante el transcurso de las ponencias del día fueron, entre otros, los siguientes:

- ♦ Una adecuada planeación de los trabajos de restauración es determinante para garantizar su eficiencia.
 - ♦ La previa realización de estudios de riesgo detallados es indispensable para garantizar una restauración adecuada y reducir sus costos.
 - ♦ Los estudios de riesgo deben considerar futuros usos del suelo y no solamente el uso que tienen en la actualidad.
 - ♦ Existe una amplia diversidad de tecnologías para la restauración de sitios contaminados, tales como tratamientos físico-químicos y biológicos. Las tecnologías más deseables son las que pueden ser aplicadas a contaminación mixta de suelos y aguas subterráneas.
- ♦ La bioremediación es una tecnología amigable al medio ambiente y sus costos son relativamente más accesibles que el de otras tecnologías, por lo cual está adquiriendo un papel cada vez más relevante a nivel mundial.
 - ♦ Existe una gran variedad de tecnologías de bioremediación *in-situ* y *ex-situ*, aunque la más común es el *Landfarming*.
 - ♦ La bioremediación es la estrategia más factible para atender casos de contaminación en zonas rurales por su bajo costo y sencillez para aplicarla.
 - ♦ Aparte de los factores que generalmente se consideran en la evaluación de una tecnología y que están relacionados con su aplicabilidad, disponibilidad y costos, deben considerarse también los siguientes:
 - a) Un riesgo mínimo de aplicación tanto desde el punto de vista ambiental como social.
 - b) Un amplio espectro de aplicación a distintas situaciones y contaminantes.
 - c) Eficacia para alcanzar los niveles de limpieza establecidos en los estudios de riesgo.
 - d) Aceptación pública.
 - ♦ Para su aplicación, es necesario:
 - e) la caracterización detallada de las condiciones del sitio.

f) un análisis preciso del tipo de contaminantes.

g) la realización de pruebas microbiológicas para evaluar la eficiencia del método y para adaptarlo al caso.

- ♦ Referente a las experiencias en la restauración de sitios en México, resulta prioritario establecer y homogeneizar criterios para la evaluación de las empresas que prestan los servicios de restauración. Por otro lado resulta importante evaluar las experiencias que se han tenido en casos específicos y bajo las condiciones particulares de México, identificando los alcances y limitaciones de las tecnologías aplicadas.

Discusión de la mesa redonda:

Se presentarán comentarios y experiencias sobre la calidad de tecnologías para restauración, así como su incorporación para el desarrollo de un marco tecnológico en México. Especialmente se presentaron las siguientes preguntas y respuestas.

¿Se considera conveniente la certificación de tecnologías en México aun cuando el estado de arte sea suficientemente conocido?

Esta certificación de tecnología no sería conveniente en el sentido estricto, porque hay que considerar que existe una relación intrínseca entre empresa y tecnología. Además las tecnologías de empresas extranjeras requieren de un socio mexicano para operar en nuestro país, lo que se necesita es permitir la generación de experiencias en México, ya que las tecnologías que llegan del extranjero requieren de grandes esfuerzos para su adaptación, innovación e incluso, nuevos desarrollos. Por lo tanto es conveniente

hacer una evaluación de empresa-tecnología.

Otro requisito importante para seleccionar la tecnología más apropiada es que los estudios de riesgo establezcan un nivel de limpieza que sea real y que la tecnología se pueda aplicar a un costo razonable.

Si queremos establecer requisitos para certificar tecnologías es muy importante determinar la política, es decir, que es lo que se requiere hacer, si se requiere proteger el suelo, evitar la contaminación del agua, evitar una emisión a la atmósfera o evitar la dilución de los contaminantes; por lo cual es necesario crear normas o puntos de referencia en concentraciones de contaminantes para que a partir de ellos se desarrollen los estudios de riesgo.

Para el esquema de certificación planteado por el Instituto Nacional de Ecología podría realizarse una preselección y basándose en estos puntos realizar algunas pruebas de laboratorio a nivel piloto, para que aquellas empresas que superen esas pruebas se les permita realizar pruebas de campo, de manera representativa, para que finalmente a aquellas que aprueben esa última prueba, se les proporcione una certificación bajo ciertos límites con respecto a contaminantes y localidades. Sin embargo, existe el inconveniente de que la realización de estas pruebas generaría costos para dichas empresas, resultando esto en un impedimento para dicha aplicación. Pero un buen principio sería partir de la base de datos de la EPA, sobre tecnologías certificadas para definir las investigaciones necesarias para el desarrollo de tecnología certificada en México.

Ya que en México aún se están generando experiencias en el campo de la certificación, sería más conveniente, crear

lineamientos y procedimientos para que una vez que hayan sido comprobados y demuestren su eficiencia, se proceda a su análisis para la posterior creación de normas.

¿Cuáles serían los requisitos prioritarios que deben cumplir las empresas que prestan servicios de restauración para llevar a cabo sus actividades?

Estos requisitos podrían ser el establecimiento de una responsabilidad compartida entre las autoridades y las empresas; generar experiencias así como adaptar las diversas tecnologías a las condiciones locales; establecer un perfil del personal técnico responsable del proyecto; conocer los alcances y limitaciones de la tecnología sustentados en que ésta se desarrolle con bases científicas; justificar el uso de cualquier tipo de productos o compuestos que se utilicen, específicamente en la bioremediación y finalmente determinar cual será la estrategia de monitoreo basándose en los parámetros a los que se les va a dar seguimiento.

¿Cómo avanzar en la adaptación de los estudios que existen ya sobre bioremediación para orientarlos en el desarrollo de una tecnología adecuada a México?

La bioremediación resulta muy prometedora pensando en el caso de que el principal problema de contaminación que se presenta en México, es por hidrocarburos.

No obstante lo anterior, no convendría a México partir de cero en cuanto al desarrollo de tecnologías porque ya existen tecnologías y experiencias que en el extranjero han sido probadas, por ello habría que partir de éstas y adaptarlas a las

condiciones y características del sitio en México, así como generar un procedimiento en el que se puedan identificar los sitios modelo en los que se pudieran realizar estudios piloto para la evaluación de tecnologías.

Se puede obtener información sobre los avances en la tecnología en la EPA o en las memorias de Congresos Internacionales.

¿El esquema de desmantelamiento y posterior restauración del sitio ocupado por la empresa Tetraetilo de México debería ser pluralizado?

Podría pluralizarse este esquema en algunos aspectos tales como la creación de reservas económicas que se utilizarán para cuando se lleve a cabo el desmantelamiento de la planta y el intercambio de información y experiencias entre universidades y empresas, así como también dependencias gubernamentales y por otro lado, la experiencia de Tetraetilo de México ha mostrado que la elaboración de la metodología de restauración debe ser de restitución integral, que no se limite únicamente al predio de las instalaciones sino que incluya también los alrededores. Como fue el primer caso en que se establecieron parámetros para realizar el estudio de caracterización y restauración en México, se acordó con la PROFEPA y el INE, que este estudio se dejara como un acervo cultural a disposición de los que estén interesados en ello.

CASO REAL DE CONTAMINACIÓN DE SUELO, SUBSUELO Y ACUÍFERO EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO DEL DISTRITO FEDERAL

QFB. Sergio Cervantes Pedraza
Subdirector de Hidrología
Dirección de Hidrología y Suelo
Secretaría del Medio Ambiente - Gobierno del Distrito Federal

Durante el mes de Agosto de mil novecientos noventa y seis, se detectó un problema de derrame y fuga de combustible en una estación de servicio ubicada al noroeste de la Ciudad de México, ocasionando afectación a las instalaciones de la Intersección Panteones-Tacuba del Sistema de Transporte Colectivo Metro, en lo referente a infiltraciones al muro de contención con la contaminación a dos registros y un cárcamo de bombeo.

Antecedentes del suceso:

- Olor a hidrocarburos en una intersección subterránea del Sistema de Transporte Colectivo Metro.
- Infiltración sobre la pared del túnel de una mezcla de agua-combustible.
- El área de infiltración fue de 0.5 m² aproximadamente
- Se realizó una identificación de los hidrocarburos presentes (gasolina)
- Niveles de explosividad de 70-100 % L.E.L

En base a lo anterior, y con el objeto de atender la emergencia ambiental, la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación en coordinación con la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica y la Dirección General de Protección Civil, correspondientes al Departamento del Distrito Federal, aplicó durante la emergencia ecológica el siguiente Plan de Acción:

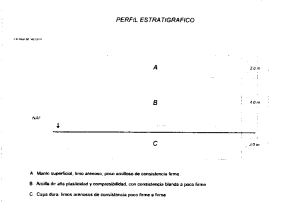
Protección de la Población:

- Suspensión del Sistema de Transporte Colectivo Metro
- Aislamiento de la zona afectada

Protección de la infraestructura y Sistemas Vitales de la Ciudad:

- Ubicación de las posibles fuentes contaminantes (estación de servicio, taller automotriz e industrias)
- Canalización de infiltración y recuperación de producto: Para esto, de manera inicial se tuvo que realizar un perfil estratigráfico de la zona de infiltración. (Ver figura 1).

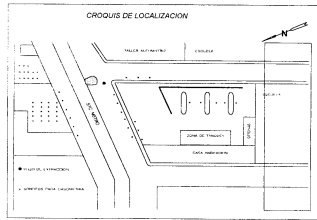
Figura 1



- Eliminación de combustible de los tanques de almacenamiento y llenado con agua residual tratada

- Localización de la fuente generadora y ruta de migración de los contaminantes (Ver figura 2).

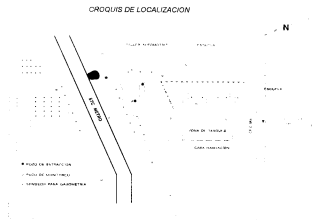
Figura 2



Acciones adicionales para:

1. Identificar la fuente de contaminación y la ruta de migración:
 - Pruebas de hermeticidad de tanques y líneas de conducción
 - Descubrir líneas de conducción del producto (Ver figura 3).

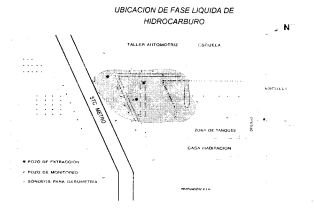
Figura 3



2. La recuperación de hidrocarburos en fase líquida:

- La identificación del gradiente de migración de la contaminación del hidrocarburo (Ver figura 4).

Figura 4

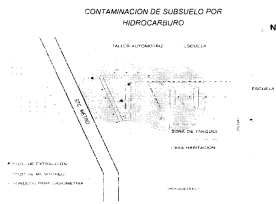


- La elaboración de dos pozos de extracción .
- La inyección de bentonita al lado externo del muro de contención del Sistema de Transporte Colectivo Metro para detener la infiltración de hidrocarburos hacia el túnel de la interestación.
- La construcción de una trinchera para la recuperación rápida del hidrocarburo.

Como medidas de seguridad se dictaron los lineamientos para determinar el grado de la contaminación y afectación del sitio, así como la elaboración del programa de restauración.

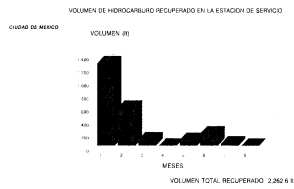
Posteriormente, como resultado de la aplicación de las medidas dictadas, se obtuvo la eliminación de la fase líquida de hidrocarburo a nivel freático. Durante el desarrollo del seguimiento del programa de restauración se presentó otro evento significativo, provocado por un movimiento telúrico y por los trabajos de eliminación de los tanques de almacenamiento, en el que se observó nuevamente la presencia de hidrocarburo en fase líquida en los pozos de recuperación (Ver figura 5).

Figura 5



Como parte de los resultados de este programa se puede apreciar el volumen de HC recuperados, en la siguiente gráfica.

Gráfica 1



De acuerdo a los volúmenes de HC recuperados, se realizaron análisis para determinar la concentración que presentaba este combustible tanto en el subsuelo, como en los mantos acuíferos. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1
Concentración de Hidrocarburos totales (Petróleo)

Profundidad (m)	Condiciones iniciales	Condiciones actuales
Subsuelo mg/Kg de TPH		
4.5	60.6	55
6	387	205.4
7.5	204.1	136.5
9	20.2	16.8
Nivel freático mg/l de TPH		
Concentración actual 143.6 mg/l		

Para concluir, se puede decir que a la fecha se ha obtenido como parte de la restauración del sitio, la eliminación total de la fase líquida de hidrocarburos y la reducción del grado de contaminación en un 83 % de la fase absorbida; el programa de restauración aún continúa su proceso.

Cabe resaltar que dichos proyectos son evaluados y realizados por el Comité de Verificación de Estaciones de Servicio DDF-PEMEX, el cual está integrado por las siguientes dependencias:

- Dirección General de Proyectos Ambientales
- Dirección General de Protección Civil
- Dirección General De Prevención y Control de la Contaminación
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica
- Petróleos Mexicanos
- Sistema de Transporte Colectivo Metro.

CASE STUDIES REFINERY SITE & PETROLEUM DEPOT

*Denis Morrissette, P. Eng., Jiyu Lei, Microbiologist, Ph.D
Invited by Quebec Government*

Case 1: Rehabilitation of Contaminated Soil at a Closed Down Refinery

1.1 Site description

A quantity of 140,000 tons of contaminated soil had been stocked on an industrial site, at Anjou, a suburb of Montreal in Quebec, Canada. This soil came from a closed down refinery and contained heavy oil products.

In view of choosing the best option available in terms of environment drawbacks as well as economics, a comparison was made between the biological and the thermal treatment. The study demonstrated that the soil biologically treated showed a residual soil toxicity inferior to the soil thermally treated.

A partial explanation of this phenomenon would be related to the clay and metal content of the soil.

In addition, Bioremediation was over 50 % more economical than thermal treatment.

1.2 Bioremediation work

The work carried out in this project included the following steps:

- Characterization study
- Laboratory feasibility study
- Elaboration of a strategic plan for soil segregation and biotreatment
- Disposal in a sanitary landfill site of about 100,000 tons of soils containing less than 5,000 ppm mineral oil and grease (MOG).

- Biotreatment of 40,000 tons of soil containing more than 5,000 ppm mineral oil and grease.

1.3 Field Results

- ✓ Contaminant: Refinery products and by-products
- ✓ Volume treated: 40,000 tons
- ✓ Parameter followed: Mineral Oil and Grease (MOG)
- ✓ Initial MOG concentration (Average): 7,550 ppm (dark spots were in the 12 – 15,000 ppm range)
- ✓ Final MOG concentration: 3,750 ppm
- ✓ Treatment duration: 16 weeks

1.4 Process used

a) The Biopile

The Biopile system that was used to carry out this work, had an asphalt pad on which contaminated soils were stockpiled, and included an underdrain connected to a reservoir to collect leachate.

As can be seen on figure1, the membrane covering the Biopile prevents the volatile fractions to escape in the air, avoids the rain water coming in contact with the polluted soils and controls the temperature. An overhead spray irrigation system is used for optimizing soil moisture and adding nutrients (nitrogen, phosphorous) to the soils. The leachate is collected and continuously treated.

Figure 1: Example of an *ex situ* bioremediation operation (soil treatment station)

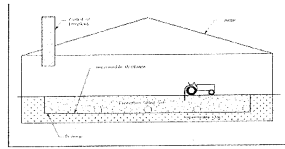


Figure 1: Landfarming

The piping installed under the Biopile is linked to a blower that acts as a vacuum pump and provides the required amount of oxygen to optimize the yield from the aerobic microorganisms.

The Biopile concept, developed by Biogenie since 1986, is in fact the integration of three processes:

1. The washing of free phases mixed with the soil;
2. The volatilization, collection and biodegradation of light fractions;
3. The biodegradation, after solubilization, of the hydrocarbons linked with solid particles.

The Biopile may be adapted to different soil structures (sand, silt, clay) and to contaminant concentrations as high as 30,000 mg/kg (ppm).

b) The Biofilter

The aeration of soil to enhance biodegradation results in the volatilization of pollutants. With the fraction of gasoline-contaminated soils, off-gases from biopile operation may contain target compounds ranging from tens to hundreds of milligrams per cubic meter. These concentrations are not high enough for burning and are too

high for activated carbon adsorption to be cost-effective treatment options. Hence, Biofiltration, in which contaminants are removed from waste gases through beds of biologically active material, was the selected alternative.

For efficient volatile organic compound (VOC) elimination, off-gases usually need to be pretreated prior to entering the biofilter. Pretreatment may consist of the following:

- The concentration of contaminants in raw gases should be reduced to the non-toxic level of the filter's microorganisms.
- Gas moisture should be increased to 95 % or more to prevent fast drying of the biofilters.
- Temperature of the off-gas should be kept between 20 and 40°C.
- If it contains a high amount of particulate, the gas should be prefiltered to reduce the particulate content.

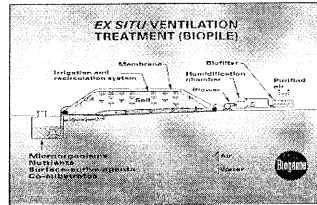
Two sequential steps occur in biofilters for the purification of waste gases: adsorption of contaminants onto filter medium and biodegradation of sorbed compounds by the filter's microorganisms. Thus, both the diffusion and the biodegradation processes control the elimination of contaminants.

At low concentrations of volatile hydrocarbons, which are inferior to its critical concentrations, the removal rate-limiting step is the diffusion of hydrocarbons from gaseous phase to water film. Waste removal efficiency is usually high and the removal rate, expressed as grams per cubic meter per day, is low. However, when the volatile hydrocarbon concentration is higher than the critical concentration, hydrocarbon elimination is limited by the rate of biodegradation. In this case, the hydrocarbon removal rates increases and

the removal efficiency decreases.

An ideal biofilter material should have a high surface area-to-volume ratio and provide optimal conditions for microbial growth. For operational considerations, filter materials also should have a minimum flow resistance, a high moisture retention capacity and a long duration. A variety of materials are typically used as biofilter media, including soils, tree barks, peat mosses, composts, activated carbons and some synthetic materials.

Figure 2: Biofilter



Case 2: Site Remediation of a Petroleum Depot in a Harbour Environment

2.1 Site description

Activities, leaks and accidental oil spills that occurred during the 50 years that this former petroleum depot was in service resulted in the contamination, with BTEX, mineral oil and grease as well as Bunker of approximately 25 % of the total area (40,000 m²) of the site which borders the St. Lawrence River in Quebec.

2.2 Bioremediation work

In view of providing the most cost-effective solution to the client, Biogenie designed a strategy combining the best of the Biopile

and the *in situ* treatment.

The work carried out in this project included the following steps:

- Characterization Study of the soil and groundwater where 450 boreholes were carried out;
- Hydrogeological Study;
- Environmental follow-up at the time of pipeline decommissioning;
- *Ex situ* biotreatment of 15,700 tons of soil contaminated with BTEX and Mineral oil and Grease;
- Management of 2,450 tons of soil contaminated with Bunker including the *ex situ* biotreatment of 1,300 tons;
- *In situ* biotreatment of the underground water and the soil covering an area totaling 12,000 m² (or 36,000 m³);
- Management and disposal of 5,482 tons of material, debris and oily residue;
- Implementation of an Environmental Monitoring Program for the soil and groundwater.

2.3 Field Results

a) Biopile process

Contaminants:

BTEX, MOG, and Bunker

Volume treated:

15,700 tons, of which 1,300 tons were highly contaminated with Bunker

Parameter followed:

TPH (Total Petroleum Hydrocarbons)* as C₁₀-C₅₀

Initial TPH concentration (Average):

5,630 ppm

Final TPH concentration:

901 ppm

Treatment duration:

5 months/biopile x 2 batches = 10 months (the slightly longer processing time was due to winter conditions & high contaminant

concentration)
Efficiency:
84 % on average (>99 % for BTEX)
(* 5,630 ppm of TPH is equivalent to 7,500 ppm MOG)

b) *In situ* process

Contaminants:
BTEX, MOG, and Bunker
Volume treated:
12,000 m² (36,000 m³)
Parameter followed:
TPH (Total Petroleum Hydrocarbons)**
as C₁₀-C₅₀
Initial TPH concentration (Average):
3,500 ppm (dark spots were in the 15,000 ppm range)
Final TPH concentration:
1,500 ppm
Treatment duration:
8 months
Efficiency:
54 % on average (>96 % for BTEX)
(**: 3,500 ppm of TPH is equivalent to 4,700 ppm MOG)

Figure 3: In situ bioremediation operation

2.4 Process used

- Biopile treatment with nutrient addition facilitating the breakdown of contaminants;
- *In situ* biotreatment throughout the year via 195 wells;
- Vapor extraction of gases (venting) around the existing building;
- Treatment of gases (VOCs) with a biofilter and a bioscrubber;
- Mechanical segregation and biotreatment of soils heavily contaminated with Bunker;
- Treatment of excavation waters before their release using an oil/water separator

and a biofilter.

a) *The Biopile*

See the description made in the Case Study #1 above.

Figure 3 : Biopile

b) *The Air Sparging*

The air sparging process (see Figure 5) is based on the injection of the necessary oxygen to stimulate the activity of the microorganisms adsorbed to soil particles or living in the underground water. This oxygen may be introduced in the saturated zone by injecting oxygenated water, hydrogen peroxide or air.

In our case, air was pumped into the saturated zone to remove adsorbed and dissolved contaminants while delivering large quantities of oxygen to stimulate bioremediation. The vaporized contaminants were captured by a vapor collection system and treated by a Biofilter (See the description made in the Case Study #1 above).

Figure 4 : In situ treatment under winter conditions

CONCLUSION

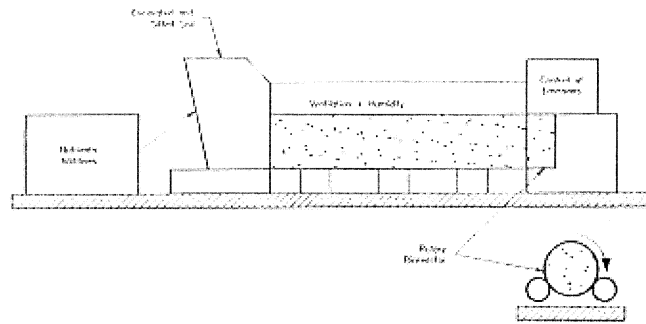
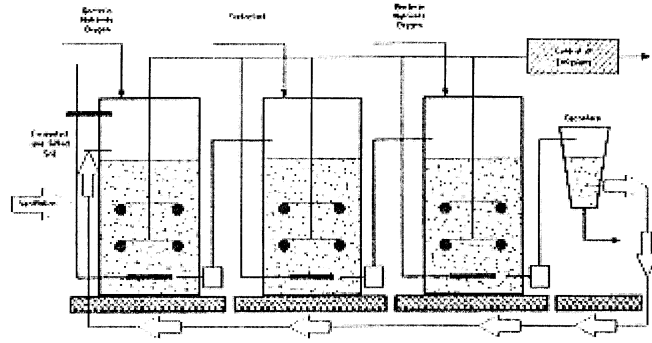
The two case studies described above are in fact the best illustration of the potential of biotreatment processes for the cleaning of soils contaminated with petroleum hydrocarbons. Bioremediation was also demonstrated, in these cases, to be the most cost effective solution.

Note: As a Canadian Leader in its field, Biogénie has, since 1986, developed advanced technologies that are now proven, reliable and cost efficient alternatives for soil remediation.

Biogénie's technologies maximize the results obtained from the use of microorganisms in treating not only light hydrocarbons, but also heavier hydrocarbons and contaminants renowned to be refractory such as solvents, chlorophenols (fungicides), polyaromatic hydrocarbons (PAH) and nitroaromatics (TNT, DNT, nitrobenzene).

Using the *in situ* as well as the *ex situ* techniques of biotreatment, Biogénie has successfully bio-remediated over 1,000,000 tons of contaminated soil at Manufactured Gas Plant (MGP) sites, wood treatment sites, railway storage site, refineries and petroleum depots in Canada and Europe.

This report presents two case studies: a closed down refinery site treated *ex situ* using the biopile process, and a petroleum depot using a combination of *ex situ* (Biopile) and *in situ* Air Sparging processes.



DIAGNÓSTICO Y ESTUDIOS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS.

*Biól. David Flores Hernández
M. En C. Jesús Ochoa Valdés
Instituto Mexicano del Petróleo*

La transportación por ducto de productos derivados de la actividad petrolera, han generado recientemente inquietudes de tipo ambiental y de seguridad, debido fundamentalmente a fugas de los hidrocarburos que éstos transportan; en algunos casos estos incidentes suelen estar relacionados con mezclas explosivas que ocasionan situaciones de alto riesgo, sobre todo cuando éstas se encuentran en lugares próximos a zonas pobladas.

Desde el punto de vista ambiental, las fugas en ductos son relevantes sobretudo cuando se trata de productos destilados líquidos, gasolinas, turbosina, kerosina, diesel e inclusive aceite crudo, los cuales

El pasado 14 de enero de 1997, se reportó una fuga aparentemente de gasolina, como resultado del descontrol de una toma clandestina aproximadamente a cinco kilómetros de un poblado del estado de Veracruz.

Se estimó que parte del volumen derramado de producto, fue absorbido por el terreno y transportado hacia el subsuelo a través de grietas de desecación.

Por lo anterior, el 30 de enero la Gerencia de Protección Ambiental y Seguridad Industrial de Pemex Refinación, solicitó al Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) su apoyo, a fin de realizar los estudios encaminados a evaluar los niveles de contaminación y en su caso, proponer las

afectan al suelo, subsuelo y manto freático, generando alteraciones al medio ambiente receptor.

Las fugas en ductos se originan con frecuencia, como resultado de movimientos de la tierra provocados por fallas geológicas, sismos y asentamientos naturales del terreno, sin embargo, otro tipo origen esta relacionado con la corrosión de materiales, ruptura por perforaciones accidentales y cada vez con más frecuencia, fugas ocasionadas por tomas clandestinas, mismas que no cumplen con las especificaciones de resistencia a la presión, con las que trabajan estos ductos.

alternativas de remediación de la zona afectada. De esta manera, en los días comprendidos entre el 1 y 6 de febrero del año en curso, personal del IMP realizó los trabajos de campo que incluyeron: la evaluación de los vapores del subsuelo para la delimitación de la mancha contaminante y su confirmación mediante la construcción de zanjas, muestreo de suelos y caracterización de las aguas freáticas, así como los estudios geohidrológicos correspondientes.

Los resultados más sobresalientes de este estudio son los siguientes:

El subsuelo de la zona de estudio está compuesto de estratos someros que corresponden a una secuencia de tobas, arcillas y arenas de edad terciaria cubiertos

por material aluvial de edad cuaternaria. Este tipo de estratos le confieren al terreno una permeabilidad de baja a media, características que seguramente impidieron que el hidrocarburo afectara un área mayor.

Se encontró un nivel freático a una profundidad de 3.80 a 4.0 m, por lo que se considera que ésta es la mayor penetración que alcanzan los hidrocarburos derramados en el área.

Con base en la nivelación diferencial del agua freática, se detectó que la dirección del flujo subterráneo es predominantemente hacia el SE, el cual es similar a las condiciones de escurrimiento que adoptó la pluma contaminante.

Con base en los resultados de la evaluación de los vapores orgánicos del subsuelo, se pudo estimar que el área afectada por el derrame fue de 2.5 hectáreas aproximadamente, detectándose 3 núcleos de máxima concentración de gases en el subsuelo, indicando con esto los sitios con mayor probabilidad de registro de producto libre.

El análisis de agua tanto superficial (de un arroyo ubicado a 300 m del punto de fuga), como freática entorno a la zona de estudio (pozo exploratorio 2, y zanja 1), no presentaron concentraciones significativas de hidrocarburos y plomo desde el punto de vista ambiental, por lo que se concluye que los procesos de contaminación no han rebasado los límites establecidos por la zanja perimetral recomendada.

La integración del análisis de vapores del subsuelo (gasometría) muestra características de productos ligeros correspondientes al tipo de las gasolinas, con un tiempo de residencia relativamente

corto. Sin embargo la caracterización de producto de la muestra colectada en una zanja de recuperación ubicada a 7 m al norte del punto de fuga, mostró una mezcla de diesel y gasolina, lo cual sugiere que el combustible derramado se encuentra compuesto de estos dos tipos de producto.

El muestreo de los suelos a diferentes profundidades permitirá conocer el nivel de contaminación remanente a la combustión de hidrocarburos, así como a la recuperación efectuada mediante la zanja perimetral y aportará información de gran utilidad para complementar el mejor método de remediación, el cual podría ser de tipo físico (recuperación de hidrocarburos y agua contaminada en las zanjas y reinyección de agua previamente tratada mediante aireación) o por medio de biorremediación.

Introducción

La biodegradación de los contaminantes presentes en el medio ambiente es un proceso complejo, y para que éste se lleve a cabo depende de varios factores, como son la naturaleza y cantidad de los contaminantes presentes en el sitio, las condiciones climatológicas imperantes en el lugar y la diversidad microbiana presente.

La biorremediación es una tecnología limpia, y la cual se basa en el uso de microorganismos; este tipo de tratamiento se implementó a mediados de los 80's, sin embargo a principios de los 90's se presentó una gran problemática para la remediación de suelos contaminados, debido a que las compañías no realizaron los estudios de tratabilidad.

En este trabajo se expondrán algunos de los estudios preliminares de la biodegradación del crudo Maya así como de los suelos contaminados con desechos de pozos petroleros.

Materiales y métodos

Se llevaron a cabo cinéticas de degradación del crudo Maya así como de los suelos contaminados con desechos de la perforación de pozos petroleros. A continuación se indica de forma general el procedimiento empleado para su realización.

Cinéticas de degradación del crudo Maya.

Microorganismos. El consorcio microbiano empleado para la degradación del crudo Maya fue el del Instituto Mexicano del Petróleo, el cual se obtuvo a partir de muestreos realizados en lugares contaminados cercanos a refinerías y pozos petroleros. Los microorganismos que crecieron de cada una de las muestras obtenidas se agregaron en columnas empacadas con piedra tezontle. El cultivo se centrifugó, lavó y posteriormente se ajustó en el espectrofotómetro.

Cinética de degradación del crudo Maya. El experimento se realizó a nivel de matraz, el medio de cultivo utilizado está formulado en base a sales minerales y la fuente de carbono es el crudo Maya, el cual se agregó en una concentración del 1% w/v. Los matraces se incubaron en agitación constante y temperatura ambiente, y para cada tiempo de muestreo establecido se tomaron dos matraces, para su posterior análisis. Simultáneamente se corrió una serie testigo.

Evaluaciones. Los análisis que se realizaron a cada uno de los matraces fueron los siguientes: Unidades Formadoras de Colonias CFU/ml, pH y Hidrocarburos Totales del Petróleo.

Degradación de los desechos de la perforación de Pozos petroleros.

Éste se realizó en dos sistemas, los cuales fueron los siguientes: cinéticas de degradación de los contaminantes a nivel de matraz y degradación de estos mismos pero en la matriz de suelo.

Degradación de los contaminantes a nivel de matraz.

Microorganismos. Se empleó el consorcio microbiano del Instituto Mexicano del Petróleo, el cual se obtuvo de la misma forma que en la cinética anterior. Así mismo también se evaluó la capacidad de degradación de la flora autóctona presente en el suelo contaminado.

Cinéticas de Degradación. Se prepararon dos series de matraces a los cuales se le agregó, además del medio de cultivo, el suelo contaminado en una concentración del 10%. A una de las series se le adicionó el consorcio IMP. Los matraces se incubaron en agitación constante y temperatura ambiente. Se tomaron matraces por duplicado, para ambas series.

Evaluaciones. Los análisis practicados a las muestras fueron los mismos a los indicados la cinética anterior. Cabe aclarar que para la evaluación de los TPHs, se analizó tanto la fase sólida como la fase líquida.

Cinéticas de degradación de los contaminantes empleando la matriz de suelo.

Microorganismos. Se utilizó la flora autóctona presente en el suelo.

Sistema de Degradación. La degradación de los contaminantes se llevó a cabo en viales de 60 ml con 15 g de suelo contaminado. Se prepararon varias series de viales, en los cuales se evaluaron las siguientes variables: Fuente de nitrógeno y capacidad de campo. Con respecto al primer punto, se determinó el efecto de las siguientes fuentes de nitrógeno: Sulfato de amonio, nitrato de potasio, urea y nitrato de amonio, y para cada una de ellas se evaluaron las siguientes capacidades de campo 60, 85 y 100 %. Al mismo tiempo se prepararon series de viales testigo, así como un control envenenado con azida de sodio.

Todos los viales se incubaron a temperatura ambiente y se sacrificaron dos viales para su posterior análisis.

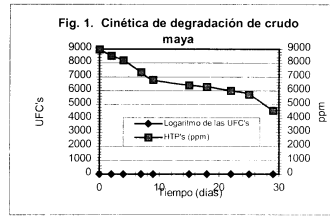
Evaluaciones. A cada uno de los viales se les practicaron los siguientes análisis: Producción de bióxido de carbono, pH, por ciento de humedad e Hidrocarburos Totales del Petróleo.

Resultados

Cinética de degradación del crudo Maya.

Los resultados obtenidos de la cinética de degradación del crudo por la acción del consorcio IMP se presentan en la figura 1. Como se puede observar, se presenta una sucesión de poblaciones microbianas, probablemente esto se deba a la heterogeneidad de la composición del crudo Maya. Análisis previos a este crudo indican que éste está constituido por las siguientes fracciones: Saturados (25.98),

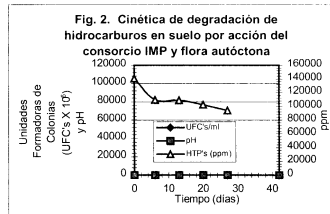
aromáticos (34.32), polares (21.15) y asfaltenos (18.55).

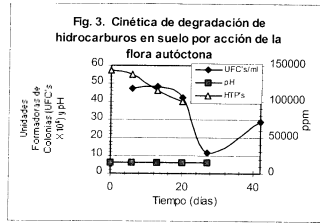


Por otra parte se observa que la velocidad de degradación del crudo maya cambia con respecto al tiempo, lo cual está acorde con el cambio en el número de organismos. Faltan por analizar las fracciones de crudo que no sufrieron cambios por la acción microbiana.

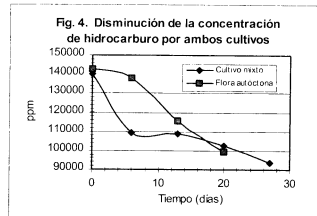
Cinéticas de degradación de los contaminantes presentes en el suelo.

En las Figuras 2 y 3 se presentan los resultados de la cinética de degradación del suelo contaminado, en presencia del consorcio microbiano y del sistema constituido por la flora autóctona únicamente.



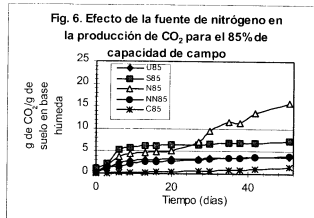
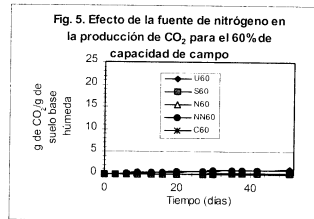


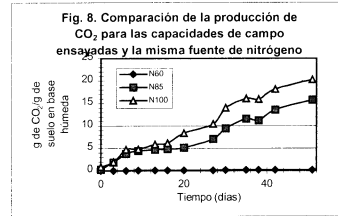
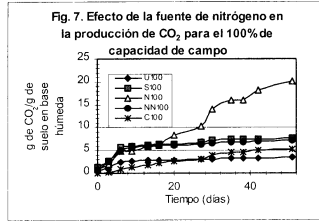
En la Figura 4 se compara la degradación de los contaminantes presentes en el suelo, con ambos sistemas. En esta gráfica se observa que en los primeros 6 días se presenta una pendiente muy pronunciada en la disminución de los hidrocarburos y después de este tiempo esta disminución se lleva a cabo muy lentamente. Para el caso del sistema constituido únicamente por la flora autóctona se observa que la disminución de los hidrocarburos se realiza desde un principio de forma gradual, de forma tal que para el tiempo 20 días, el por ciento de degradación es casi el mismo.



Por estos resultados se concluye que la flora autóctona presente en el suelo contaminado, tiene capacidad por sí sola de degradar los hidrocarburos del petróleo presentes.

En las Figuras 5, 6 y 7 se observa la producción de bióxido de carbono en función de las diferentes fuentes de nitrógeno empleadas en la degradación de los hidrocarburos así como de la capacidad de campo. Con estos resultados se observa, en primer lugar, que la sal de nitrato de potasio fue superior a las demás fuentes de nitrógeno, ya que se presentó la mayor producción de bióxido de carbono, y por otra parte es muy importante la presencia de agua en el suelo, ya que al incrementar la capacidad de campo se presentó un aumento en la producción de bióxido de carbono. (figura 8).





Conclusiones

El consorcio microbiano del Instituto Mexicano del Petróleo, obtenido a partir de sitios contaminados con residuos de petróleo y el cual está constituido por 9 bacterias diferentes, tuvo la capacidad de utilizar como fuente de carbono al crudo Maya, como se puede observar después de 29 días de crecimiento de este cultivo se obtuvo un porcentaje de degradación del 51 %, (expresados como TPHs). De acuerdo con este estudio es necesario dejar correr más tiempo la cinética para determinar el tiempo en el cual se alcanza la mayor degradación de este crudo. Además sería interesante determinar las fracciones del crudo Maya residuales así como las poblaciones microbianas que permanecen en el cultivo microbiano.

Con respecto a las cinéticas de degradación de los hidrocarburos del petróleo presentes en el suelo, se observa que la población autóctona presente en este lugar tiene la capacidad de degradar estos contaminantes. El porcentaje de degradación alcanzado por este cultivo así como con el consorcio microbiano son muy similares para un tiempo de 20 días. Este tipo de experimentos son muy importantes debido a que se puede conocer en poco tiempo si es posible llevar a cabo un proceso de biorremediación y además se puede estimar hasta que grado se pueden eliminar los contaminantes presentes.

Con respecto a los experimentos preliminares de degradación de estos mismos contaminantes presentes en el suelo pero trabajando en la matriz de suelo, se encontró que la sal de nitrato de potasio fue la mejor fuente de nitrógeno así como la capacidad de campo del 100 %.

Actualmente, se continúa trabajando en el laboratorio con estos estudios con el fin de mejorar este proceso de degradación.

EL CASO DE CADMIO EN TOYAMA Y DE MERCURIO EN MINAMATA

Mitsuhiro Yamamoto,

Experto del CENICA

Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental

Japón tuvo experiencias muy graves provocadas por la contaminación del medio ambiente. Se puede decir que tras superar obstáculos como el control de la contaminación, Japón ha logrado la prosperidad de hoy. (Ver Figura 1).

De varios problemas ambientales sumamente graves que experimentamos, presentaré únicamente dos casos relacionados con la restauración. El primero, es el caso de contaminación por cadmio conocido como *Enfermedad Itai-Itai*, y el otro es el de contaminación por mercurio conocido como *Enfermedad de Minamata*.

Caso de Contaminación por cadmio

Antecedentes

La fuente de este grave incidente fue una mina de plomo y cinc, que descargaba aguas residuales con metales pesados como cadmio, en la parte más alta del Río Zintsu, el cual atraviesa el centro de la Prefectura de Toyama que se ubica frente al Mar de Japón. (Ver Figura 2).

Fue en 1919 cuando se produjeron los primeros estragos, con la disminución drástica de la cosecha de arroz (principalmente en un terreno agrícola de 1,374 hectáreas), este terreno se ubicaba en el área del curso medio del río, donde se utilizaban sus aguas para la irrigación.

Después, entre los residentes de dicho lugar, especialmente en las mujeres que tuvieron niños, surgió una extraña enfermedad caracterizada por una fácil fractura de los huesos, causada por el consumo del arroz concentrado con cadmio.

Se dice que algunos pacientes gravemente enfermos se les fracturaban las costillas con sólo toser, a tal extremo que a un paciente se le encontraron 72 fracturas según la exploración practicada. Así, los huesos de las personas que contrajeron esta enfermedad se volvieron frágiles y murieron gritando *Itai-Itai*, que en japonés significa dolor o ¡Ay!, es por eso que a esta enfermedad se le conoce como *Itai-Itai*. El número de pacientes con la enfermedad *Itai-Itai* fue de 126, de los cuales murieron 116.

Fue hasta 1968, que el gobierno de Japón declaró que la causa de la Enfermedad *Itai-Itai* era la contaminación de cadmio. Según estudios realizados entre 1971 y 1976, en 1,667 sitios, la concentración de cadmio en el área contaminada, presentó la siguiente relación:

Tabla 1
Relación de sitios contaminados en el terreno agrícola, en la cuenca del Río Zintsu

Sitios contaminados (%)	Concentración (ppm)
1	mayor de 6
1.8	4.0 - 5.9
13.5	2.0 - 3.9

Así mismo, se estudiaron 2,570 lugares para ver la concentración de cadmio acumulado en granos de arroz entero, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2
Concentración de cadmio en granos de arroz

Sitios contaminados (%)	Concentración (ppm)
1.2	mayor de 2
7.7	1.0 - 1.9
29.2	0.4-0.9

En 1977, de acuerdo a los resultados de los estudios en la cuenca del Río Zintsu, el Gobierno Local, designó el terreno agrícola de 1,500 hectáreas como un área de control de la contaminación, e inició un proyecto de restauración del suelo en 1980; además se promulgó la Ley sobre el control de la contaminación del suelo en terrenos agrícolas y ésta indica como tratar el arroz (entero) contaminado, al detectarse concentraciones de cadmio mayores de 1 ppm.

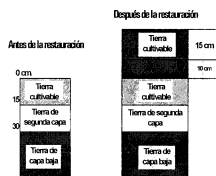
Técnicas de restauración

Para restaurar el suelo contaminado se experimentaron dos técnicas: la técnica de "Tierra Encimada" y la de "Tierra Confinada". Después de haber verificado la eficacia de ambas técnicas, se utilizaron éstas de acuerdo a las condiciones de la zona. A continuación se describe el procedimiento de cada técnica:

Técnica de "Tierra Encimada"

Previamente se prepara el terreno por cada área de cultivo programada y sobre este terreno se construye una capa de 10 cm de espesor de tierra con grava (traída de fuera). Después se vierte la tierra no contaminada con 15 cm de espesor como nueva tierra cultivable (Ver figura 1).

Figura 1
Técnica Encimada

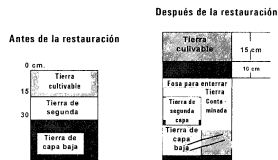


Técnica de "Tierra Confinada"

Se remueve cierto volumen de tierra desde la capa inferior para llenar las fosas pre-

viamente excavadas y se construye la plataforma de tierra de 10 cm de espesor cubriendo con la tierra excavada y por último, se vierte la tierra no contaminada, de 15 cm de espesor como, nueva tierra cultivable. (Ver figura 2).

Figura 2
Técnica confinada



Para obtener la nueva tierra cultivable se utilizó tierra de bosque, además se emplearon otros procedimientos para el mejoramiento en la calidad de la tierra, aplicando silicato de calcio, fertilizante fosfórico y excrementos de aves.

Como resultado del uso de estas técnicas, la concentración media de cadmio en el arroz entero se redujo de 1.16 a 0.05 ppm en 4 años (Ver tabla 3).

Tabla 3
Efectividad de la Restauración

Concentración de Cadmio (ppm)	En arroz entero			En suelo agrícola		
	Máx.	Min.	Prom	Máx	Min.	Prom
Antes	4.04	0.27	1.16	4.27	0.64	1.48
Después	0.13	0.02	0.05	0.17	0.08	0.13

Caso de Contaminación por Mercurio

Antecedentes

En 1956, se reportaron padecimientos, por causas desconocidas, en el sistema nervioso de la población de la ciudad de Minamata, prefectura de Kumamoto ubicada al sur

de Japón. Tras el esclarecimiento de sus causas, el Gobierno de Japón emitió su comentario.

La *Enfermedad Minamata* es un desorden del sistema nervioso central causado por los compuestos de mercurio metílico.

El problema fue causado por la descarga de agua residual que contenía compuestos de mercurio metílico, provenientes del proceso de fabricación de acetaldehído, por una empresa llamada "Chisso" en la ciudad de Minamata, contaminando así el medio ambiente. (Ver Figura 3).

Los compuestos de mercurio metílico fueron concentrándose en los peces y mariscos a través de la cadena alimenticia, así también en los residentes, especialmente en los pescadores que consumieron grandes cantidades de dichos productos, por lo que contrajeron esta enfermedad. También se reportó dicha enfermedad en los fetos, debido a la exposición a los compuestos de mercurio metílico durante el embarazo. Por lo que el número de pacientes comprobados con esta enfermedad ascendió a 1,773. (Ver Figura 4).

Efectos en la salud

Entre los principales síntomas presentados por la *Enfermedad Minamata* se encuentran: el desorden sensorial en los extremos de los cuatro miembros del cuerpo, ataxia de cerebelo, constricción concéntrica del campo visual, deficiencia auditiva, desequilibrio central, entre otros.

Medidas de Implementación

Una vez que la fábrica de Chisso en Minamata reconoció el grave problema que había ocasionado, tomó medidas de control de sus descargas; a partir de 1966 cambió el proceso de producción, evitando la descarga de aguas residuales con el mercurio metílico a través del sistema de circulación perfecta de aguas negras, además suspendieron la producción del acetaldehído en 1968.

A partir de estas medidas, la concentración de mercurio en los peces de la bahía de Minamata disminuyó rápidamente, sin embargo; debido a que ya se habían sedimentado más de 150 toneladas de mercurio, el alto nivel de esta sustancia se concentró en los lodos sedimentados, lo que seguía representado un grave problema de contaminación.

Ante esta situación, el gobierno local decidió dragar aproximadamente 1,500,000 m³ de lodos sedimentados que contenían más de 25 ppm de mercurio total, durante el período de 1974 a 1990; además también se llevó a cabo el proyecto del confinamiento en un área de la bahía (Ver figura 5).

Procedimiento de restauración y confinamiento

Preparativos de dragado

- Antes de iniciar la draga, se construyó un dique provisional de 430 m de largo entre la Isla Koji y el cabo, con el propósito de evitar la propagación de los lodos por la operación. Dicho dique estuvo integrado por una parte de cajón de 332 m de largo y una porción de bloque de 98 m de longitud. (Ver figura 6).

Preparación del área de confinamiento

- Se instaló una membrana impermeable para evitar la contaminación durante el trabajo de dragado en alta mar. (Ver Figura 7).
- Se esparció arena en el fondo de mar con el fin de prevenir la dispersión de la tierra blanda de la plataforma.
- Se construyó un dren en la tierra blanda del fondo usando un barco para compactación de arena y otro barco para dren de arena.
- Se incrustó una celda de tablaestaca de acero de 29.5 m de diámetro en el subsuelo restaurado y se llenó de arena.
- Se construyó una instalación de tratamiento del agua desbordada al arrojarse los lodos dragados al área de confinamiento. (Ver Figura 8).

- Se llevó a cabo el dragado, con un equipo sin cortador, que evitó el levantamiento de lodos.
- La geomembrana se extendió sobre los lodos dragados (porque el área de confinamiento es muy débil y blanda), encima de ésta, se colocó una soga en forma de red, después se esparció ceniza volcánica especial, de un espesor de 80 cm.
- Finalmente, se agregó tierra del bosque, de buena calidad y se arregló su superficie.

En 1987, al dragar los lodos contaminados con mercurio a concentraciones mayores de 25 ppm, se descubrió que dicha concentración se había reducido a 4.65 ppm. Ver Figura 9).

Resultados y conclusiones

una vez que se terminó de preparar el terreno de confinamiento, éste se destinó a la construcción de centros deportivos, parques, jardines, etc. Además, se construyeron y establecieron el Centro de Educación Ambiental y el Museo Municipal sobre la Enfermedad Minamata en los terrenos sólidos colindantes.

Finalmente, se presentan los resultados del estudio realizado por un grupo de la Agencia de Medio Ambiente del Gobierno de Japón, para buscar una correlación entre la magnitud de los daños por la contaminación y el costo implicado para su solución.

Muchos de los daños por la contaminación no se pueden cuantificar, como por ejemplo el daño a la salud humana. Sin embargo,

para fines del estudio, se evaluó la suma pagada como indemnización por el daño a la salud humana y el costo de la restauración para los campos y las cuencas acuíferas dañadas. Los resultados del estudio, concluyeron que la magnitud de los daños por la contaminación fueron menores que el monto total de daños reales.

Por otra parte, el costo de restauración implicó los gastos de: las medidas de control para evitar la contaminación, las medidas para eliminar los contaminantes, la construcción de la zona amortiguadora y otros gastos del sector público.

El costo de la contaminación por cadmio, se estimó en 21 millones de dólares por año, el cual incluyó: el daño a la salud humana, la disminución de la cosecha y la restauración del suelo. Por otra parte, el costo de las medidas de control que se aplicaron a las minas fue de 4.2 millones de dólares por año.

En Minamata, el costo de la contaminación por mercurio, fue de 105 millones de dólares por año incluyendo el daño a la salud humana, el daño a la pesca y el costo de dragado de los lodos y su confinamiento. Por otra parte, el costo necesario para el control fue de 1 millón de dólares por año.

De dicho análisis se desprende una buena lección, que una prevención anticipada contra la contaminación resultaría mucho más económica que una medida correctiva posterior, además que permite evitar una tragedia irremediable.

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO EM UM SÍTIO INDUSTRIAL ABANDONADO EM SÃO PAULO, BRASIL

Rodrigo César de Araújo Cunha

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

1. INTRODUÇÃO

A existência de áreas contaminadas constitui-se, atualmente, em um grave problema ambiental com que se deparam os países industrializados. Em função dos impactos que essas áreas causam nos recursos naturais, na saúde humana, assim como nos interesses econômicos, inúmeros países destinam, anualmente, grandes quantidades de recursos na tentativa de minimizar estes impactos.

Entre as atividades normalmente responsáveis pelo surgimento de áreas contaminadas destacam-se a atividade industrial, a disposição de resíduos e algumas atividades comerciais, especialmente o comércio de combustíveis automotivos. Entretanto, os sítios industriais desativados, em função do desconhecimento de sua situação quanto aos níveis de contaminação existente e ao interesse de reaproveitar essas áreas para outros fins, representam uma fonte constante de preocupação no gerenciamento de áreas contaminadas.

No Brasil, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) exemplifica esta situação. Em virtude do intenso processo de crescimento industrial ocorrido a partir do início deste século, constitui-se na região mais industrializada do país. Entretanto, nos últimos anos muitas indústrias têm-se transferido para outras regiões do país, ou simplesmente encerrado suas atividades. Atualmente existem ao redor de 4.238

sítios industriais desativados na RMSP, dos quais 2.460 estão situados no município de São Paulo (CETESB, 1997). Uma avaliação quanto ao uso atual dessas áreas ainda não foi realizada, entretanto, em função do elevado número de áreas existentes e do intenso processo de crescimento urbano ocorrido na RMSP, pode-se esperar pela existência de uma situação de elevado risco potencial, onde antigas áreas industriais possam, atualmente, estar tendo um uso incompatível com os níveis de contaminação remanescentes no local após o encerramento da atividade industrial.

Um exemplo típico desta situação pode ser observado no município de São Caetano do Sul, onde situam-se as instalações de uma antiga indústria de soda cáustica, situada a 1 km do centro da cidade. Esta empresa funcionou de 1946 até 1982, tendo empregado mercúrio como catodo no processo de produção da soda. Estima-se que aproximadamente 530 toneladas de mercúrio metálico tenham sido utilizadas no processo, uma quantidade bastante elevada que, considerando as perdas existentes no processo, poderia ter contaminado o solo e, por processos de transporte para a atmosfera, atingir a população.

Atualmente as instalações desta empresa encontram-se abandonadas, estando os edifícios parcialmente demolidos. Em função de sua localização e da natureza do contaminante presente na área, foi

desenvolvida uma investigação no local com o objetivo de avaliar a possibilidade da saúde da população vizinha estar sendo atingida pelo mercúrio proveniente do local.

2. AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO

Considerando como população exposta os moradores das casas vizinhas à área industrial e as crianças que adentram esta área para brincar, calculou-se a taxa de ingresso de mercúrio através das vias de exposição consideradas principais. Desta forma, para as crianças foram consideradas a exposição via ingestão de solo e inalação. Para os moradores foi considerada a inalação como a única via relevante.

2. Avaliação da exposição das crianças

a. Ingresso de poluentes a partir da ingestão de solo

O cálculo do ingresso de mercúrio por meio da ingestão de solo foi realizado utilizando a seguinte equação (US.EPA, 1989):

$$I_{is} = \frac{CS \times TI \times FC \times FI \times FE \times DE}{MC \times TM} \dots\dots\dots(1)$$

onde:

- I_{is} - ingresso da substância considerada por ingestão de solo (mg/kg.dia)
- CS - concentração da substância no solo (mg/kg)
- TI - taxa de ingresso (mg solo/dia)
- FC - fator de conversão (10^{-6} kg/mg)
- FI - fração ingerida proveniente do local contaminado (adimensional)
- FE - frequência de exposição (dias/ano)
- DE - duração da exposição (anos)
- MC - massa corpórea (kg)

TM - tempo médio (período para o qual a exposição média é calculada, dias)

Os dados empregados no cálculo do ingresso por inalação foram os seguintes:

- concentração no solo - foram consideradas as concentrações médias de mercúrio medidas na superfície do solo, cujos valores podem ser visualizados na tabela a seguir.

Tabela 1 - Valores médios de concentração de mercúrio na superfície do solo

Substância	Amplitude (mg/kg)	Média (mg/kg)
Hg	4,74- 2879	296,03

- taxa de ingresso - refere-se à ingestão diária de solo, resultante de um comportamento normal das crianças de constantemente levarem as mãos à boca. Em virtude da inexistência de informações disponíveis para as crianças brasileiras foi adotada a taxa de 150 mg/dia, valor médio entre a taxa de ingestão de crianças de 1 a 6 anos (200 mg/dia) e a taxa para crianças com mais de 6 anos (100 mg/dia), valores definidos pela EPA (U.S.EPA, 1989).
- fração ingerida proveniente do local - adotou-se o valor de 0,5, considerando-se que, embora o tempo de permanência das crianças no local seja pequeno, no período em que permanecem na área é grande o contato que têm com o solo, em decorrência da natureza das atividades que desenvolvem no local.
- frequência de exposição - em decorrência de entrevistas com algumas crianças sobre a frequência com que frequentavam a área para brincar, e de observações realizadas nas ocasiões

em que foram desenvolvidos trabalhos de investigação no local, foi adotada uma frequência de exposição de 160 dias por ano.

- duração da exposição - considerou-se o período dos 6 aos 14 anos de idade como sendo aquele em que as crianças mantêm atividades de recreação na área, totalizando 8 anos de exposição.
- massa corpórea - foi adotado o valor de 35 kg como sendo o peso médio para crianças incluídas na faixa etária de 6 a 14 anos.
- tempo médio - para as substâncias consideradas não cancerígenas esta variável estabelece uma distribuição média do ingresso pelo período total de exposição, sendo calculada multiplicando a duração da exposição (DE) por 365 dias/ano. Para o caso em questão foi adotado o valor de 2920 dias (8 anos vezes 365 dias).

Abaixo é apresentado um resumo dos valores empregados no cálculo do ingresso a partir da ingestão de solo contaminado.

Tabela 2 - Valores utilizados no cálculo da exposição das crianças por meio da ingestão de solo

	Hg
CS (mg/kg)	296,03
TI (mg/dia)	150
FI	0,5
FE (dias/ano)	160
DE (anos)	8
MC (kg)	35
TM (dias)	2920

Dos dados apresentados resultaram os seguintes valores para o ingresso (I_{ia}) via ingestão de solo.

Tabela 3 - Valores de ingresso a partir da ingestão de solo

Substância	Ingresso mg/kg.dia	Tipo de efeito
Hg	0,278E-03	não cancerígeno

b. Inalação de poluentes transportados pelo ar

No cálculo do ingresso de Hg decorrente da inalação foi utilizada a seguinte equação (US.EPA,1989):

$$I_{ia} = \frac{CA \times TI \times TE \times FE \times DE}{MC \times TM} \dots\dots\dots(2)$$

onde:

- I_{ia} - ingresso da substância considerada por inalação (mg/kg.dia)
- CA - concentração do poluente no ar (mg/m^3)
- TI - taxa de inalação (m^3/h)
- TE - tempo de exposição (horas/dia)
- FE - frequência de exposição (dias/ano)
- DE - duração da exposição (anos)
- MC - massa corpórea (kg)
- TM - tempo médio (dias)

Os valores destas variáveis, empregados no cálculo para o poluente considerado, são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 4 - Valores utilizados no cálculo da exposição das crianças a partir da inalação

	Hg
CA (mg/m^3)	4,67E-03
TI (m^3/h)	0,6
TE (h/dia)	2
FE (dias/ano)	160
DE (anos)	8
MC (kg)	35
TM (dias)	2920

- concentração do poluente no ar (CA) - foi empregado o valor médio das

medições realizadas no interior da área industrial (4669 ng/m³).

- taxa de inalação (TI) - adotou-se o valor de 0,6 m³/h, correspondente a uma taxa de inalação diária de 15 m³.
- tempo de exposição - correspondente ao período de permanência das crianças no interior da área. Em decorrência de entrevistas realizadas com as mesmas e com base nas observações realizadas durante os trabalhos de investigação na área, conclui-se que o tempo médio era de 2 horas por dia.
- frequência de exposição, duração da exposição, massa corpórea e tempo médio - os valores empregados foram os mesmos utilizados para o cálculo de ingresso a partir da ingestão de solo.

Os seguintes valores foram obtidos para o ingresso (I_a) via inalação.

Tabela 5 - Valores de ingresso a partir de inalação

Substância	Ingresso mg/kg.dia	Tipo de efeito
Hg	0,702E-04	não cancerígeno

2.2. Avaliação da exposição dos moradores

a. Inalação de poluentes transportados pelo ar

O ingresso de mercúrio a partir da inalação também foi calculado utilizando-se a equação 2 citada no item anterior.

Os dados empregados neste cálculo são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 6 - Valores utilizados no cálculo da exposição dos moradores vizinhos à área industrial a partir da inalação

	Hg
CA (mg/m ³)	3,68E-05
TI (m ³ /h)	0,83
TE (h/dia)	22
FE (dias/ano)	345
DE (anos)	30
MC (kg)	60
TM (dias)	10950

- concentração do contaminante no ar - o valor de concentração de mercúrio no ar é proveniente das amostragens realizadas nas residências, tendo sido adotado o valor médio.
- taxa de inalação - a taxa de inalação adotada corresponde a uma inalação diária de 20m³, valor médio para adultos (U.S.EPA, 1989).
- tempo de exposição - o valor utilizado correspondeu ao tempo de permanência das donas de casa em suas residências, ao redor de 22 horas diárias. Estas moradoras foram selecionadas pelo fato de permanecerem mais tempo expostas aos contaminantes que os demais membros da família.
- frequência de exposição - foram considerados como sendo de 345 dias o tempo de permanência no interior das residências durante o período de um ano, descontados afastamentos decorrentes de viagens de curta e média duração.
- duração da exposição - foi considerada como sendo 30 anos, correspondente ao tempo de residência do morador mais antigo no local. O tempo médio para as residências vizinhas à indústria é de 20 anos.

- massa corpórea - segundo o IBGE (FIBGE, 1977), o peso médio da população de São Paulo é de 60 kg, valor que se adotou no cálculo.
- tempo médio - utilizou-se o valor de 7300 dias, correspondente ao valor adotado para a duração da exposição (30 anos) vezes 365 dias/ano.

O seguinte valor foi obtido para o ingresso (I_{ia}) via inalação para os moradores vizinhos à área industrial.

Tabela 7 - Valor de ingresso para os moradores a partir da inalação

Substância	Ingresso mg/kg.dia	Tipo de efeito
Hg	0,106E-04	não cancerígeno

3. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

Os dados obtidos na avaliação dos riscos à saúde da população exposta ao mercúrio podem ser observados na tabela 8. Nesta pode-se constatar que o risco atual pode ser considerado aceitável para a população residente nas imediações da área (índice de risco inferior a 1), considerando o transporte pela atmosfera como sendo a única via significativa de exposição.

Tabela 8: Estimativa dos índices de risco crônico

Moradores						
Substância	IDC (mg/kg.dia)	RfD (mg/kg.dia)	Efeito crítico	QR	IR da via	IR total
Via de exposição: inalação						
Mercúrio	0,106E-04	0,89E-04	neurotóxico fígado	0,125 E+00	0,125 E+00	0,125E-00

Crianças						
Substância	IDC (mg/kg.dia)	RfD (mg/kg.dia)	Efeito crítico	QR	IR da via	IR total
Via de exposição: inalação						

Mercúrio	0,702E-04	0,89E-04	neurotóxico fígado	0,82E+00		
Via de exposição: ingestão solo						
Mercúrio	0,278E-03	0,30E-03	neurotóxico fígado	0,827+00	0,827E+00	0,175E+01

IDC - ingestão diária crônica

RfD - dose de referência

QR - quociente de risco

IR - índice de risco

Em relação às crianças que usualmente adentram a área, estas estão sujeitas aos efeitos de uma exposição a concentrações situadas acima dos limites considerados aceitáveis. O índice de risco calculado apresentou um valor igual a 1,75, superior ao limite aceitável igual a 1. O valor obtido, embora não expresse uma probabilidade, indica a existência de uma exposição que pode provocar efeitos adversos à saúde, cuja intensidade será função da sensibilidade dos indivíduos expostos. Em relação à participação das vias de exposição na composição do risco, verifica-se que a inalação (47%) e a ingestão acidental de solo (53%) têm participações semelhantes, sendo a ingestão de solo ligeiramente superior.

Na realidade, os valores obtidos para o índice de risco e o risco final podem ser ainda mais elevados, uma vez que não foi quantificado o ingresso das substâncias pela pele, que não foi considerada em virtude da inexistência de dados toxicológicos para a mesma.

4. CONCLUSÕES

Os resultados da avaliação da área da antiga indústria de cloro-soda permitem concluir que a área encontra-se contaminada, estando esta contaminação

presente em elevados níveis no solo e, em menor dimensão, na atmosfera.

Há um risco inaceitável à saúde das crianças que adentram a antiga área industrial, sendo as principais vias de exposição a ingestão de solo e a inalação.

O risco para a população residente nas imediações da área foi considerado aceitável.

O isolamento da área e a adoção de medidas de contenção do mercúrio presente no solo são recomendáveis de modo a minimizar os riscos decorrentes da exposição por meio da ingestão de solo e inalação. Entretanto, uma vez definido um uso para a área diferente do atual, deverá ser realizada nova avaliação para verificação dos riscos existentes neste novo cenário, definindo a necessidade de remediação e estabelecendo os limites de remediação compatíveis com este novo uso.

**ASSESSING AND MANAGING THE RISKS ASSOCIATED WITH
WIDESPREAD MERCURY CONTAMINATION RESULTING FROM GOLD
MINING - CARSON RIVER MERCURY SITE CASE STUDY.**

*Sean Hogan
Environmental Protection Agency (EPA)
San Francisco, California, U.S*

Introduction

In 1859, the discovery of gold deposits in a small tributary of the Carson River in western Nevada led to one of the largest gold bonanzas in the United States - the "Comstock Lode." The Comstock Lode lasted from 1859 to 1900 and during that time the population of Virginia City, Nevada, located directly above the ore body, went from less than one hundred to nearly 40,000 while annual ore production reached \$36,301,536 in 1872. The rich ore body was mined through a vast network of underground tunnels reaching a depth of 1,650 feet, and mercury amalgamation techniques were used to extract gold and silver from the ore. Milling techniques entailed adding elemental mercury to a heated slurry of crushed ore and salt water causing the mercury to form an amalgam with the gold and silver and then settle out. The mercury amalgam was then recovered and retorted resulting in the release mercury vapor. However, the largest fraction of mercury released from the mills was associated with the processed ore ("tailings") which was directly discharged to the Carson River and its tributaries. At the peak of the Comstock Lode, there were over 200 mills using mercury amalgamation techniques and between 1859 and 1900, it is estimated that 14,000,000 pounds of mercury was released into the Carson River drainage basin.

In August, 1990, the U.S. EPA added the Carson River to the National Priorities List and then embarked on a comprehensive assessment of the human health and ecological risks associated with the widespread distribution of mercury in the Carson River drainage basin. Based on the findings and data from other sources, potential human health risks posed by mercury, arsenic, and lead detected in soil, sediments, surface water, ground water, and biota in the Carson River System and Washoe Valley were assessed. Estimates of the potential severity of human health effects from releases of heavy metals was accomplished following the general guidelines of the Risk Assessment Guidance for Superfund. This included evaluating the concentrations of trace metals measured in the environment, their environmental fate and transport, their toxicology, and the degree of human exposure to those chemicals. Risk to human health is quantitatively characterized based on the level of the contaminants in the environment, the estimated level of exposure to the contaminants of concern, and the toxicity of those chemicals. This investigation was intended to help determine what actions are necessary to reduce risks but not to eliminate all uncertainty.

Site Definition

The Carson River Mercury Site (CRMS) includes areas in the Carson River basin and Washoe Valley which are impacted by trace metals, particularly mercury, released and concentrated in the environment as a consequence of milling practices during the Comstock era (1859 - 1900). Impacted areas include: sediments in the Carson River beginning near Carson City, Nevada and extending downstream through the Lahontan Reservoir to the terminal wetlands in the Carson Desert (Stillwater National Wildlife Refuge, Carson Lake, and Indian Lakes); tailing piles, sediment and soil in Gold Canyon, Sixmile Canyon, and Sevenmile Canyon; and sediment and soil in Washoe Valley. Environmental media which are affected include soil, sediment, surface water, and biota. The trace metals found to be of potential concern are mercury, arsenic, and lead.

Summary of Remedial Investigation

The objectives of this phase of the remedial investigation were as follows:

- identify the contaminants of potential concern (COPC),
- estimate exposure point concentrations for potentially complete exposure pathways, and
- characterize mercury levels at and around historic millsites.

The remedial investigation activities associated with each of these objectives are described herein.

Identify Contaminants of Potential Concern

In order to determine if other trace metals occur at levels of concern, approximately 10% of the soil samples (119 samples) were analyzed for all of the trace metals included in EPA's "Target Analyte List (TAL)." Contaminants of potential concern were identified by a two step process. The first step compared the maximum detected concentration in surface soils with EPA's preliminary remediation goal (PRG). Those trace metals exceeding their respective PRG were retained for the second step which compared the arithmetic mean of the concentrations detected at historic millsites and extant tailing piles with the estimated background level for the trace metal. If this mean concentration exceeded the background level, then the trace metal was identified as a COPC. In addition to mercury, arsenic and lead were identified as COPCs by this process.

In assessing the hazards from mercury in a particular environment, it is not enough to know the form in which mercury entered that environment because various transformations can take place. The major forms of mercury which have been identified to date are methyl-mercury, elemental mercury, and mercury. As part of the effort to identify contaminants of potential concern, soil samples were analyzed to determine the species of mercury generally occurring in soil. These results determined that less than 10% of the total mercury in soils is mercuric chloride or soluble mercury and approximately 90% of the mercury is either mercuric sulfide or elemental mercury. Mercury occurring in fish and waterfowl was assumed to be 100%.

Estimate Exposure Point Concentrations

The exposure point concentration is an estimate of the concentration of the COPC that is contacted via an exposure pathway (e.g., ingestion of soil) over a given period of time. In order to estimate exposure point concentrations for potentially complete exposure pathways, samples were collected from media potentially affected by mercury (i.e., soil, air and water) in areas where mercury contamination was suspected to occur. The majority of this environmental sampling was conducted in Dayton where it was assumed that there are the highest levels of mercury occurring in a populated area. This assumption was primarily based on the fact that there were several historic millsites located in and around Dayton. Also, because Dayton is located at the mouth of Gold Canyon and on the flood plain of the Carson River, tailings could be deposited in and around Dayton from other upgradient source areas. Samples were collected from soil, ground water, air, and domestic produce; and exposure point concentrations were derived from the arithmetic mean and the associated 95 percent upper confidence limit (95 UCL). If the data set was insufficient to calculate the 95 UCL, the maximum detected value was used as the exposure point concentration. Soil samples were also collected from Sixmile Canyon, Gold Canyon, the alluvial fan below Sixmile Canyon, the Carson River flood plain, the beach areas of Lahontan Reservoir, Washoe Lake, and Indian Lakes; and exposure point concentrations were derived to represent the level of contamination in these areas. Exposure point concentrations were also derived for muscle tissue from fish and waterfowl using data from other sources.

Characterize and Assess Historic Millsites

Among the areas where mercury was thought to occur, it was assumed that the highest levels of mercury would occur at and around historic millsites and extant tailing piles. The basis for this assumption is that there would be minimal dilution caused by transport. Thus, the remedial investigation included an exhaustive research effort to identify the Comstock mills and map the millsites. Out of this research, the location of 131 mills were identified and the area of these millsites were mapped. At each of the millsites, 5 to 25 surface soil samples were collected to evaluate if levels of mercury, arsenic, and lead were significant. Although subsurface soil was also sampled at millsites, the main objective was to evaluate whether incidental ingestion of surface soil was an exposure pathway of concern at the millsites. Surface soil samples were collected at locations where mercury was thought likely to occur (i.e., tailing piles, tailing ponds, ruins, etc.).

The significance of mercury contamination was evaluated by comparing mercury levels with EPA's site specific Preliminary Remediation Goal (PRG) for soil which is 23 mg/kg. Sampling areas where there were no sample results greater than or equal to 23 mg/kg were screened out of further evaluation. Sampling areas where there were more than two sampling locations equal to or greater than 23 mg/kg were evaluated by defining a subarea with the sampling results equal to or greater than 23 mg/kg and determining the arithmetic mean using the data included in this subarea. Subareas were not defined for sampling areas where there was only one or two samples equal to or greater than 23 mg/kg, unless the sample(s) could be grouped with an adjacent subarea. Also, if

two adjacent samples equal to or greater than 23 mg/kg, a line between the two points was buffered to create a subarea. Through this process, 39 subareas were selected for further evaluation.

Exposure Assessment

The purpose for the exposure assessment is to characterize and evaluate the significance of potentially complete exposure pathways. A complete exposure pathway includes the following four elements: 1) a source and mechanism of chemical release, 2) retention or transport medium, 3) a point of human contact or exposure point, and 4) an exposure route (i.e., ingestion, inhalation, or dermal contact) at the contact point. Exposure pathways that were evaluated for the COPCs are described in Table 1.

Ingestion of ground water, surface water and sediment were screened out of the exposure assessment because the COPCs were detected at relatively low levels in these media. The other exposure pathways were evaluated by estimating the chronic daily intake (CDI) of the COPCs for each pathway. The CDI is determined by multiplying the exposure point concentration by the intake factor for that medium.

The estimated CDI of mercury and arsenic via incidental soil ingestion was adjusted to reflect the degree to which metal species are available for absorption following ingestion.

Table 1
Exposure Pathways Evaluated for the
Contaminants of Potential Concern

Exposure Pathway	Contaminant of Potential Concern		
	Mercury	Arsenic	Lead
Incidental soil ingestion	yes	yes	yes
Incidental sediment ingestion	yes	yes	no
Incidental surface water ingestion	yes	yes	no
Ground water ingestion	yes	yes	yes
Fish consumption	yes	no	no
Waterfowl consumption	yes	no	no
Air inhalation	yes	yes	yes

The estimated CDI of mercury via incidental soil ingestion was multiplied by 0.28 to reflect the degree to which mercury species are available for absorption following ingestion. Based on mercury species data developed for the CRMS, it was assumed that approximately 90% of the mercury in soil is mercuric sulfide (HgS) and 10% is mercuric chloride (HgCl₂). This was considered a conservative assumption given that the mercuric chloride component was generally less than 10%. Using 15% as the oral absorption value for mercuric chloride and 3% for mercuric sulfide, an oral absorption factor of 0.28 was derived ((3/15 x 0.90) + (15/15 x 0.10) = 0.28).

The estimated CDI of arsenic via incidental soil ingestion was multiplied by 0.80 to reflect the degree to which arsenic is assumed to be available for absorption.

Toxicity Evaluation

The toxicity assessment weighs available evidence regarding the potential for particular chemicals to cause adverse effects in exposed individuals (weight-of-evidence), and quantitatively characterizes the relationship between the extent of exposure to an agent and the increase likelihood and/or severity of adverse effects (dose-response assessment).

The toxicity assessment evaluates noncancer effects using reference doses (RfD) as numeric indicators of toxicity. The RfD is an estimate (with uncertainty spanning perhaps an order of magnitude or greater) of a daily exposure level for the human population, including sensitive subpopulations, that is likely to be without an appreciable risk of deleterious effects during a lifetime. The oral RfD which was used to evaluate exposure via ingestion to both inorganic and organic mercury is 0.3 µg/kg-day. Because there is an ongoing debate as to whether the RfD for methyl mercury is sufficiently health protective for unborn or young children in critical stages of development, this RfD was not used to evaluate exposure via fish consumption for children and pregnant or nursing mothers. The reference concentration (RfC) used to evaluate exposure to mercury via inhalation is 0.3 µg/m³. The oral RfD which was used to evaluate exposure to arsenic via ingestion is 0.3 µg/kg-day. The RfDs and RfC were obtained from the Integrated Risk Information System (IRIS) updated through June 1993 and the Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST) updated through March 1993.

EPA withdrew the established RfD for lead in 1989. This was done because 1) there is not a discernible threshold for health effects related to lead exposure and 2) there are numerous environmental sources of lead which have to be considered in estimating lead exposure. In lieu of the RfD, it was

determined that blood levels, which can be correlated with toxic effects, provide the best index for evaluating lead exposure. The blood lead "level of concern" is 10 µg/dl.

The toxicity assessment evaluates cancer effects based on the assumption that cancer can occur at any exposure level ("no-threshold"). EPA use the linear multistage model for extrapolating cancer risks from high dose levels, where cancer responses can be measured, to relatively low dose levels, which are of concern in the environment. This dose-response extrapolation is known as a cancer slope factor (CSF) which is used to estimate lifetime cancer risks associated with chronic low-level exposures to contaminants. The CSFs were also obtained from the Integrated Risk Information System (IRIS) updated through June 1993 and the Health Effects Assessment Summary Tables (HEAST) updated through March 1993.

Risk Characterization

Risk characterization combines the exposure and toxicity assessments to produce quantitative estimates of risk from the chemicals of potential concern. EPA evaluated the noncancer and cancer health risks associated with each of the complete exposure pathways.

Estimates of noncancer health risks are calculated by dividing the estimated chemical-specific CDI (µg/kg-day) by the respective RfD (µg/kg-day). This ratio is referred to as a "Hazard Quotient (HQ = CDI / RfD)." The sum of HQs for multiple chemicals and pathways is the "Hazard Index (HI)." EPA suggests that a HI greater than one indicates that the associated exposure scenario has a potential to result in adverse noncancer health effects and additional evaluation may be necessary. Although the potential for adverse health effects increases as the HI value increases,

the level of concern does not increase linearly. This is because RfDs do not have equal accuracy or precision and are not based on the same severity of toxic effects.

Noncancer health risks associated with lead are quantitatively characterized with the EPA Lead Uptake/Biokinetic Model, Version 0.5 ("UBK Model"). The UBK model was designed to estimate the blood lead levels in children 0 to 6 years of age, based on multi-media lead exposures. The model accounts for the potential environmental and maternal sources of lead (air, diet, drinking water, dust, soil, and the lead concentration in the mother's blood during gestation) for which numerous fundamental assumptions are used.

Cancer risks which are described as the incremental probability that an individual will develop cancer in their lifetime are estimated by multiplying the estimated chemical-specific CDI by the respective cancer slope factor (CSF). The cancer risk range of 10^{-4} to 10^{-6} is established as generally acceptable by EPA. In other words, the probability that one additional person out of 10,000 to 1,000,000 could develop cancer as a result of their exposure is considered an acceptable risk.

The estimated HIs and probability of cancer risks are summarized in Tables 2 through 6.

Uncertainty Assessment

It must be recognized that the assessment of cancer risks and noncancer hazards by available (generally indirect) methods can provide only crude estimates of risk and this should be borne in mind in making regulatory decisions about permissible exposure concentrations in environmental media.

EPA evaluated the uncertainty of the risk assessment and identified elements of the risk assessment that would tend to

...

overestimate or underestimate potential exposure and risk to individuals within the study area. Risk uncertainties specific to this HHRA are summarized in Table E.7.

Conclusions

The conclusions of the HHRA are as follows:

- The contaminants of potential concern (COPCs) for the Carson River Mercury Site (CRMS) are *mercury*, *arsenic* and *lead*. Mercury was imported to the region during the Comstock era (1859 - 1900) to process ore. Although mercury is also naturally occurring in the region, such sources are not considered important relative to the large amount of mercury imported to the region during the Comstock era. Arsenic and lead are naturally occurring trace metals in the region which were concentrated in the environment by natural and anthropogenic processes.
- The highest concentrations of the COPCs are found at and around historic millsites and extant tailing piles. The COPCs also occur in areas where discharged tailings and other eroded material from historic millsites have come to be deposited. These areas include: the alluvial fan below Sixmile Canyon, the flood plain of the Carson River below New Empire, the active channel of the Carson River below New Empire, Lahontan Reservoir, Carson Lake, Stillwater, Indian Lakes and Washoe Lake.
- Although the soil ingestion pathway is important for all of the COPCs, the significance of this pathway varies according to the land use (i.e., residential, occupational and recreational) and according to the concentration of the COPC in surface

soil. For residential land use, mercury and arsenic were detected in surface soil at levels which translate into a HI>1 for a young child (< 6 years of age). For recreational or open land use areas (i.e., Brunswick, Sixmile Canyon, Gold Canyon, Lahontan Reservoir, Indian Lakes, and Washoe Lake beach areas), none of the COPCs were found to occur in surface soil at levels which are considered significant for this exposure pathway.

- Inhalation of airborne contaminants does not appear to be an exposure pathway of concern for any of the COPCs irrespective of the land use scenario (HI<1).
- Ingestion of ground water does not appear to be an exposure pathway of concern for any of the COPCs.
- Incidental ingestion of surface water and sediment while swimming does not appear to be an exposure pathway of concern for any of the COPCs.
- Consumption of produce grown in contaminated soil was found to be a complete exposure pathway for mercury. However, this pathway does not appear to be of concern (HI<1).
- Individuals who consume fish or waterfowl from the Carson River system should be cautioned that the risks are proportional to the amount and type of fish and waterfowl consumed. Using an indicator species approach, typical HI estimates for selected indicator species were found to exceed 1 for the consumption of white bass from the Carson River above and below Lahontan Reservoir and Indian Lakes; and for consumption of walleye from Lahontan Reservoir. Also using an indicator species approach, typical HI estimates

were found to exceed 1 for the consumption of shovelers from the Carson Lake area. Because fish and waterfowl from the Carson River system are contaminated with mercury, it is recommended that pregnant or nursing mothers and young children (< 6 years) not consume fish or waterfowl from this drainage.

Table 2
Estimated Hazard Indices for Individuals Living On or Adjacent to Impacted Areas

Exposure Pathway	Contaminant	Typical Estimate ¹	High-end Estimate ²
Soil Ingestion ³	Mercury	0.09	2.80
	Arsenic	0.05	1.23
Dust and/or Vapor Inhalation	Mercury	0.10	0.38
	Arsenic	0.002	0.007
Consumption of Domestic Produce	Mercury	0.40	0.80
Hazard Index		0.64	5.22

1. Typical estimate is for an adult.
2. High-end estimate is for a young child (< 6 years).
3. Chronic daily intake (CDI) was estimated based on mercury levels measured in surface soil at the MS004 sample area in Dayton.

Table 3
Estimated Hazard Indices for Recreational Land Use In and Around Impacted Areas

Exposure Pathway	Contaminant	Typical Estimate ¹	High-end Estimate
Soil Ingestion ²	Mercury	0.01	0.24
	Arsenic	0.002	0.10
Dust and/or Vapor Inhalation	Mercury	0.002	0.016
	Arsenic	0.00003	0.0003
Hazard Index		0.01	0.36

1. Both the typical and high-end estimates are for a school age child (7 - 18 years of age).
2. Chronic daily intake (CDI) was estimated based on mercury levels measured in surface soil at the TP007 sample area in Sixmile Canyon.

Table 4
Estimated Hazard Indices for Consumption
of Fish and Waterfowl

Indicator Species/Location	Contaminant	Typical Estimate ¹	High-end Estimate
White Bass/Carson River Above Lahontan	Mercury	3.5	6.5
Walleye/Lahontan Reservoir	Mercury	2.6	4.9
White Bass/Carson River Below Lahontan	Mercury	1.1	2.1
White Bass/Indian Lakes	Mercury	2.2	4.1
White Bass/Washoe Lake	Mercury	0.6	1.2
Shovelers/Cars on Lake	Mercury	1.4	2.0
Shovelers/Still water	Mercury	0.5	0.8
Mallards/Carson Lake	Mercury	0.3	0.6
Mallards/Stillwater	Mercury	0.2	0.5
1. Both typical and high-end estimates are for an adult.			

Table 5
Potential Cancer Risks for Individuals Living On
or Adjacent to Impacted Area

Exposure Pathway	Contaminant	Typical Estimate ¹	High-end Estimate
Soil Ingestion ²	Arsenic	3 E-6	4 E-5
Dust and/or Vapor Inhalation	Arsenic	1 E-6	4 E-6
Cancer Risk		4 E-6	4 E-5
1. Both the typical and high-end estimates are for an adult (life-time resident).			
2. Chronic daily intake (CDI) was estimated based on arsenic levels measured in surface soil in Dayton.			

Table 6
Potential Cancer Risks for Recreational
and use in Impacted Areas

Exposure Pathway	Contaminant	Typical Estimate	High-end Estimate
Soil Ingestion ²	Arsenic	4 E-8	1 E-5
Dust and/or Vapor Inhalation	Arsenic	2 E-8	2 E-7
Cancer Risk		6 E-8	1 E-5
1. Both the typical and high-end estimates are for a school-age child (7 - 18 years).			
2. Chronic daily intake (CDI) was estimated based on arsenic levels measured in surface soil in Sixmile Canyon.			

Table 7
Summary of Site Specific Uncertainties Associated with Risk Estimates

Uncertainty Factor	Effect of Uncertainty	Comment
Exposure point concentrations used for volatile mercury.	May over- or underestimate risk	Exposure point concentrations used for volatile mercury were derived from the method detection limit and were not actually measured. Therefore, levels of volatile mercury in indoor and ambient air may actually be more or less than the exposure point concentration.
Exposure point concentrations for mercury levels in surface soil on the alluvial fan.	May overestimate risk	Exposure point concentrations used to evaluate incidental ingestion of soil on the alluvial fan were derived from a data set which included samples from the area of transport where tailings from Sixmile Canyon are deposited. Current residential areas on the alluvial fan are north of the area of transport. Mercury levels measured in samples collected from current residential areas did not exceed 25 mg/kg.
Exposure point concentrations for mercury levels in surface soil on the flood plain.	May overestimate risk	Exposure point concentrations used to evaluate incidental ingestion of soil on the flood plain were derived from the highest concentrations detected on the flood plain. The 95 UCL for all of the samples collected from the flood plain (18.20 mg/kg) is a factor of 20 less than the value used to estimate the high-end risks for this scenario.
Use of an indicator species to estimate mercury exposure associated with consumption of fish and waterfowl.	May overestimate risk	To the extent that the actual diets include lesser contaminated fish and waterfowl, the indicator species approach used in this HHRA is likely to overestimate exposures.
Arsenic which was identified in tailings and at historic millsites was not measured in fruit and vegetables.	May underestimate risk	Arsenic can also be taken up by plants.
Cancer slope factors for arsenic	May overestimate risks	Slope factors are based on a 95th percent UCL derived from a linearized model. Considered unlikely to underestimate risks.
Cancer risk estimates assume there is no threshold.	May overestimate risks	Possibility that some threshold exists.
Reference doses (RfDs) for mercuric mercury are derived from animal studies.	May over- or underestimate risks	Extrapolation from an animal to human may induce error because of differences in absorption, pharmacokinetics, target organs, enzymes, and population variability.

HAZWRAP: AN INTERNATIONAL RESOURCE FOR ENVIRONMENTAL REMEDIATION

Rafael G. Rivera
Strategic Planning and Program Development Manager
Hazardous Waste Remedial Actions Program
Managed by Lockheed Martin Energy Systems, Inc.
U.S. Department of Energy

Introduction

Located in Oak Ridge, Tennessee, the Hazardous Waste Remedial Actions Program—HAZWRAP—is a U.S. Department of Energy program providing environmental management and technical services to the Department of Energy and other federal agencies as well as foreign governments.

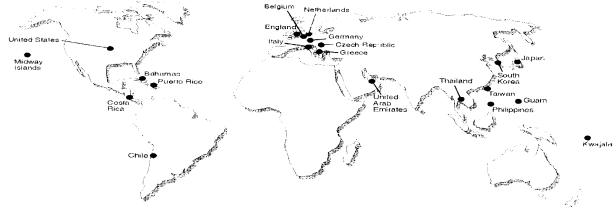
Since 1984, HAZWRAP has evolved as a unique resource offering expertise spanning the full range of environmental services—including environmental assessment, regulatory compliance, waste management, airborne hazards, pollution prevention,

technology evaluation and application, training and education, demilitarization and unexploded ordnance, and remediation. HAZWRAP's mission is to develop, promote, and apply innovative, cost-effective technologies and approaches to address national and international environmental challenges.

Global Project Execution

In its 13-year history, HAZWRAP has executed more than 400 projects at more than 1580 sites, including 230 federal facilities in all 50 states, 10 Environmental Protection Agency regions, and more than 20 other countries and U.S. protectorates

Internationally, HAZWRAP has executed projects in more than 20 countries and U.S. protectorates.

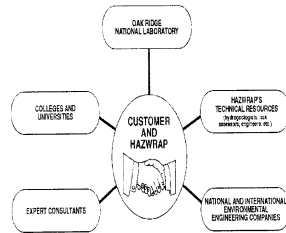


HAZWRAP can execute projects anywhere around the world.

Network of HAZWRAP's Resources

HAZWRAP has developed extensive in-house capabilities and an international network of support resources. This enables project managers to integrate multidisciplinary teams tailored to meet the specific requirements of each phase of every project. This team integrates lessons learned, management expertise, technical and regulatory know-how, and remedial technologies to solve environmental problems.

The organization maintains internal core resources that include quality assurance/quality control specialists, hydrogeologists, risk assessment specialists, analytical chemists, regulatory analysts, environmental engineers, and computer-aided design and geographic information system personnel.



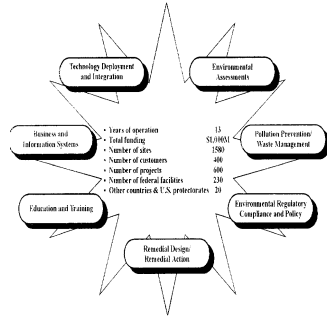
HAZWRAP draws on extensive internal and external resources.

Because HAZWRAP draws on resources from the entire national technical base, it provides the independent perspective essential to assess requirements objectively, evaluate technology options, and optimize project implementation strategies.

Using the immediate resource base, which includes the scientific and engineering capabilities of the U.S. Department of Energy Complex as well as more than 100 environmental technology contractors ranging from 8(a) firms to major corporations, the organization can respond to any environmental situation. HAZWRAP also has access to more than 80 academic institutions.

Life-Cycle Environmental Support

An emphasis of the organization is to provide life-cycle environmental management support—from problem assessment and requirements analysis to technology evaluation and project execution to site closure. This approach is applied to all programmatic activities, including technology integration and deployment, environmental assessments, unexploded ordnance/demilitarization, remedial design/remedial action, environmental regulatory compliance and policy, and pollution prevention/waste management.



HAZWRAP provides the full range of environmental services.

Technology Integration and Deployment

HAZWRAP helps customers make the right technology selections that decrease time, cost, risk, and legacy impacts downstream in the project life cycle. HAZWRAP has successfully implemented more than 100 technologies and approaches in the areas of site characterization, monitoring and sampling, remedial investigation, containment, and remediation.

Field Assessment Screening Team

For example, in response to a specific problem, HAZWRAP developed the Field Assessment Screening Team—

FAST—technology, which enables on-site teams to work interactively with remote laboratories, drastically reducing the time and cost of site characterization. The FAST approach can reduce sampling costs by 40% and waste disposal costs by 80% compared to conventional methods.

Environmental Management Information System

As the environmental industry matured, so did our ability to collect reams of complex data. Customers told HAZWRAP about the difficulties in managing complex environmental data derived from dissimilar sources. In response, HAZWRAP developed the Environmental Management Information System or EMIS to be a single repository and engine for managing the information contained within that data.

EMIS will enable customers to better manage operations. By better managing data, customers can make those important decisions based on knowledge residing in that data. And better decision-making processes reduce workload burden. The system is now in high demand and being implemented at many U.S. Department of Defense and other U.S. federal facilities.

Bioremediation

At the U.S. Army's Kwajalein Atoll in the Republic of the Marshall Islands, HAZWRAP demonstrated, for the first time, that in situ bioremediation was

possible in coral soils. Using native microorganisms, HAZWRAP successfully demonstrated the cleanup of diesel-fuel-contaminated coral soils.

Monitoring Alternatives

At Loring Air Force Base—a National Priorities List site—in Maine, HAZWRAP employed innovative geophysical techniques, such as a three-point caliper, in boreholes to identify water-bearing zones and then followed with packer sampling. Using these techniques eliminated the need to install costly monitoring wells. Also at Loring, HAZWRAP demonstrated that natural attenuation/intrinsic remediation was a low-cost, viable alternative for cleanup of contaminated groundwater, including fractured bedrock.

Environmental Assessments

HAZWRAP performs environmental assessments and site characterizations encompassing water, soil, and air pathways.

Working with Oak Ridge National Laboratory, HAZWRAP has become a leader in the development and implementation of radon assessment and evaluation protocols and technology. For the U.S. Navy, HAZWRAP developed the first statistically based radon-sampling protocol for family housing and for the U.S. Postal Service, HAZWRAP developed the first scientifically based testing protocol for large buildings. HAZWRAP has performed nearly

13,000 radon tests in 259 U.S. Postal Service buildings in 31 states and Guam.

HAZWRAP's quality assurance work in lead-based paint assessments is a model for the industry. The organization was the first to introduce field quality control using inexpensive, unknown samples. After HAZWRAP applied x-ray fluorescence spectrum validation methodology to lead-based paint samples, the data collected were used as the basis for decisions on lead-based paint abatement programs.

HAZWRAP assessed fuel and solvent contamination at Fresno Air National Guard Base in California. The organization then developed an investigation-derived waste management plan and proved that trichloroethylene contamination was from an off-base source.

Pollution Prevention/Waste Management

HAZWRAP helps customers analyze their pollution prevention options and build pollution prevention techniques into their projects from the beginning, thereby minimizing waste management and lowering costs.

HAZWRAP's experience in project implementation covers the spectrum of waste management activities. The organization has prepared Resource Conservation and Recovery Act Subpart X permit applications for open burning/open detonation for numerous

U.S. Army installations and implemented the permit requirements; performed hazardous materials inventories for the 88th and 99th U.S. Army Reserve Commands; and characterized, packaged, and documented hazardous waste for the 89th and 97th Army Reserve Commands to meet Resource Conservation and Recovery Act and U.S. Department of Transportation standards for transport.

Environmental Compliance and Policy **Regulatory**

To successfully conduct innovative technology demonstrations, customers must assure regulators that their technologies and processes comply with relevant laws. HAZWRAP assists customers in understanding and applying environmental regulations.

Unexploded Ordnance/Demilitarization

The organization has hands-on experience in the execution of range clearance operations at military installations. HAZWRAP integrates innovative technologies in the detection, identification, characterization, removal and disposal of mines and unexploded ordnance. HAZWRAP provides the programmatic support and technological innovation to solve the complete range of environmental challenges posed in safely removing and disposing of energetic substances.

At the U.S. Army's Aberdeen Proving

Ground in Maryland, HAZWRAP managed the demonstration of the telerobotic excavator to find and remove unexploded ordnance.

The organization has also employed the Remote Characterization System to investigate and safely remediate unexploded ordnance hazards.

Using helicopter-borne geophysical surveying, HAZWRAP can detect and map magnetic anomalies.

Using passive hydroacoustic sensors and sophisticated analysis techniques, underwater unexploded ordnance—even in sediments—can be identified and mapped.

Remediation

In partnership with U.S. Department of Energy laboratories, including Oak Ridge National Laboratory, HAZWRAP has experience with implementing numerous technologies, where appropriate, for cost-effective site remediation. HAZWRAP's experience includes capping hundreds of acres of landfill and waste burial sites, designing and installing groundwater treatment systems, implementing soil remediation/treatment systems, and conducting underground storage tank inspection and removal programs.

At Robins Air Force Base, Georgia, HAZWRAP achieved major costs savings through effective project management, technological innovation, and performance-based contracting.

HAZWRAP removed, remediated, and solidifies approximately 28,000 cubic yards of sludge; treated 1.5 million gallons of wastewater; and thermally destroyed more than 90% of the volatile organics from the sludge.

At the Brandywine Site at Andrews Air Force Base in Maryland, HAZWRAP cleaned up PCB-contaminated soil and controlled solvent-contaminated groundwater. HAZWRAP demolished buildings, removed soil, conducted tests, and provided computer modeling for remedial design.

At Dover Air Force Base, Delaware, HAZWRAP investigated and remediated landfills and fuel, solvent, and pesticide contamination. HAZWRAP responded to the initial request within 20 days to clear a site for construction of a terminal facility for Desert Storm.

For 47 underground storage tanks at Edwards Air Force Base in California, HAZWRAP implemented an underground storage tank testing and removal program as well as a soil remediation program.

Education and Training

From the beginning of a project, HAZWRAP works with customers to determine training needs. The organization assists managers in developing their plans, analyzing the jobs and tasks needed for the project, and developing the curriculum needed to train the work force to accomplish these tasks.

HAZWRAP has provided project and program management technical support for U.S. Department of Energy Headquarters projects, including educational consortia, work force diversity initiatives, special programs, and academic curriculum development.

HAZWRAP also provides specialized training in hazardous materials, risk assessment, and computer applications.

Business and Information Systems

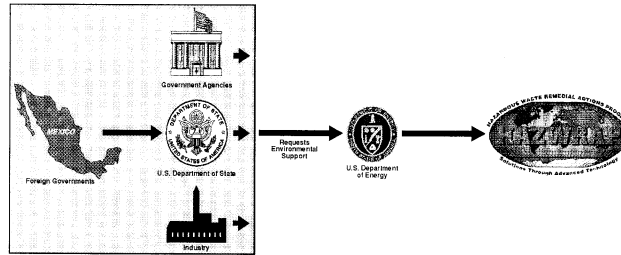
Recently, HAZWRAP implemented many changes to improve the organization's ability to meet customers' evolving needs. The HAZWRAP Information Management System is an enhanced management system that provides earned-value reporting and better tracking of cost and schedule. The system allows HAZWRAP to respond more effectively to customers' reporting needs and information requests.

The organization has also instituted better project controls to aid in managing projects to baselined plans and planning up-front for contingencies and unknowns. HAZWRAP understands how the federal sector conducts business. In fact, HAZWRAP's contracting system was designed to support federal environmental needs. And HAZWRAP's mature environmental management infrastructure facilitates the transfer and integration of innovative technologies across customer lines.

One-Stop Environmental Shopping

HAZWRAP offers a total capability to help customers realize the right solutions—the best solutions—to their environmental management challenges. HAZWRAP's innovative approaches to project management, performance-based contracting, and technology application can help customers achieve programmatic objectives better, faster, and, ultimately, more affordably. HAZWRAP is committed to helping customers achieve the best solutions to their environmental challenges.

For more information about HAZWRAP, visit HAZWRAP's Home Page at www.ornl.gov/HAZWRAP or contact Rafael G. Rivera, HAZWRAP's Strategic Planning and Program Development Manager, at 423-241-9187 (telephone) or riverarg@ornl.gov (e-mail).



HAZWRAP is a U.S. Department of Energy program. Using international technical resources, HAZWRAP works with customers to develop effective, affordable solutions to environmental problems.

MESA REDONDA IV

Aportaciones de Empresas de Servicios para Enriquecer el Tema en Materia de Contaminación de Suelos y Agua Subterránea.

Moderadora: Maestra Inés Navarro,
Instituto de Ingeniería, UNAM.

Representantes de las Empresas de Servicios:

Lic. Ricardo Mújica Alarcón - Hidro Industrial S.A. de C.V.
Ing. Militz De Paz Saucedo - Kleinfelder México, S.A. de C.V.
Ing. Jorge Mora Pérez - BULARCAMA, S.A. de C.V.
Ing. Armando López Ríos- Ecopromex S.A.

Autoridades Ambientales:

Ing. Oscar Armendáriz
Coordinador de Ingeniería, INE.
Ing. Miguel A. Irabién, Director de Apoyo Técnico y
Normatividad Ambiental, PROFEPA

Objetivo

Presentar a las autoridades ambientales las propuestas generadas por las empresas especializadas en la restauración de sitios contaminados a fin de establecer un vínculo estrecho con las mismas y coadyuvar en el desarrollo del marco normativo, metodológico y tecnológico para enfrentar la problemática de los sitios contaminados en México.

Presentaciones

En el marco de esta mesa redonda, representantes de las empresas dedicadas a la restauración expusieron los siguientes temas específicos:

- La creación de un Comité Asesor de Consulta en Materia de Contaminación de Suelos y Agua Subterránea.
- Reglamentación, Normatividad y Gestión en la Restauración de Sitios Contaminados.

La creación de un Comité Asesor de Consulta en Materia de Contaminación de Suelos y Agua Subterránea.

Las empresas dedicadas a la realización de estudios de diagnóstico y restauración en México han formado el Comité Asesor de Consulta en Materia de Contaminación de Suelos y Agua Subterránea con la finalidad de apoyar en forma coordinada y conjunta a las autoridades.

Objetivos del Comité

- Crear un vínculo estrecho de comunicación entre las autoridades ambientales y las empresas consultoras, de manera que permita una retroalimentación.
- Apoyar a las autoridades ambientales mexicanas como órgano de consulta, aprovechando la capacidad y experiencia de las empresas y organismos que integran el Comité.
- Mantener un diálogo abierto y constante en el que se permita desarrollar y plantear las inquietudes y propuestas que surjan de las empresas y mantener una tecnología de punta.

- Desarrollar conjuntamente con el sector gubernamental las políticas y acciones a seguir en materia de sitios contaminados.
- Identificar los problemas que afrontan las empresas o personas responsables de un sitio contaminado, que se encuentran obligadas para realizar la evaluación y remediación del mismo.
- Plantear estrategias para el desarrollo de las actividades en materia de suelos (Evaluación y restauración), dirigidas a proveer a las empresas o personas responsables de un sitio contaminado, soluciones acordes a sus condiciones particulares.
- Integrar a organizaciones no gubernamentales, académicas y de investigación, organismos empresariales y especialistas en la materia al Comité Asesor.
- Promover la participación del Comité en la reglamentación y normatividad ambiental en materia de infición de suelo y agua subterránea.
- Participar activamente con organismos extranjeros, para el intercambio de información que complemente y/o amplíe los recursos en la materia.

evaluación y restauración del suelo y agua subterránea.

- Integrar un banco de información técnico de empresas y metodología relacionadas con la materia.
- Establecer la participación de organismos académicos y de investigación para la resolución de problemas en materia de suelos.
- Promover eventos que estimulen el intercambio de información en la materia.

El comité está integrado por los siguientes dirigentes:

Presidente	Lic. Ricardo Mújica Alarcón, Hidro Industrial S.A. de C.V.
Vicepresidente	Lic. Héctor Moreno Suárez Servicios y Productos Internacionales, S.A. de C.V. Microlimp
Secretario	Ing. Militz de Paz Saucedo Kleinfelder México, S.A. de C.V.
Primer Vocal	Ing. Jorge Mora Pérez Bularcama S.A. de C.V.
Segundo Vocal	Ing. Armando López Ríos Ecopromex S.A.
Consejo Consultivo	Ing. José Luis Dehesa Geocontrol, S.A. de C.V. Ing. Pedro P. Ferreiro Germen S.A. de C.V. Ing. Jerjes Pantoja I. Corporación Ambiental de México, S.A. de C.V.

Metas

- Apoyar a las autoridades ambientales con los elementos técnicos suficientes para dictaminar tanto a las empresas o personas responsables de un sitio contaminado, como a las empresas capacitadas en esta materia.
- Promover el apoyo gubernamental hacia las empresas capacitadas para que éstas cuenten con los elementos normativos y de gestión necesarios para el buen desarrollo de sus actividades.
- Establecer la participación conjunta con las autoridades ambientales, a manera de coadyuvar eficazmente en la

Reglamentación, Normatividad y Gestión en la Restauración de Sitios Contaminados

Antecedentes

En México, debido a la falta de una adecuada legislación y vigilancia, el manejo inadecuado y riesgoso de residuos, así como los derrames de diversas sustancias peligrosas en las plantas productivas y en el transporte, han perjudicado seriamente al medio ambiente y a la salud de las poblaciones circundantes.

La política de manejo de estos problemas fue durante muchos años, exclusivamente, la de la responsabilidad civil, es decir, se solucionaba el problema mediante el pago de multas o compensaciones económicas a los propietarios de los sitios contaminados, sin que se estableciera la obligación de restaurar el sitio.

Marco jurídico actual

A partir de 1977 se creó el Departamento encargado de atender la prevención y el control de la contaminación de suelos provocada por residuos municipales e industriales, sin embargo se carecía de un marco normativo y de un sistema administrativo de gestión ambiental.

La base del sistema jurídico mexicano se encuentra en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. De esta base se derivan normas jurídicas específicas, siguiendo un orden jerarquizado.

La base de la legislación mexicana en cuestiones ambientales está en los artículos 4, 25, 27 y 73 de la Constitución. Esta jurisdicción está agrupada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, donde se han

establecido las reglamentaciones y las normas aplicables a la protección ambiental. Esta ley entró en vigor el 1 de marzo de 1988 y abrogó la reglamentación ambiental anterior.

La Ley en su Título Cuarto, Capítulo III, establece lo referente a la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo. Por otra parte el Capítulo IV de ese mismo Título, así como el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos junto con las ocho Normas Oficiales Mexicanas en la materia que se han emitido hasta ahora, regulan lo referente a los Materiales y Residuos Peligrosos.

De lo anterior, se puede concluir que la aplicación de la Normatividad en lo referente al manejo de la contaminación de suelos, se encuentra enfocada principalmente a Residuos Peligrosos.

Problemática

En la práctica para la restauración de las zonas contaminadas, el marco jurídico presenta lagunas que en la mayoría de los casos derivan en la aplicación de medidas coyunturales y discrecionales de las diversas autoridades.

Existe, en algunas regiones del país, una carencia de definición de niveles de competencia de las diversas autoridades, como la SEMARNAP (INE o PROFEPA), SCT o Autoridades Estatales o Municipales, así como de un adecuado nivel de comunicación interinstitucional. Esto origina, en la mayoría de los casos, duplicidad de funciones, retrasos en los programas de restauración y problemas legales.

No existe un área dentro de la PROFEPA y sus distintas Delegaciones con la responsabilidad directa para la atención de la restauración de sitios contaminados.

No hay una homologación de los procedimientos administrativos y de gestión, que varíen en cada región. En el mejor de los casos, la PROFEPA levanta el Acta respectiva, derivado de la cual se emite un Acuerdo donde se establece que se requiere la restauración de la zona, sin procedimientos establecidos.

Las autoridades, de manera discrecional, suelen solicitar diversos estudios como son los estudios de Impacto Ambiental, Análisis de Riesgo, Riesgo en la salud, entre otros, sin tener una clara definición de los objetivos o alcances de los mismos, además de que no hay una homologación de criterios acerca de los estudios que solicitan.

Para la determinación del grado de contaminación de suelos no se cuenta con Normas específicas que establezcan la metodología adecuada de toma de muestras para que éstas sean representativas y adecuadas.

No están definidas tampoco las técnicas de caracterización de los diversos contaminantes que pudieran estar presentes en el suelo. Más aún, no se cuenta con normas que fijen los niveles máximos permisibles de algún contaminante en el suelo sometido a restauración.

Los laboratorios que realizan los análisis correspondientes, no están legalmente, sujetos a una restricción de autorización o certificación.

El seguimiento que dan las autoridades es irregular sin procedimientos homologados y

no se cuenta con mecanismos de certificación de la restauración.

Propuesta

La alternativa de solución es la implementación de un Comité en el que juntos, autoridades, empresas consultoras y grupos interesados, llevan a cabo trabajos para la implementación:

1. Proyecto de reglamento en materia de prevención y control de la contaminación de suelos y su restauración, donde se incluyan:

- * los niveles de autoridad y de responsabilidad para casos específicos de contaminación de suelos y subsuelos.
- * los procedimientos administrativos necesarios para presentar, aprobar, ejecutar, dar seguimiento y certificar la restauración de suelos contaminados.
- * los estudios necesarios para su adecuada realización y evaluación.

2. Proyecto de Normas Oficiales Mexicanas:

- * monitoreo del grado de contaminación de los suelos.
- * procedimientos de caracterización para los análisis fisicoquímicos y/o bacteriológicos requeridos.
- * niveles máximos permisibles de los diversos contaminantes que puedan estar presentes en el suelo.
- * mecanismos de certificación de la restauración.

3. Establecer procedimientos administrativos y mecanismos de

- comunicación interinstitucional con las diversas autoridades involucradas.
4. Proyecto de guías o procedimientos con objetivos y alcances para la elaboración de análisis de riesgos a la salud por la contaminación de suelos.
 5. Proyecto de guías, con objetivos y alcances, para la elaboración del diagnóstico de afectación ambiental, así como para realizar los estudios de factibilidad de restauración de los sitios contaminados.
 6. Proyecto de guía de los procedimientos administrativos que deben realizarse a fin de que el consultor cubra cada uno de ellos y permita a la autoridad competente llevar el seguimiento de los trabajos hasta la certificación de la restauración.

Discusión de la mesa redonda:

A continuación se presentan algunos comentarios que se desprendieron de las ponencias:

Las autoridades ambientales están a favor de la creación del Comité de empresas dedicadas a la restauración de sitios contaminados. Una vez que esté legalmente constituido, será posible elaborar un convenio general de colaboración con la Autoridad Ambiental, en el cual se establezcan claramente los alcances, metas y objetivos.

Referente a la falta de la coordinación para atender la problemática de sitios contaminados la cual emana básicamente de las lagunas legales existentes en la Ley General del Equilibrio Ecológico de 1988, la cual ya fue modificada en diciembre de 1996, de manera que las modificaciones se reflejarán en los diferentes reglamentos y normas que vayan a establecerse.

Uno de los objetivos de la modificación de la Ley Federal del Equilibrio Ecológico en 1996 fue erradicar las imprecisiones sobre las competencias federales y estatales en cuestiones ambientales. Es por esto que en materia de emisiones a la atmósfera, el Departamento del Distrito Federal asume adicionalmente la jurisdicción sobre las instalaciones de servicios y sobre ciertos giros industriales que antes fueron de competencia federal. Sin embargo se debe recalcar que estas atribuciones pueden entrar en vigor modificando las leyes estatales correspondientes.

Sin embargo permanecen todavía las imprecisiones sobre el manejo de sitios contaminados, por lo cual existe la necesidad de establecer un reglamento de contaminación de suelos. Actualmente existe un traslape de interpretación de si el suelo contaminado se manejará como un residuo peligroso y si será competencia federal o estatal. Un ejemplo que ilustra estas lagunas en la legislación lo presentan las estaciones de servicio: el control del manejo de sustancias peligrosas en una estación de servicio es de competencia estatal, pero si se derrama esta substancia, convirtiendo el suelo en contaminado, se carece de una determinación clara de la competencia responsable.

Para la atención de riesgos o accidentes, existe la Dirección General de Atención a Emergencias Ambientales y Restauración de Sitios Contaminados de la PROFEPA, que fue recientemente formada de acuerdo al reglamento interior de la SEMARNAP, que establece las adscripciones de la Procuraduría. Dicha Dirección General, tiene considerado dentro de sus funciones desarrollar una base de datos que permita dar respuesta inmediata con teléfono disponible las 24 horas a situaciones de riesgo o de accidentes provocados por derrames. Esto se reflejará en el futuro a

nivel de las delegaciones estatales, integradas por subdelegados del desarrollo industrial, auditoría ambiental y de recursos naturales. La nueva estructura permitirá canalizar eficientemente los recursos correspondientes al problema a atender.

La elaboración y gestión de los procedimientos administrativos podrían sustentarse en los de la PROFEPA para el área de verificación industrial, los cuales son homologados y válidos para todos los Estados. Existen procedimientos con respecto al levantamiento de actas de inspección a toda la industria, el sistema de señalamiento de medidas correctivas y el plazo para cumplirlas. En cuanto a la definición de las multas se ha desarrollado una base que relaciona el salario mínimo con las agravantes que señala la Ley.

Asimismo existe un avance en los procedimientos sobre el registro de empresas consultoras y sobre el diagnóstico y descontaminación de sitios contaminados, mismos que son elaborados por la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas del Instituto Nacional de Ecología y por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. Unificando estos esfuerzos se contará con un avance para establecer una Norma Oficial Mexicana que establezca tanto la metodología de restauración como el procedimiento administrativo para las empresas consultoras.

ALLWASTE SERVICIOS INDUSTRIALES DE CONTROL ECOLÓGICO S.A. DE C.V.

*Ing. Guillermo Roca Gómez
Director Comercial
Edgar Allan Poe No. 85 , Col. Polanco
C.P. 11560 México, D.F.*

Tiene como principal objetivo proporcionar la solución para lugares contaminados, así como mejoramiento de sistemas industriales existentes para ayudar a eliminar la contaminación del ambiente, usando técnicas y equipos de alta tecnología **Allwaste** proporcionará a sus clientes a sus clientes los procesos más eficientes y efectivos en costos. **Allwaste** utiliza una gran variedad de métodos para la solución ambiental. Las ventajas que esta empresa ofrece son equipos y técnicas más avanzadas en cuanto a la solución de la contaminación. A continuación enlistamos algunos de los servicios prestados por nuestra compañía:

- * Caracterización y evaluación de terrenos contaminantes.
- * Tratamiento Biológico In-Situ de suelo, subsuelo y aguas subterráneas.

- * Tratamientos Físico Químicos de residuos peligrosos.
- * Tratamiento Biológico superficial de tierras contaminadas.
- * Pruebas de Hermeticidad en tanques de gasolineras.

Entre los casos históricos que podemos mencionar se encuentran:

Caracterización y remediación de cuatro estaciones de servicio (gasolineras); remediación de zona vadosa y acuífero de 40 cuadras impactadas de hidrocarburos en Guadalajara, Jalisco, remediación de aguas subterráneas en talleres de ferrocarriles, varios proyectos de Bioremediación de tierras contaminadas con hidrocarburos así como tratamientos Físico-químicos de residuos peligrosos.

BULARCAMA, S.A. DE C.V.

Bularcama es una empresa que se dedica a desarrollar servicios de construcción, supervisión y consultoría en : obras públicas, urbanas e industriales; carreteras, sistemas de transporte, viviendas y consultoría. Realiza estudios de manifestación de Impacto Ambiental en cualquiera de sus modalidades: general, intermedia y específica; así como los correspondientes de riesgo ambiental. Efectúa estudios de contaminación ambiental, evaluación de emisiones a la atmósfera de fuentes fijas, estudios isocinéticos y valoración de solventes. Realiza estudios de contaminación de aguas residuales.

BULARCAMA S.A. de C.V. está asociada a las compañías MOMENTUM Construcción e Ingeniería, S.A. de C.V., MOVILAB S.A. de C.V. y Bioremediación Ecológica, S.A. de C.V.

ECOLOGÍA PROFESIONAL S.A. DE C.V.

Ecología Profesional de México, S.A. de C.V. (ECOPROMEX), es una empresa mexicana creada en 1992 para satisfacer las necesidades de la industria nacional en materia de prevención y control de la contaminación, necesidades que son cada vez más apremiantes si se considera el acelerado ritmo de deterioro ambiental que están sufriendo extensas áreas de nuestro país, sobre todo las zonas urbano-industriales.

La experiencia de nuestra empresa a través de estos años incluye además de la realización de estudios de impacto, riesgo y auditorías ambientales, lo concerniente a la restauración de suelos, particularmente ligado al manejo y transporte de materiales peligrosos; adicionalmente de otros estudios para evitar impactos al ambiente.

EXPERIENCIA EN RESTAURACIÓN AMBIENTAL

CLIENTE	TIPO DE ESTUDIO
Transportes Autotanques Ochoa, S.A. de C.V. (1996)	### Asesoría, elaboración, evaluación técnica y remediación In Situ del terreno contaminado con ácido sulfúrico, como consecuencia de un accidente en Cuapiaxtla, Tlaxcala.
Transportes Autotanques Ochoa, S.A. de C.V. (1996)	### Asesoría, elaboración, evaluación técnica y remediación In Situ del terreno contaminado con gasavión, como consecuencia de un accidente en Lázaro Cárdenas, Michoacán.
Transportes Especializados Antonio de la Torre, S.A. de C.V. (1997)	### Asesoría, elaboración, evaluación técnica y remediación In Situ del terreno contaminado con hidróxido de sodio, como consecuencia de un accidente en Puebla, Puebla.
Servicio Público Especializado Huerta, S.A. de C.V. (1997)	### Asesoría, elaboración y evaluación técnica y remediación In Situ de terrenos contaminados con diesel, como consecuencia de un accidente en Tehuantepec, Oaxaca.

**PROFESIONISTAS EN
GEO-CONTROL, S.A DE C.V.**

Ing. José A. Rochel (Director)
Watteau 6, esq. Holbein
Col. Mixcoac 03910 México, D.F.

Mecánica de Suelos-Ingeniería de Proyecto-Topografía
Supervisión-Control de Calidad-Ingeniería Ambiental

Profesionistas en Geo Control es una empresa totalmente Mexicana, la cual se a dedicado desde su fundación a prestar Servicios en actividades multidisciplinarias de la Ingeniería, poseyendo actualmente la capacidad e infraestructura instalada, para proporcionar tales servicios con opciones realmente económicas y confiables.

Habiendo nacido inicialmente como una empresa de Control de Calidad y Mecánica de Suelos, a través de su más de 200 proyectos, ha desarrollado una amplia experiencia en el muestreo de suelos, tanto de forma alterada como inalterada, lo que implica que mediante las técnicas adecuadas sus técnicos han recorrido un amplio camino en la obtención de parámetros de suelos y aguas sobre todo de aquellos que causan efectos de contaminación.

Las altas exigencias técnicas actuales han sido factor primordial para que la empresa sea cuenta con técnicos capacitados en las áreas de la ingeniería , tales como la civil, geológica, geofísica, química y sobre todo ambiental.

Se cuenta con equipos de perforación profunda, somera y superficial, abarcando sistemas de muestreo desde unos cuantos centímetros hasta mas de 200 metros de

profundidad, empleando todos los sistemas actuales de sondeo conocidos comercialmente, además de los creados por tecnología y experiencia propia.

Todo un completo laboratorio de Cromatografía de gases, de Química Analítica y Calidad del Agua, aplicado a la contaminación de suelos de manto acuífero por hidrocarburos, se ha instalado para dar un servicio total a nuestros clientes, empleando los dispositivos y tecnologías en el estado del arte.

Por otra parte, hemos desarrollado técnicas de proceso e interpretación, las cuales han sido adoptadas a las necesidades de nuestros clientes y de la Autoridad ambiental, con el sano afán de aportar experiencia y sobre todo Normatividad en el Control de la contaminación de suelos y aguas.

Se han establecido convenios de apoyo tecnológico con aportaciones extranjeras con amplia experiencia en la restauración de suelos y acuíferos, para así, de esta manera brindar al usuario, todo un paquete completo que lo lleve desde la Caracterización de sus problemas de contaminación por hidrocarburos, hasta el total saneamiento del sitio.

- División de especialidades geoambientales
- Perforación y muestreo de suelos, aguas y vapores
- Análisis de laboratorio cromatográfico, analítico y calidad del agua
- Instalación de estaciones, pozos de monitoreo y de observación
- Perforación e instalación de pozos para biogas, entre otras.

GERMEN S.A de C.V
Tecnología para la Ecología

Ing. Pedro P. Ferreiro González (Director General)
Av. Vallarta 3233 Local F2, Galería Exhimoda
Col. Vallarta Poniente 44110
Guadalajara, Jal., México

GERMEN, S.A de C.V es una Empresa filial de EnviroFX, Inc. En Calgary, Alberta, Canadá, fundada en 1993 con la misión de ser líderes en la protección de saneamiento del medio ambiente, aplicando tecnología de punta. Los diferentes desarrollos tecnológicos en funcionamiento, hacen que Germen, S.A de C.V. se convierta en una alternativa real y Mexicana para el cuidado del medio ambiente y la tecnología de nuestro país.

SERVICIOS

Bioremediación in-situ y ex-situ.
Restauración de Suelos.
Diseño e Implementación de Sistemas de tratamiento de Aguas.
Mecánica de Suelos.
Ingeniería Ambiental.

DATOS GENERALES :

R.F.C GER931118 QY6
E. mail : 74751, 2057 compuserve.com

APLICACIONES Y REGISTROS :

- Cámara de la Industria Metálica de Guadalajara No. 3902
- Careintra Registro No. 4049
- American Chamber of México
- Registro ante Protección Civil No. 1001-05-94
- Registro ante INE y SEMARNAP
- Licencia de Operación de Laboratorio ante SEDESOL No. 612/94
- Cámara Nacional de la Industria de la Construcción No. P3195
- Miembro del Centro Universitario de Emprendedores Tecnológicos (UNITEC) del Departamento de Ingeniería de Proyectos (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara (U de G)
- Miembro de la Sección de Empresas Limpias de la Cámara de la Industria Metálica de Guadalajara (SIMEG)
- Miembro del Padrón de Profesionales y Empresas Capacitadas para la Prestación de Servicios Ambientales de la Dirección de Ecología del H. Ayuntamiento Constitucional de Guadalajara. No. PSAM-026/96
- Miembro fundador del Instituto Jasliciense de la Calidad

**GRUPO DE INGENIERÍA ECOLÓGICA , III & ICONSA, S.A. DE C.V.
(GRIECO)**

Ing. Ramón Chávez Quirarte (Director Técnico)
Acapulco 36 piso 2
Col. Roma C.P. 06700
México D.F.

Grupo de Ingeniería Ecológica, III, HLA & ICONSA, S.A. de c.v. (GRIECO) fue constituida por empresas líderes en los diversos campos de Ingeniería Ambiental, Ingeniería e Industria de la Construcción, con el fin de ofrecer soluciones funcionales a los diversos problemas de contaminación en México y América Central.

GRIECO cuenta con más de 100 años de experiencia combinada con sus socios: Harding Lawson Associates, Inc., Impulsora Industrial de Ingeniería, s.A. de C.V. y Grupo ICONSA, S.A. de C.V. Con base en esta experiencia, GRIECO obtiene el conocimiento y la capacidad de definir que es lo que funciona, cómo y cuando utilizarlo para resolver los problemas complejos

GRIECO cuenta con experiencia en todas las áreas de Ingeniería Ambiental y está capacitado para diseñar los procesos de remediación de sitios contaminados, para construir y operar diversos sistemas y solucionar las condiciones ambientales mas complicadas.

Nuestros servicios incluyen:

Manejo de acuíferos, potabilización de agua, tratamiento de aguas residuales, hidrogeología e hidrología, caracterización de sitios contaminados y estudios de factibilidad, estudios geofísicos, manejo de tanques subterráneos para almacenamiento de combustible, bioremediación, manejo y disposición de BPC's, remediación de suelos contaminados por tetraetil y tetrametil de plomo, manejo de residuos sólidos, auditorías ambientales, ISO 14000, evaluaciones de Impacto ambiental, Higiene y seguridad industrial entre otros.

HIDRO INDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

Lic. Ricardo Mujica
(Director Administrativo)
Estenógrafos 38 Col. Sifón
C.P. 09400 México, D.F.

HIDRO INDUSTRIAL es una firma nacional dedicada desde 1972 a la elaboración de proyectos, construcción, asesoría, desarrollo de tecnologías, venta de productos y equipos en el ámbito de la Ingeniería Ambiental. Su labor en el campo ecológico y su apego a las condiciones del mercado mexicano le ha merecido el reconocimiento de diferentes organizaciones, industrias y sectores del gobierno.

HIDRO INDUSTRIAL basa su éxito en la alta calidad y en el desarrollo extremadamente cuidadoso que tienen cada uno de sus proyectos.

HIDRO INDUSTRIAL divide sus actividades en 6 grandes rubros dentro del área de control ambiental:

- Tratamiento de agua de suministro, potable y residual.
- Estudios y servicios de remediación de suelos y agua subterránea
- Gestorías Técnico-Legales
- Equipos de muestreo y medición de agua
- Servicios de Laboratorio
- Estudios Atmosféricos

HIDRO INDUSTRIAL con sus 25 años de incansable labor, cuenta actualmente con una amplia cartera de clientes del sector gubernamental y privado, lo que garantiza y fortalece las expectativas de futuros clientes con la satisfacción total de sus necesidades.

KLEINFELDER MEXICO

Ing. Militza De Paz Saucedo
(Gerente Comercial)
Cubilete 2963-202,
Guadalajara, Jal México
C.P. 45040

KLEINFELDER es un consultor de ingeniería multi-disciplinario que se especializa en ciencias de la tierra, agua y aire. Desde nuestro inicio, en 1961, hemos realizado miles de proyectos relacionados con la ingeniería ambiental y geotécnica, manejo de materiales peligrosos y análisis de materiales de construcción, tanto para clientes privados como para el Gobierno. Nuestro objetivo es el de combinar el talento de nuestros profesionales con tecnología nueva para cumplir metas ambientales de un modo económico.

Hoy día, Kleinfelder es un líder en el campo de la ingeniería ambiental en el oeste de los Estados Unidos, y goza de una excelente reputación basada en el compromiso para alcanzar la excelencia en todos los aspectos de nuestro trabajo. Nuestra lista de servicios incluye:

Servicios ambientales : Auditorías Ambientales, Remediación, Muestreo de Suelo y Agua Subterránea, Calidad del Aire, Manejo de Materiales Peligrosos, Hidrología, Evaluación de Riesgo y Prevención, Manejo de Tanques Subterráneos, Minimización de Desperdicio y Plantas de Tratamiento de Aguas Negras.

Servicios Geotécnicos : Mecánica de Suelos, Ingeniería Sísmica, Cimentación de Estructuras, Estabilización de suelos, Estabilidad de taludes, Ubicación de pozos e instalación, Estudios de Suelo, Conductibilidad Hidráulica, Permeabilidad, Compresión.

Pruebas en Materiales de Construcción : Normas y especificaciones, Observaciones de campo, Análisis de falla, Pruebas de Laboratorio: concreto y pavimento, asfalto, metales y maderamen o vigas.

Kleinfelder tiene 19 años de experiencia internacional y está incorporado en México, registrado y acreditado ante PROFEPA para trabajos ambientales y geotécnicos.

**SERVICIOS Y PRODUCTOS INTERNACIONALES, S.A. de C.V.
MICROLIMP**

Lic. Héctor Moreno Suárez
(Director Técnico)
Ana María Mier 9
Col. Del Valle, C.P. 03100
México D.F.

Servicios y Productos Internacionales, S. A. de C. V., empresa 100% mexicana, que tiene como filosofía **aportar soluciones** altamente efectivas a **problemas** de contaminación. Así como **también**, el de contribuir al aumento de la **productividad** en diversos sectores industriales y **de servicio**; todo ello por medio del **empleo de** tratamientos **biotecnológicos de** vanguardia.

Servicios y Productos Internacionales, S. A. de C. V., cuenta con un grupo multidisciplinario de especialistas en diversas áreas, cuyos esfuerzos, aunados a la excelente calidad de los productos **MICROLIMP^{mr}** dan como resultado la conceptualización y el desarrollo de estudios y proyectos integrales.

Servicios y Productos Internacionales, S. A. de C. V. conjuntamente con **Techniques et Biochimie Appliquées, Novabio y BioChemical Technologies** ha colaborado en la ejecución de proyectos de control ambiental en diferentes países europeos.

En México, a partir de 1995, se han efectuado **50 proyectos** encaminados al Diagnóstico, **Caracterización** y Restauración de suelos y acuíferos contaminados por hidrocarburos.

Adicionalmente, se ofrecen los servicios de: Estudios de Impacto Ambiental y de Riesgo, Diseño u Optimización de Sistemas y Procesos Anticontaminantes, Tratamiento de Residuos Sólidos Municipales, Mantenimiento de la Calidad Estética de Cuerpos de Agua y Áreas Verdes, Mejoramiento de la Productividad en la Agricultura y las Pesquerías, entre otros.

SISTEMAS INTEGRALES AMBIENTALES, S.A. DE C.V. (SIASA)

Ing. Olivia Reyes Reyes
(Director General)
Pennsylvania 151 A desp.103
Col. Parque San Andrés
C.P.04040 Coyoacán
México D.F.

Los servicios y productos que nuestra empresa tiene a su disposición se dividen en cuatro grupos:

- ◆ Consultoría
- ◆ Planeación e Ingeniería
- ◆ Servicio de tratamiento de solubles y suelos contaminados con equipo móvil
- ◆ Venta de equipo

Consultoría:

- Estudios de Impacto Ambiental
- Auditoría Ambiental
- Estudios de minimización y reciclaje de residuos
- Evaluación y dictaminación de la contaminación de suelos

Planeación e Ingeniería:

- Para la minimización y reciclaje de agua residual
- Para la minimización y reciclaje de residuos industriales

Servicio de Tratamiento:

- Tratamiento de solubles con equipo móvil de filtración
- Tratamiento de suelos contaminados con equipo móvil

Es importante señalar en este punto que SIASA ofrece el servicio completo en el área de restauración de suelos, desde el desarrollo del estudio para determinar la afectación cualitativa y cuantitativa de sitios contaminados, seguido por el tratamiento de suelos contaminados con la tecnología NORDAC, finalizando con su restauración.

Equipo:

- Cribadoras para el composteo
- Trituradores
- Equipo de micro/ultrafiltración y ósmosis inversa.

TECNOLOGIA ESPECIALIZADA DE CONTROL AMBIENTAL S.A. DE C.V.

Lic. Rogelio Ailloud Contreras
(Director General)
Álvaro Obregón 103 Ote. Desp. 604
Zona Centro
Tampico, Tam. México

TECA empresa mexicana establecida en la Ciudad de Tampico, Tamaulipas en el año de 1992, siempre a la vanguardia con tecnología de punta para la solución de problemas ambientales, y dedicada a dar servicio a la industria petrolera de nuestro país.

LOS SERVICIOS AMBIENTALES COMPRENEN :

- Estudios de impacto ambiental (Autorización SEDESOL PSIA-T13/94)
- Control de contingencias en derrames, fugas, etc.
- Tratamiento " IN SITU " de lodos aceitosos y plomizos originados por la sedimentación en tanques de almacenamiento de productos petroleros, separadores API, tierras contaminadas con derrames de hidrocarburos líquidos y recortes de perforación. (Autorización N° 28-38-PS-V-01-94 INE-SEMARNAP)

CONTRATOS REALIZADOS RECIENTEMENTE :

Tecnología ambiental aplicada a :

- Fijación química y solidificación de residuos

DESCRIPCIÓN	EMPRESA CONTRATANTE
Saneamiento de 13 presas en el Distrito Altamira.	P.E.P., D.A.
Restauración de áreas afectadas por hidrocarburos en el Distrito Altamira.	P.E.P., D.A.
Saneamiento de tres presas ubicadas en la Bat. 2 Constituciones en el Distrito Altamira.	P.E.P., D.A.
Saneamiento de áreas y presas afectadas por hidrocarburos en el Distrito Veracruz.	P.E.P., D.V.

- CENTRIFUGACIÓN

DESCRIPCIÓN	EMPRESA CONTRATANTE
Extracción, tratamiento y limpieza de tres tanques en la refinería Hector R. Lara Sosa.	CIGSA
Extracción, tratamiento, limpieza y disposición de residuos de un tanque de 200,000 Bls.	C.P.O. La Cangrejera
Extracción y tratamiento de lodos y sedimentos de un tanque de 100,000 Bls.	PEMEX-REFINACION (Refinería Ing. Hector R. Lara Sosa.

- Bioremediación

DESCRIPCIÓN	EMPRESA CONTRATANTE
Tratamiento por bioremediación en sitio de fodos aceitosos.	C.P.D. Reynosa

TECA ha tomado el compromiso de remediar este tipo de problemas y ofrece a las empresas un servicio integral para la solución definitiva a sus problemas ambientales.

TLALLI, ingeniería de suelos

Dra. Claire Van Ruymbeke
(Director General)
Cantú No. 11 piso 4
Col. Anzures C.P. 11590
México D.F.

Día a día en nuestro país aumenta la superficie de suelo contaminado con diversas sustancias, producto de las actividades industriales, comerciales y de servicios.

TLALLI, surge como una respuesta a la problemática que representan los suelos que contienen compuestos ajenos a su naturaleza.

Esta empresa cuenta con un grupo interdisciplinario de profesionistas especializados en materia de restauración de suelos, capacitados para aplicar la más avanzada tecnología, comprobada a nivel internacional, para devolver a los suelos sus condiciones naturales.

El trabajo interdisciplinario asegura una acertada planificación y ejecución de las actividades necesarias para efectuar la restauración, así como la resolución oportuna de los problemas específicos de cada caso en particular, con el fin de lograr los criterios de la evaluación requeridos por las autoridades ambientales.

En TLALLI, estamos preparados para hacer frente a los desafíos actuales y sumar esfuerzos en la protección del ambiente de México.

EXPERIENCIA DE LOS FUNDADORES

Experiencia en Canadá :

- Restauración de suelo en una refinería de la empresa Texaco y de Petróleos ESSO.
- Caracterización y restauración ambiental de dos terrenos de más de 160,000 m2 para Petróleos ESSO.
- Caracterización restauración de un terreno contaminado con plomo, Metales Canadá.
- Diseño y operación de centros de tratamientos de suelos contaminados con hidrocarburos.
- Restauración de 3,600 m3 de suelo contaminado con gasolina y diesel en un almacén de combustibles.
- Restauración de suelo y agua subterránea contaminada con gasolina en estaciones de servicio (gasolineras).

Experiencia en México:

- Caracterización de suelos de talleres de FNM, en Pantaco y Jalapa, Gec Alsthom.
- Caracterización del taller de FNM en Acámbaro Gto.
- Caracterización de estaciones de servicios en D.F y Estado de México.
- Caracterización de suelos y estudio riesgo toxicológico de un predio contaminado con metales pesados. Corporación VIFAMI.

Los objetivos de Tlalli, ingeniería de suelos S.A de C.V. son los siguientes :

- Caracterizar el sitio afectado y determinar la magnitud de la problemática de contaminación.
- **Determinar los riesgos asociados a un sitio contaminado para la salud y el ambiente**
- Diseñar e implementar la restauración de sitios contaminados.
- Operar un centro de tratamiento de suelos contaminantes

• **DIRECTORIO DE LAS EMPRESAS QUE PARTICIPARON EN EL SEMINARIO INTERNACIONAL DE RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS**

1. All Waste Servicios

Industriales de Control ecológico, S.A. de C.V.
Ing. Guillermo Roca Gómez (Director Comercial)
Edgar Allan Poe No. 85 , Col. Polanco 11560 México, D.F.
Teléfonos: 280 24 83, 88 282 27 11; Fax: 281 49 19

2. Germen S.A. de C.V.

Ing. Pedro P. Ferreiro González (Director General)
Av. Vallarta 3233 Local F2, Galería Exhimoda, Col. Vallarta
Poniente 44110 Guadalajara, Jal., México
Teléfonos: (91 3) 647 2216, 647 31 89; Fax: (91 3) 647 57 93

3. Geo-Control, S.A. de C.V.

Ing. José A. Rochel (Director)
Watteau 6, esq. Holbein, Col. Mixcoac 03910 México, D.F.
Teléfonos: 611 7626, 611 94 26, 563 36 21, 598 87 17; Fax: 611 4311

4. Grupo de Ingeniería

Ecológica III, HLA & ICONSA, S.A. de C.V.
Ing. Ramón Chávez Quirarte (Director Técnico)
Acapulco 36 piso 2, Col. Roma C.P. 06700 México D.F.
Teléfonos: 211 46 91; Fax: 211 47 51

5. Hidro Industrial

Lic. Ricardo Mujica (Director Administrativo)
Estenógrafos 38 Col. Sifón, C.P. 09400 México, D.F.
Teléfonos: 633 40 86, 633 2210, 633 0420; Fax: 633 0418

6. Kleinfelder México, S.A. de C.V.

Ing. Militz De Paz Saucedo (Gerente Comercial)
Cubilete 2963-202, Guadalajara, Jal México, C.P. 45040
Teléfonos: (913) 121 6613, en el D.F. 574 9430
Fax: (913) 121 6617 en el D.F. 264 0514

7. Servicios y Productos

Internacionales, S.A. de C.V. " Microlimp"

Lic. Héctor Moreno Suárez (Director Técnico)
Ana María Mier 9, Col. Del Valle, C.P. 03100, México D.F.
Teléfono y Fax : 687 56 68

8. Sistemas Integrales

Ambientales S.A. de C.V.

Ing. Olivia Reyes Reyes (Director General)
Pennsylvania 151 A desp. 103, Col. Parque San Andrés 04040 Coyoacán, México D.F.
Teléfonos: 544 67 17; Fax : 544 37 30

9. Tecnología Especializada de Control Ambiental S.A. de C.V.
Lic. Rogelio Alloud Contreras
(Director General)
Alvaro Obregón 103 Ote.
Desp. 604, Zona Centro,
Tampico, Tam. México
Teléfonos: (12) 12 43 66 / (12)
12 79 72
Fax: (12) 12 91 54

10. Tlali, Ingeniería de suelos
Dra. Claire Van Ruymbeke
(Director General)
Cantú No. 11 piso 4, Col.
Anzures C.P. 11590, México
D.F.
Teléfonos: 255 35 25 / 34 60;
Fax: 255 31 49

La publicación de esta memoria fue realizada con el apoyo de la
Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA)

El contenido de los artículos publicados en esta memoria es
responsabilidad de sus autores.

Cuidado de la edición :

Víctor Javier Gutiérrez Avedoy
Sergio Sánchez Martínez
Alma Delia Nava Montes
Guadalupe López Mérida
Sandra Luz Barrios Hernández
Antoinette Hoffmann
Jorge Alonso Marbán Hernández

El tiraje de la publicación fue de 500 ejemplares. La formación, negativo,
impresión y encuadernación estuvo a cargo de ZUBILLAGA Editores, S.A.
DÉ C.V. Noviembre, 1997.