

IX Desarrollo para determinar la Evaluación del sitio afectado

La contaminación o modificación indeseable de las características de los suelos en México, se presenta básicamente en dos vertientes; la erosión o desertificación y la modificación de sus características debido a los derrames, accidentales o dolosos, de materiales o sustancias químicas. Ambos procesos tienen idéntico resultado: la pérdida de la capacidad productiva de los mismos.

La pérdida de la fertilidad de los suelos y de la capacidad de biodegradación de los organismos que viven en ellos, como producto de su contaminación, erosión o desertificación, es considerada hoy en día como una de las amenazas más serias para la supervivencia, no tan sólo de la flora y fauna que dependen directamente de tales procesos, sino incluso para los seres humanos, dadas las estrechas interrelaciones entre los diferentes elementos que constituyen los *ecosistemas*.

Al fenómeno anterior se agrega el del deterioro creciente de las fuentes de abastecimiento de agua potable, ya sean subterráneas o superficiales, derivado de manera creciente de la contaminación del suelo y subsuelo.

El depósito no autorizado, ilegal o doloso, de materiales considerados perniciosos conlleva a la contaminación, en mayor o menor grado, del suelo subyacente y puede representar un riesgo inaceptable para la calidad del agua subterránea, sobretodo en lo que hace a sitios abandonados que contienen una cantidad ya incuantificable de diferentes químicos, mismos que, al estar presentes a lo largo de muchos años, sus efectos adversos han tenido tiempo suficiente para desarrollarse.

Todo esto ha influido para que, a todos los niveles de gobierno, se hayan realizado una serie de esfuerzos tendientes a la restauración del ambiente, específicamente del suelo. Estos esfuerzos no han tenido una dirección única y han obtenido resultados diversos, por lo que se hizo necesario establecer directrices y políticas únicas de observancia general.

Para sustentar una política nacional consistente, como era necesario, se tomaron en cuenta las peculiaridades del país en cuanto a contextos, características institucionales, disposiciones legales existentes, recursos y realidades.

La experiencia mexicana al respecto, como muchas otras en materia ambiental, es todavía limitada. El sector ambiental en México es incipiente y el marco reglamentario, aún cuando se ha ido perfeccionando constantemente, está solo parcialmente articulado y actualmente se está perfeccionando su aplicación.

Muestra de ello es la última modificación a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

En ese sentido cabe recordar también que aún no se cuenta con un Reglamento que regule lo referente a la contaminación del suelo, por lo que las actuaciones de las autoridades se han ajustado solo a lo que está expresamente dispuesto en la LGEEPA vigente y al Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Una práctica común ha sido utilizar la NOM-052-ECOL 93 como parámetro para determinar si un suelo está contaminado o no, para determinar si se debe ordenar la restauración de un sitio o para decidir sobre el destino final del suelo. Esta práctica, aunque extendida, es errónea, dado que el suelo contaminado, en tanto componente del medio ambiente, no es un residuo peligroso, por ello, hay que restaurarlo para que siga siendo parte del medio y pueda seguirse usando como tal. Es importante recalcar que cualquier sustancia, al ser depositada accidental o premeditadamente en un suelo, modifica las condiciones del mismo de tal forma que puede cambiar su composición o calidad al grado que lo inutiliza para darle el uso al que se venía destinando o para el que tendría vocación, en ese sentido se hace necesario exigir la restauración del mismo.

Una vez que el Instituto Nacional de Ecología (INE) determine los niveles de limpieza o criterios definitivos de restauración, la Profepa se encargará de velar por su cumplimiento. Además, a medida que la aplicación de las diferentes tecnologías para la restauración de suelos avancen, se pretende que se usen cada vez más frecuentemente las evaluaciones de riesgo a la Salud/Ambiente. Una vez que el INE determine o apruebe una metodología en particular para estas evaluaciones, la Profepa exigirá el cumplimiento del límite o criterio pertinente o la aplicación de la metodología de evaluación de riesgo para determinar el nivel respectivo.

En tanto sucede lo anterior, y para subsanar las lagunas reglamentarias existentes, se conformó, a iniciativa de la Profepa, el **“Grupo de Trabajo sobre Restauración de Suelos Contaminados” (GDT)**, interinstitucional y multidisciplinario, cuyo objetivo principal fue el establecimiento de criterios interinos de restauración de suelos contaminados.

Desde su puesta en marcha en 1998, el GDT ha privilegiado el enfoque a resultados, y es justamente por los resultados que ha dado que, actualmente lo consideramos como el ejemplo mas acabado de vinculación exitosa entre las Universidades y el sector público. De hecho se ha reconocido el esfuerzo

desinteresado de ese grupo de científicos mexicanos, cuyas deliberaciones han resultado tan valiosas para la gestión ambiental en México.

Los 90's se recordarán como la década en la que se iniciaron de manera formal, ordenada y con objetivos claros, los trabajos de restauración de suelos contaminados. En esta década se presenta el punto de quiebre en donde se pudo destinar una parcela – contaminada, riesgosa y sin un uso- a los usos productivos que se le tenían destinados.

Los trabajos realizados en la materia, nos hacen tomar nuevos bríos y nos recuerdan que en México, día con día, se hacen esfuerzos por mejorar nuestras capacidades para enfrentar los problemas añejos que nos aquejan. En este campo es donde hemos podido demostrar que se puede avanzar en la protección ambiental si se tienen objetivos claros y se convoca a la comunidad interesada. A efectos de comparación, la Ley alemana en materia de suelos contaminados se promulgó apenas en 1999, su caso es muy parecido al mexicano, porque tampoco cuenta con recursos suficientes, en cantidad y oportunidad, para resolver sus problemas, mismos que pueden considerarse mas complejos habida cuenta de que en ese país existen sitios tanto civiles como militares, por ejemplo fábricas de armamento con una problemática mas complicada.

Por último, es pertinente recordar que, aún cuando no se ha determinado con exactitud la generación de residuos peligrosos en México, las estimaciones con las que se cuenta han demostrado que la porción más grande de los residuos generados se disponen de manera inadecuada en patios de empresas, barrancas, cuerpos de agua, terrenos baldíos o junto con los residuos municipales, mientras que solo a una pequeña fracción se le da un tratamiento o disposición adecuados.

Fuentes de contaminación

Los grandes volúmenes de contaminación que habitualmente penetran en el terreno lo hacen desde depósitos de almacenamiento subterráneos, vertederos y balsas. La ubicación de depósitos de almacenamiento de combustible liquido bajo tierra se convirtió en habitual para ahorrar espacio y para la seguridad de os ocupantes de los edificios próximos. Con el tiempo, los depósitos metálicos sufren la corrosión, desarrollándose pequeñas fugas también se producen fugas

en las juntas y conexiones de las tuberías como resultado de asentos y movimientos de terreno Normalmente, la velocidad de pérdidas es pequeñas y difíciles de medir de forma similar, las balsas de almacenamiento a menudo desarrollan pequeñas fugas en las pantallas de impermeabilización con el tiempo. Con anterioridad en 1970, existen pocos controles sobre el diseño y funcionamiento de las balsas de vertido de residuos con frecuencia las balsas no tenían pantalla de impermeabilización y gran cantidad del material líquido vertido se infiltra rápidamente en terreno, la normativa vigente establece criterios de diseño para pantallas de impermeabilización, distancias hasta las aguas subterráneas y control de fugas, aunque miles de las antiguas localizaciones, no también diseñadas ni controladas aun existen, pequeñas cantidades de contaminantes Tóxicos pueden inutilizar grandes cantidades de agua,

También se originan importantes problemas de contaminación en terrenos y aguas subterráneas debido a vertidos y a la incorrecta eliminación de compuestos tóxicos, como los accidentes que se ocasionan durante el transporte de productos que pueden resultar en el vertido de cantidades considerables de productos químicos o hidrocarburos.

Desde los comienzos del siglo XX los ingenieros medioambientales y los científicos han ampliado intirrupidamente su campo de actuación desde la provisión de agua limpia, fiable y estrictamente agradable destinada al consumo para la salud humana. La protección del medio ambiente y la regeneración de daños al mismo.

Los problemas de contaminación de terrenos y aguas subterráneas a gran escala son consecuencia directa del desarrollo de nuestra moderna sociedad industrializada como productos del petróleo. La extracción y el tratamiento de recursos, dan lugar a la producción de grandes cantidades de materiales residuales. Los emplazamientos de extracción abandonados se convierten en focos de contaminación a gran escala.

Al comienzo del siglo XX los compuestos químicos empleados en la agricultura se obtenían principalmente a partir de residuos de animales y plantas, y de minerales. Hoy día se emplean una gran variedad de compuestos derivados del petróleo como pesticidas y heroicidad. Después de haber sido empleados con asiduidad en todo el mundo por ejemplo el DDT los compuestos alogenados tales como los bifenilos policlorados y el dibromocloropropano la alteración del equilibrio de especies debido al uso de un compuesto químico empleado para controlar una determinada plaga.

La agencia para la protección del medio ambiente estadounidense (US EPA), estima que en los estados unidos mas de 200, 000 localizaciones de fugas de gasolina desde depósitos de almacenamiento subterráneo. Los vertidos de

aceites de motor en suelos debido al manejo inadecuado del mismo son casi tan frecuentes como las fugas de gasolina ocasionado durante el transporte del petróleo. Las emisiones consecuencia de los naufragios petroleros han causado daños ecológicos de gran importancia en todo el mundo.

Los terrenos y aguas subterráneas contaminadas pueden ser regenerados mediante la aplicación de determinados métodos físicos y biológicos. Con la *biorecuperación*, se eliminan compuestos inorgánicos y orgánicos de los terrenos a través de la acción de microorganismos, que incluyen un amplio rango de compuestos orgánicos, muchos de los productos contaminantes que son vertidos en los terrenos sufren transformaciones, en condiciones normales o ambientales, hacia un estado no contaminante. Si se vierte un vaso de sumo de naranja en la superficie de un terreno, la mayor parte de sus componentes orgánicos serán degradados por las bacterias que habitualmente habitan en el terreno, en un periodo de tiempo relativamente corto. El tiempo necesario para esta degradación será en función de las características del suelo, la temperatura y la presencia de los nutrientes para el crecimiento microbiana, aunque los compuestos orgánicos del sumo serán degradados por dichos microorganismos hasta su estado de oxidación más bajo. En situaciones en las que se aplica biodegradación, resulta poco probable que las sustancias contaminantes sean degradadas de manera natural, o bien el tiempo necesario para su degradación es excesivamente largo

Perspectivas

Con base en la experiencia obtenida mediante la aplicación de las disposiciones y procedimientos de restauración de suelos derivados de las reuniones del GDT, se han detectado una serie de actividades pendientes a realizarse en el futuro inmediato con el fin de dar continuidad al proceso. Consideramos pertinente el enumerar las más relevantes.

- Al derramarse sustancias químicas en el suelo se configura inmediatamente un riesgo a los cuerpos de agua subterránea. Por ello, se hace necesario avanzar en la adecuación de los actuales Criterios Interinos en función de la presencia, uso y profundidad de los mantos freáticos someros así como de las características del suelo involucrado. El formato actual no hace esa tan necesaria diferenciación.
- Hay casos en que la contaminación presente es solo marginalmente mayor a los Cl's, se requiere una definición puntual sobre los Niveles de Acción y los de Restauración, entendiéndose el primero como el nivel que, en caso de ser rebasado, obliga a realizar acciones de limpieza, en tanto que el

segundo se refiere al máximo permisible de contaminantes en suelos después de la restauración.

- Para efectos legales, se tuvo que partir necesariamente de lineamientos generales aplicables para todo el país, sin embargo, reconociendo que los suelos no son uniformes ni en calidad, ni en composición o distribución, se pretende seguir usando el enfoque gradual y regional, para estar en condiciones de resolver de manera diferenciada, cuando así se requiera.
- La restauración de suelos no es una actividad ajena a los otros tópicos ambientales, debido a ello y a la dinámica inherente a toda actividad novedosa, ha sido necesario ir modificando o adecuando los enfoques, ejemplo claro de ello fue la modificación a los criterios de muestreo o la sustitución de el solvente de extracción usado en el método EPA 418.1. Además, y para hacer contrastables los resultados de antes y después de la restauración se buscó tener un método de laboratorio único para cada contaminante. Como no se logró, se hizo lo necesario por tener el menor número posible de métodos por contaminante.
- Reconociendo que el riesgo que representan los Inorgánicos Tóxicos (Metales Pesados IT's) depende mas de su disponibilidad que de su toxicidad, se reconoce que la cuantificación de los mismos es indispensable pero no suficiente. Por ello, es necesario definir qué porción de los IT's presentes puede estar disponible. El GDT avanzó ya en la definición de los procedimientos de extracción, pero habrá que afinar los límites máximos permisibles de los IT's Extraíbles (disponibles).
- Todavía no existe una determinación definitiva sobre el uso sugerido del Criterio Aditivo de riesgo cuando en un suelo está presente mas de un contaminante. Lo anterior es debido principalmente a :
 - (i) La discusión que todavía tiene lugar sobre la pertinencia del procedimiento de Evaluación de Riesgo y su incertidumbre asociada. Las posibles repercusiones legales obligan a tener cautela en la determinación de lo conducente.
 - (ii) La inexistencia de un procedimiento de Evaluación de Riesgo oficialmente autorizado en el país.
- Para efectos de control se deberá requerir, como requisito indispensable antes de iniciar los trabajos de restauración, el protocolo de Aseguramiento y Control de la Calidad (QA/QC) respectivo, preparado por el laboratorio que se vaya a encargar de la toma de muestras y los análisis respectivos.
- De los resultados presentados en el Registro de Restauraciones se puede concluir, conservadoramente, que es posible ahora ajustar los CI's, especialmente los relativos hidrocarburos. En caso de tomarse esa decisión,

- podría ser en el sentido de hacerlos más estrictos, aproximadamente un 10%.

Adicionalmente, y con base en los resultados mencionados, ya se está en posibilidad de construir una matriz que relacione a los contaminantes presentes con las posibles tecnologías de tratamiento ya probadas en México. Esta matriz serviría de primer filtro en la toma de decisiones respecto de la selección de las tecnologías aplicables, ya que es del conocimiento general que no todas las técnicas son aplicables a todos los contaminantes.

En ese sentido, también se hace necesario el compilar una descripción detallada e inequívoca de las técnicas de restauración que hayan demostrado su efectividad, junto con sus limitaciones, eficiencias, aplicabilidad, disponibilidad, etc. como una herramienta auxiliar mas en la efectiva toma de decisiones.

- Una práctica ya probada en México, y que está siendo cada vez más común a nivel mundial es el tratamiento térmico de materiales alternativos en hornos cementeros, independientemente de su capacidad calorífica o calidad como combustible alterno.

Esta opción conjuga la alta disponibilidad geográfica de hornos de clínquer, junto con la necesidad de dar un tratamiento final a suelos con poca o nula capacidad calorífica.

- Otro problema extendido en el país es el relativo a los suelos contaminados con plaguicidas. En su mayoría son suelos agrícolas, aunque también existen suelos industriales, específicamente aquellos de las plantas en las que se producían. Cada vez se hará más urgente la necesidad de proveer un marco reglamentario específico para este tipo de suelos agrícolas.

Por último, no debemos omitir mencionar la necesidad de aprovechar las experiencias internacionales en la materia, especialmente la relativa al llamado Superfondo de los EEUU. La impresión generalizada es que en ese programa se ha pecado de exceso y que, en algunos casos, se ha llegado a la bancarrota de las empresas involucradas por lo oneroso de los costos, no necesariamente los de la restauración, sino por los costos legales asociados.

En resumen, toda la información generada en el proceso debe tener un objetivo primordial, complementar el marco reglamentario a través de retroalimentar a las áreas normativas, especialmente al INE, con los resultados y experiencias de la aplicación práctica de los CI's y sus disposiciones complementarias.

Campo de Aplicación

Se ha determinado que en México hay básicamente cinco tipos de suelos contaminados con materiales y residuos peligrosos, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Derivados de Accidentes**

La liberación, accidental o dolosa, de materiales o residuos peligrosos a la biosfera modifica en alguna medida su composición por lo que se hace necesario exigir su restauración. Por ello, cualquier suelo contaminado con materiales o residuos peligrosos, que represente un riesgo para los ecosistemas o la población se constituye en una emergencia ambiental.

Normalmente los suelos contaminados de este tipo no requieren una caracterización sofisticada ya que se conoce cual es el producto derramado (normalmente uno solo), es relativamente sencilla su caracterización inicial y se conoce casi siempre al responsable. Cuando suceden en la transportación, los transportistas, además de cumplir con el reglamento de la SCT, están obligados a contar con un seguro ecológico y de responsabilidad civil que puede hacerse cargo de los gastos ocasionados por la restauración. Se cuenta con estadísticas al respecto.

Los suelos de uso industrial, dentro de la planta, aun cuando sean propiedad privada, merecen atención especial, ya que también deberán ser restaurados por ser parte del ambiente.

Para estos eventos, pueden usarse criterios generales, excepción hecha de los derrames que involucren sustancias de toxicidad aguda, cancerígenos o tóxicos sistémicos, en cuyo caso se recomienda investigación adicional.

Este tipo de eventos es el que se presenta en mayor número en el país, a manera de ejemplo vale recordar que durante los años de 1997 hasta el primer semestre del 2000, se registraron 1'881 emergencias en el país, de las cuales, aproximadamente el 42% conllevaron la afectación del suelo.

- **Detectados a través de Auditoría Ambiental**

El proceso de Auditoría Ambiental, al ser una revisión metodológica exhaustiva de los procesos industriales en materia ambiental, incluye el manejo de materias primas y residuos, detecta aquellos sitios de depósito de residuos que, por cualquier razón, se fueron acumulando al paso del tiempo y que representan entonces un pasivo ambiental.

Estos sitios presentan una problemática especial: normalmente los materiales presentes no están claramente identificados, a menudo están mezclados, están depositados en tanques corroídos, sobre suelo natural o enterrados. Por el tiempo transcurrido, representan un riesgo para el agua subterránea y para la salud de los trabajadores y de la población en general.

Para este tipo de sitios es para los que se encarece una evaluación de riesgo a la salud o al ambiente. Normalmente, el dueño del predio o el responsable, tiene un registro histórico, oficial o extraoficial, de los depósitos realizados. Esto permite un mejor enfoque del problema y su solución. El hecho de haber sido detectado a través del proceso de Auditoría Ambiental, permite la inclusión de la restauración en el Plan de Acción concertado, lo que redundará en cierta flexibilidad en cuanto a los tiempos de ejecución y la determinación de los procedimientos de restauración.

Durante el proceso de Auditoría Ambiental realizado a las cincuenta plantas de una empresa automotriz, la aparición recurrente de suelos contaminados con la misma mezcla de productos en diversas instalaciones permitió, en la firma de los convenios correspondientes, la inclusión de la restauración de los suelos contaminados.

Los sitios detectados a través de Auditorías Ambientales, aunque menores en número, que los derivados de Accidentes Ambientales son, en general, de un área y complejidades mayores de las más de 1,500 Auditorías que se han realizado hasta la fecha, se han detectado cerca de 300 sitios contaminados de todos los tamaños. Se ha comprometido la restauración de todos ellos.

- Detectados a través del Procedimiento de Verificación Industrial

Como se mencionó, la PROFEPA es la encargada de vigilar el cumplimiento del adecuado manejo, disposición, confinamiento y/o reciclaje de los residuos peligrosos generados por las industrias, con fundamento en la Legislación existente en Materia de Residuos Peligrosos. En muchos casos, estos residuos mal dispuestos contaminan al suelo subyacente.

Durante 1994 y 1995 en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y el estado de Hidalgo, personal adscrito a la Subprocuraduría de Verificación Industrial (SVI) supervisó el retiro y restauración de sitios clandestinos donde fueron depositados residuos peligrosos por diferentes industrias, pertenecientes a diferentes giros industriales tales como: fundición secundaria de plomo, pinturas, farmacoquímica y elaboración de plaguicidas; en donde se detectó un manejo inadecuado de residuos peligrosos. A la fecha se han retirado más de 30 mil toneladas de residuos de estos sitios, a continuación se detallan los casos más representativos.

Una empresa dedicada a la recuperación de plomo a partir de baterías de desecho, actualmente fuera de operación, depositó sus residuos en al menos tres sitios localizados en el Estado de Hidalgo; en el Ejido de Téllez, Municipio de Zempoala; en el Pueblo de San Bartolo, en Pachuca; y en diferentes áreas a lo largo de la Autopista México-Pachuca. Por ello, fue presentada una denuncia ante la Delegación de la PFFA en Hidalgo. Se instauró el procedimiento correspondiente y se ordenó el retiro de los residuos detectados. A principios de enero de 1994 se inició el retiro de residuos y el día 15 del mismo mes se dieron por concluidos los trabajos con la remoción de aproximadamente 12,000 toneladas en la planta y 7,000 en los sitios clandestinos.

El 18 de enero de 1994, se recibió una denuncia popular por parte de Protección Civil del Municipio de Chimalhuacán, Estado de México referente a un tiradero clandestino de residuos peligrosos. Al día siguiente, se realizó visita de inspección en la cual se detectaron 8 montículos de residuos, entre los que se encontraban polvo gris y anaranjado mezclados con residuos de balatas. De las indagaciones realizadas se dedujo que dichos residuos coincidían con los provenientes de una empresa dedicada a la fabricación de balatas cerca del lugar. La empresa aceptó la propiedad de los residuos. Posteriormente, se iniciaron las operaciones de recolección, traslado y disposición final de aproximadamente 672 toneladas.

En marzo del mismo año, se recibió queja sobre una empresa formuladora de plaguicidas en la Delegación Iztapalapa, por la generación de olores. Se decretó la clausura parcial temporal de la empresa como medida de urgente aplicación. Posteriormente se realizaron análisis de muestras de techos, pisos y sitios de la bodega, mismos que demostraron que los materiales almacenados eran productos o sustancias caducos. Se ordenó un plan de trabajo de limpieza, desactivación y neutralización de plaguicidas de la bodega. Se retiraron aproximadamente 100 toneladas de residuos peligrosos de este predio.

En el mismo año, se presentó una denuncia en contra de un tiradero ubicado en San Bartolomé Coatepec, Municipio de Huixquilucan, Estado de México, en el que se encontraron residuos de origen industrial (presumiblemente del giro farmoquímico). Durante ese mismo mes se realizó visita de inspección a una empresa con este giro industrial ordenándose la clausura parcial temporal de la empresa por irregularidades relacionadas con el manejo de residuos peligrosos. Durante esta visita de inspección se tomaron muestras de los residuos generados por la empresa para su caracterización. Asimismo, se tomaron muestras del tiradero antes referido concluyéndose, mediante estudios de laboratorio, que había similitud entre los componentes de los residuos encontrados en la empresa y en el tiradero. Posteriormente se recibió escrito de la empresa mediante el cual aceptó que parte de los residuos encontrados en este predio fueron generados por ella. El 3 de agosto de 1994 se realizó visita para verificar el retiro de los residuos peligrosos a fin de enviarlos a

confinamiento controlado concluyendo los trabajos de remoción el mismo día, durante este periodo se retiraron un total de 13 toneladas.

En noviembre de 1994, durante la inspección a varias ladrilleras en Acolman, Estado de México, se encontraron residuos de natas de pintura y solventes sucios. En dichas inspecciones se encontró que los residuos provenían de una empresa productora de pinturas, por lo que se le realizó una visita de inspección. Durante la misma se detectó una gran cantidad de residuos peligrosos manejados sin las medidas mínimas de seguridad, por ello, se decretó la clausura total temporal a la empresa y se dictaron las medidas de urgente aplicación correspondientes, con estas acciones se logró el retiro de un total de 650 toneladas de residuos peligrosos.

A finales de 1994, se inspeccionaron 16 ladrilleras más en las cuales se encontraron diversos residuos, entre ellos, colas de destilación de solventes, estopas impregnadas con solvente y pinturas, lodos de tratamiento de aguas, solventes sucios, natas de pintura y resinas. Dichos residuos pertenecían a otra importante empresa productora de pinturas, por ello, se decretó como medida de seguridad la clausura total temporal de la empresa. Posteriormente, a través de un acuerdo, se obligó a la empresa a disponer de los residuos peligrosos encontrados en su planta, así como los localizados en las diferentes ladrilleras. El resultado fue el envío a confinamiento de alrededor de 9,000 toneladas.

El 8 de marzo de 1995 se inició el retiro de residuos peligrosos del Banco de Tezontle ubicado en el Municipio de Atotonilco, Estado de Hidalgo. Las muestras tomadas de este sitio revelaron que se trataba de un residuo peligroso debido a sus características corrosivas y a su alto contenido de plomo. El residuo se identificó como polvo de fundición y fue depositado por una empresa fundidora cercana, por lo que se inició acción conforme a derecho y se obligó a la industria a retirar más de 6,000 toneladas de residuos peligrosos depositados en este sitio.

En marzo de 1996 se recibió denuncia en contra de una empresa química, investigaciones posteriores determinaron un volumen de material contaminado con hidrocarburos (básicamente aromina 150) de aproximadamente 3,700 m³. Aunque se presentó como alternativa para la limpieza de este sitio a la restauración biológica, durante la restauración se utilizaron solamente operaciones físicas: extracción de vapores e inyección de aire. El día 3 de junio de 1998 se dan por concluidos los trabajos de limpieza, quedando pendiente un monitoreo final de HTP's en aguas subterráneas.

En agosto de 1996 se recibió denuncia popular por contaminación de suelo con hidrocarburos. La contaminación denunciada abarcaba el predio de la empresa y la cava de la casa contigua, propiedad del denunciante. La empresa se encuentra actualmente clausurada y se le requirió la presentación de estudios

con el propósito de determinar la extensión de la contaminación en suelo natural. La documentación presentada carece de información, ya que no se ha determinado el volumen del suelo contaminado ni el área afectada. Actualmente la empresa esta por presentar información al respecto e iniciar los trabajos de restauración.

- Abandonados

En 1995 la Procuraduría inició un programa, en el ámbito nacional, tendiente a la identificación de este tipo de sitios. Este programa ha generado un listado de los sitios identificados con información general del tipo y la cantidad de residuos presentes, su problemática ambiental y social, y su situación legal. Se ha dado especial atención a los sitios que contienen Bifenilos policlorados (PCB's), solventes, plaguicidas, azufre, metales pesados e hidrocarburos.

Se han realizado evaluaciones preliminares de los daños ambientales en San Luis Potosí, Guanajuato, Zacatecas y Nuevo León. Además, para realizar una identificación más detallada de los sitios y analizar sus afectaciones al ambiente, se realizaron estudios para la Identificación y Evaluación Preliminar de Sitios de Depósito Clandestino de residuos peligrosos en Baja California, Chihuahua, Sonora, Coahuila y Tamaulipas; Veracruz, Estado de México, Hidalgo, Jalisco y Querétaro.

Asimismo, se han clasificado cada uno de los sitios en función de: (i) los daños ambientales ocasionados, (ii) el riesgo que para el ambiente y la población representan, (iii) el tipo y cantidad de los residuos presentes, y (iv) las características propias de cada zona.

Sin embargo, este tipo de estudios solo es el principio de la solución al grave problema que representa la presencia de esta clase de sitios distribuidos a lo largo del territorio nacional, puesto que además de verificar y validar la información existente, se requiere determinar con seguridad el tipo de *contaminantes presentes* y sus volúmenes y características físicas, químicas y toxicológicas. Esto se justifica dado que en dichos sitios es posible encontrar una gran variedad de residuos que pueden ir desde escombros y residuos municipales hasta PCB's y metales pesados, lo que representa un grave riesgo para la población y el medio ambiente.

Paralelamente a la caracterización de los sitios, se hace necesario llevar a cabo acciones tendientes a la limpieza y restauración de los sitios prioritarios que a la fecha se han detectado, y para los cuales no se ha podido identificar a los responsables.

Las características propias de estos sitios y el tipo de residuos que han sido depositados en ellos representan un inminente riesgo de afectación al ambiente

y a la población, debido a que en la mayoría de las ocasiones los residuos se han dispuesto a granel sobre cualquier terreno y sin ninguna protección, propiciando que los mismos migren a los mantos freáticos, al aire o a cuerpos de agua superficiales. Además, la carencia de señalización y la falta de restricción del paso a los mismos, ha ocasionado que la población fácilmente entre en contacto con los residuos y se vean afectados seriamente por la toxicidad de muchos de estos.

Los graves problemas de salud y el deterioro ambiental que ocasionan estos residuos, depositados ilegal e inadecuadamente, aunado al hecho de no tener identificados a los responsables de este delito, han creado la necesidad de que el Gobierno Federal intervenga de manera urgente y dé solución a este problema, para lo cual se requiere de una gran cantidad de recursos económicos.

- Notificados Voluntariamente ante la autoridad

Existen industrias poseedoras de sitios contaminados que, de manera voluntaria y con el objeto de finiquitar sus pasivos ambientales, han decidido unilateralmente presentarse ante la Profepa para conocer los procedimientos relativos a la restauración de suelos contaminados establecidos por esta autoridad.

Se les ha requerido su evaluación de daños y su propuesta de restauración, habiéndose concluido a través de este mecanismo más de cuarenta restauraciones con suelos contaminados, casi en su totalidad por hidrocarburos, y dentro de instalaciones industriales.

El procedimiento delineado en párrafos anteriores se muestra en forma de diagrama de flujo en la figura 6.1 conocido como Procedimiento Profepa para la restauración de suelos contaminados.

Como marco Jurídico vigente:

En el presente capítulo se considera el ámbito jurídico de actuación de las autoridades ambientales que para este documento interesan, el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), referido a la obligatoriedad de que quien realice obras o actividades que afecten al ambiente repare los daños que cause.

Inicia en el año de 1972 con la promulgación de la *“Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental”*, esta Ley regulaba genéricamente los

problemas de contaminación; sin embargo, no era específica en lo que a problemas de contaminación de suelos se refiere.

En el año de 1982, se abroga la Ley antes citada con la promulgación de la *“Ley Federal de Protección al Ambiente”*; la cual regulaba los problemas de contaminación de aire, agua y suelo; estableciendo un sistema de concurrencia y coordinación entre dependencias y determinando a la autoridad competente para su aplicación, (la hoy extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). Tampoco de esta ley se desprendieron normas relacionadas con la protección de los suelos, o la promulgación del reglamento respectivo.

En el año de 1988 se publica la *“Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente”* (LGEEPA), en esta Ley se establece, entre otras cosas, la corresponsabilidad entre autoridades y particulares en el cuidado del ambiente y la descentralización de funciones a estados y municipios. El 13 de diciembre de 1996, se reforma esta Ley y se incorporan, entre otros, los instrumentos de política ambiental denominados Criterios Ecológicos, Autorregulación y Auditoría Ambiental.

A pesar de las diversas regulaciones antes citadas, para el suelo no existen, hasta la fecha, Normas Oficiales Mexicanas (NOM) o Normas Mexicanas (NMX) que establezcan los límites máximos permisibles de contaminantes en un suelo después de haber sometido a éste, a un tratamiento de restauración.

Hasta julio de 1996, en que se publicó el Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), e inclusive posterior a éste, las actividades sobre restauración de suelos contaminados se encontraban dispersas y desarticuladas.

Para el caso de una emergencia, el procedimiento anteriormente descrito, consumía demasiado tiempo y resultaba contraproducente, ya que la respuesta profesional a un evento de esta naturaleza debe ser inmediata, con la finalidad de evitar que acciones inapropiadas o las propias condiciones meteorológicas agraven el problema.

Para subsanar estas deficiencias, entre 1997 y 1998 se decidió centralizar las actividades de restauración de suelos contaminados en la autoridad operativa encargada (Profepa).

Por tal motivo, con base en lo dispuesto en la LGEEPA y en el Reglamento Interior de la SEMARNAP, se precisaron e innovaron algunos preceptos sobre el particular, confiriendo a la Profepa atribuciones específicas en materia de restauración de suelos contaminados.

Conforme al artículo 74 fracción IV, del Reglamento Interior de la SEMARNAP, la Dirección General de Emergencias Ambientales (DGEA) se encuentra facultada para *“Emitir recomendaciones para aplicar medidas preventivas, correctivas y de seguridad para la atención de emergencias ambientales...”*, acciones que por supuesto involucran programas o tecnologías de restauración, con los límites o parámetros que se dicten a quienes realicen estas actividades.

Los artículos de la LGEEPA y del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca que se refieren explícitamente al tema son:

1º fracciones III, V, VI y IX; 3º fracciones I, VI, VII, VIII, X, XII, XIII, XIV, XVI, XXII, XXV, XXVI, XXXI, XXXII y XXXIII; 15 fracciones III, IV y XII; 134 fracciones I, II, III, IV y V; 135 fracciones I, II, III y IV; 136 fracciones I, II, III, y IV; 139; 151; 152 BIS; 160; 170 y 170 BIS. Todos ellos relacionados con los artículos 74 fracciones I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX y X; y 61 fracción XI del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP); disposiciones que precisan el orden público e interés social que tutela el principal ordenamiento y cuyo objeto está encaminado a propiciar el desarrollo sustentable, entendiendo por este, *“el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”*, estableciendo, entre otras bases, las de garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio sano, preservando, restaurando y mejorando el ambiente, previniendo y controlando la contaminación de aire, agua y suelo, estableciendo los mecanismos de coordinación, inducción y concertación entre las autoridades, entre estas y los sectores social y privado, así como con personas y grupos sociales.

Para los efectos del presente documento es importante destacar uno de los principios esenciales de la política ambiental en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, contenido en la fracción IV del artículo 15 de la LGEEPA, en donde se consigna que *“toda persona que realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligada a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, asumiendo los costos que dicha afectación implique”*. Dicho principio abunda también en lo referente a la obligación de incentivar a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

De otra parte, pero en estrecha vinculación con lo anterior, es de resaltar la importancia del artículo 152 BIS de la propia ley, que dice que tratándose de contaminación de suelos por la generación, manejo o disposición final de

materiales o residuos peligrosos¹ los responsables de dichas operaciones deben realizar las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo y así estar en posibilidad de reintegrarlo a su vocación natural en los términos del programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico aplicable.

Ahora bien, abundando en los términos del texto legal en materia de *prevención y control de la contaminación del suelo*, se deben tomar en cuenta, diversos criterios, como son:

- ❖ **Corresponsabilidad** entre estado y sociedad para prevenir la contaminación de los suelos;
- ❖ **Control de residuos**, en tanto que estos constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos;
- ❖ **Prevenir y reducir la generación de residuos** sólidos, municipales e industriales;
- ❖ **Incorporar técnicas y procedimientos para el reuso y reciclaje de los residuos;**
- ❖ **Regular el manejo y disposición final eficientes de los residuos;**
- ❖ **Prevenir los daños que pudiera ocasionar el uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas**, el cual debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas considerando sus efectos sobre la salud humana;
- ❖ **Recuperar o restablecer las condiciones de suelos contaminados con materiales o residuos peligrosos**, 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.

Los criterios enunciados, deben ser considerados en los casos siguientes:

- a).- En la ordenación y regulación del desarrollo urbano
- b).- En la operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios
- c).- En la generación, manejo y disposición final de residuos sólidos, industriales y peligrosos, así como en las autorizaciones y permisos que al efecto se otorguen; y

d).- En el otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y en general la realización de actividades relacionadas con plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Por su parte, toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se debe sujetar a lo que disponga la LGEEPA, la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Como referencia evolutiva reciente de las actividades de restauración de suelos podemos decir que en los términos del hoy abrogado Reglamento Interior de la Secretaría de Desarrollo Social, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 4 de junio de 1992, el INE contaba con atribuciones para establecer normas y criterios que aseguraran la conservación o restauración del ambiente, en particular en situaciones de emergencia o contingencia ambiental, mientras que la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en materia de sitios contaminados, se ajustaba a dar seguimiento a las técnicas y niveles de restauración que autorizaba dicho Instituto caso por caso, ya que no se contaba --y no se cuenta aún-- con disposiciones reglamentarias que permitieran tener un esquema de actuación homogéneo que brindara seguridad jurídica al eventual generador de un problema de contaminación de suelos.

En una actividad tan incipiente, se pensó que dicho procedimiento funcionaría, sin embargo en el ámbito operacional resultó inapropiado ya que se imponían criterios y parámetros diversos para similares casos; protocolos de pruebas de tecnologías que bien podían funcionar en laboratorio y no en campo, sin embargo se les otorgaba una "carta de viabilidad" que en algunos casos quien la recibía le daba un uso inadecuado (la presentaba ante sus clientes como "autorización" o "aval" de la autoridad para realizar determinados trabajos); padrones de consultores no regulados por disposición legal expresa, etcétera. En fin, todo lo anterior aunado a la tardanza en los procedimientos de autorización de inicio de los trabajos de restauración, resultaba contraproducente, sobre todo en casos emergentes, ya que la respuesta profesional a un evento de esta naturaleza debe ser inmediata, con la finalidad de evitar que acciones inapropiadas o las propias condiciones meteorológicas agraven el problema, motivo por el cual se precisaron e innovaron algunos preceptos sobre este particular tanto en las modificaciones a la LGEEPA como en el Reglamento Interior de la SEMARNAP de fecha 5 de junio del 2000 confiriéndose atribuciones específicas en la materia a la PROFEPA.

A efecto de detallar la gestión técnico-administrativa en materia de atención de emergencias ambientales y restauración de sitios contaminados, se realizó una revisión de las facultades conferidas tanto al INE como a la Profepa, encontrando lo siguiente:

Efectivamente, las fracciones IV y V del Artículo 36 del abrogado Reglamento Interior de la Sedesol publicado el 4 de junio de 1992 en el Diario Oficial de la Federación, decían textualmente:

Artículo 36.- “El Instituto Nacional de Ecología, como Organo Desconcentrado de la Secretaría de Desarrollo Social, tendrá las siguientes atribuciones:

I a III ...

IV.- Establecer normas y criterios ecológicos para la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales y para preservar y restaurar la calidad del ambiente, con la participación que, en su caso, corresponda a otras dependencias de la Administración Pública Federal.

V.- Determinar las normas que aseguren la conservación o restauración de los ecosistemas fundamentales para el desarrollo de la comunidad, en particular en situaciones de emergencia o contingencia ambiental, así como en actividades altamente riesgosas, con la participación que corresponda a otras dependencias de la Administración Pública Federal y a los gobiernos estatales y municipales.”

Por su lado, el actual Reglamento Interior de la SEMARNAP, en su artículo 61 fracción XI, que se refiere a las atribuciones de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas del INE, le confiere facultades para:

“Coadyuvar con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en la determinación de las medidas necesarias para el manejo adecuado de materiales y residuos peligrosos y la atención de emergencias ambientales, así como para la prevención y control de accidentes que involucren materiales y residuos peligrosos y los que puedan causar graves desequilibrios ecológicos y participar en su aplicación.”

Es de destacarse que dentro de las atribuciones conferidas fue incorporada entre otras la fracción XVI que a la letra nos señala:

“Evaluar, dictaminar y resolver sobre la utilización de tecnologías y sustancias para la restauración de suelos contaminados por materiales y residuos peligrosos”,

Como puede apreciarse, la Dirección en comentó llevará a cabo la evaluación, dictaminación y resolución sobre la utilización de las tecnologías que sean propuestas. Por otro lado, no se hace referencia alguna a la intervención directa y autónoma de dicha Unidad Administrativa en dichas acciones ni en las de restauración de sitios contaminados que en si mismos no representan una emergencia ambiental.

Por otra parte, el artículo 170 de la LGEEPA, prevé expresamente que:

“Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública, la Secretaría, fundada y motivadamente, podrá ordenar alguna o algunas de las siguientes medidas de seguridad”:

I.- La clausura temporal, parcial o total de las fuentes contaminantes, así como de...

II.- El aseguramiento precautorio de materiales y residuos peligrosos, así como de...

III.- La neutralización o cualquier acción análoga que impida que materiales o residuos peligrosos generen los efectos previstos en el primer párrafo de este Artículo.”

El artículo 170 BIS del propio ordenamiento prevé:

“Cuando la Secretaría ordene alguna de las medidas de seguridad previstas en esta Ley, indicará al interesado, cuando proceda, las acciones que debe llevar a cabo para subsanar las irregularidades que motivaron la imposición de dichas medidas, así como los plazos para su realización, a fin de que una vez cumplidas éstas, se ordene el retiro de la medida de seguridad impuesta.”

Por lo que se refiere a la revisión de las atribuciones conferidas a la Profepa en el propio Reglamento resulta lo siguiente:

Conforme al Artículo 74 fracción IV, del Reglamento Interior de la SEMARNAP, la Dirección General de Emergencias Ambientales (DGEA), se encuentra facultada para:

“Emitir recomendaciones para aplicar medidas preventivas, correctivas y de seguridad para la atención de emergencias ambientales.....”

Acciones que por supuesto involucran programas o tecnologías de restauración, con los límites o parámetros que puedan ser exigibles a quienes realicen estas actividades.

A mayor abundamiento, conforme a las respectivas fracciones VI y VII del propio artículo 74, la DGEA cuenta con atribuciones para:

“Determinar los lineamientos y criterios para la formulación, desarrollo y evaluación de programas de restauración de daños originados por emergencias y contingencias ambientales, que involucren materiales o residuos peligrosos.”

“Elaborar programas para la identificación, evaluación y restauración de sitios contaminados que pongan en peligro a las personas o al ambiente.”

Por las razones expuestas, cuando ocurren accidentes en los que se encuentran involucrados materiales y/o residuos peligrosos y se percibe la afectación del ambiente, actualizándose la hipótesis normativa contenida en el artículo 170 de la Ley de la materia, la PROFEPA ordena al responsable, entre otras cosas:

La neutralización o acciones análogas que impidan que los materiales o residuos peligrosos generen los efectos previstos en el primer párrafo del citado artículo 170, para lo cual resulta indispensable que el generador del problema efectúe:

- Un Estudio de evaluación de daños ambientales.- Se requiere como condición inmediata, previa al inicio de cualquier acción de restauración. Estos trabajos deben efectuarse por personal capacitado para ello y así estar en posibilidad de que las medidas de seguridad sean dictadas responsablemente con respaldo técnico-científico. El documento debe incluir todos los componentes del medio que fueron afectados y una estimación sobre el grado de afectación.
- Propuesta de restauración.- Se acompañará al estudio de evaluación de daños ambientales y debe contener precisamente la tecnología que se piense aplicar, (método(s) probado(s)), los niveles de limpieza propuestos, las áreas a tratar y el tiempo que se planea invertir en cada una de las fases de la restauración (programa calendarizado).
- Investigación del accidente.- Sobre todo en accidentes dentro de una industria, cabe dictar como medida de seguridad, la “investigación del accidente” que consiste en ordenar al responsable, que una vez controlado el

- evento, se analice con método, cual fue la causa raíz que lo originó y así estar en posibilidad de corregir la eventual anomalía, (capacitación de

Personal en caso de falla humana, sistemas de alerta, especificaciones técnicas inadecuadas de válvulas, etcétera) en caso contrario, el riesgo de que se repita el evento es sumamente elevado, es decir, subsistiría un inminente riesgo de afectación al entorno y no procedería el levantamiento de alguna otra medida de seguridad impuesta, como pudiera ser la clausura.

Por último, el artículo 88 fracción XII del multicitado Reglamento Interior de la SEMARNAP establece expresamente que corresponde a las delegaciones de la PFFPA en las entidades federativas en el ámbito de su circunscripción territorial:

“Ordenar las medidas de seguridad que procedan, cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o la salud pública, así como la medidas de urgente aplicación señalando los plazos para su cumplimiento.”

Del orden de ideas expuesto podemos concluir, que conforme a la distribución de competencias plasmada en la LGEEPA y en el Reglamento Interior de la SEMARNAP, las facultades en cuanto a la aplicación de medidas de seguridad contempladas en el artículo 170 de dicha Ley y a la determinación de parámetros para la restauración de sitios contaminados cuando no existe una NOM específica, son, a partir de julio de 1996, responsabilidad de la Profepa, razón por la cual la Dirección General de Emergencias Ambientales decidió proponer y establecer un Grupo de Trabajo sobre Restauración de Suelos Contaminados (GDT), integrado tal y como aparece detallado en el capítulo 5. Este GDT tiene entre sus principales objetivos: Definir criterios, lineamientos y niveles interinos de limpieza, esto último en tanto el INE, a través de los procedimientos jurídicos pertinentes, publica las NOM's sobre “procedimientos, niveles de limpieza o criterios definitivos de restauración de suelos contaminados”.

En lo que se refiere a residuos peligrosos el “manejo” comprende el almacenamiento, recolección, transporte, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y/o disposición final, tal y como lo señala el artículo 9º del Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988 que al no contravenir a la ley sustantiva continúa en vigor, tal y como lo preceptúa el artículo tercero transitorio de la invocada ley.

El Grupo de Trabajo sobre Restauración de Suelos Contaminados (GDT)

Relación con la disposición y procedimientos para la Caracterización y Restauración de suelos contaminados.

Con base en lo expuesto en los capítulos anteriores, y con la finalidad de establecer un procedimiento expedito y confiable que rigiera las actividades de restauración de suelos contaminados, la Profepa convocó la creación de un Grupo de Trabajo sobre la materia.

Se consideró indispensable en primera instancia el rescatar la experiencia que en este tipo de trabajos se había estado generando en el país. Esto es, se tuvo cuidado en detectar a las instancias que habían estado participando en el "Procedimiento técnico-administrativo que deben cumplir los promoventes de servicios para la Restauración de Sitios Contaminados con Materiales y Residuos Peligrosos", instaurado en 1997 por el INE, ya sea como Organismo Colegiado o como Centro de Investigación Superior. También se invitó a otras instituciones que habían desarrollado actividades relacionadas, todo ello con el fin de invitarlas a integrarse al GDT en ciernes.

Por ello, las entidades convocadas a la integración del GDT fueron las siguientes:

- El Instituto Nacional de Ecología (INE)
- La Comisión Nacional del Agua (CNA)
- El Programa Universitario del Medio Ambiente de la UNAM
- El Centro de Investigación y Capacitación Ambiental del INE (CENICA)
- El Instituto de Ingeniería de la UNAM
- La Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco
- La Facultad de Química de la UNAM
- El Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV)
- El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
- El Instituto de Geografía de la UNAM
- El Colegio de Ingenieros Ambientales
- El Gobierno del Distrito Federal

Con base en la experiencia enfrentada, se decidió que el GDT no otorgaría acreditamientos de tecnología *a priori*. Esto es, que validara que una tecnología funcionará antes de poder comprobarlo a través de la presentación de resultados obtenidos de análisis de laboratorio. Esta decisión se basó en que, aún cuando una tecnología haya funcionado exitosamente con anterioridad, no se puede asegurar que en todos los casos invariablemente sucederá así.

Sobretudo debido a la variedad de condiciones ambientales y del tipo y distribución de contaminantes.

Por ello, existía consenso sobre la necesidad de dictaminar caso por caso sobre todas y cada una de las propuestas de restauración que se presentaran. Fue entonces evidente que habría que evaluar todas las peculiaridades presentes en cada caso de contaminación de suelo a restaurar, evitando en lo posible el uso de autorizaciones de aplicación general, habida cuenta de la diversidad de climas, suelos, altitudes y demás condiciones que pueden presentarse en un país tan vasto como México. En consecuencia, se acordó que todas las propuestas de restauración se revisarían y dictaminarían individualmente.

Adicionalmente, la decisión se basó en el hecho de que la Ley Federal de Metrología y Normalización reconoce solo dos de estas figuras: el acreditamiento y la certificación. El acreditamiento es facultad exclusiva de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, misma que, haciendo uso de tal facultad, puede acreditar a Organismos de Certificación. Resulta claro entonces que este GDT, al no pretender convertirse en un organismo de certificación y, menos aún, invadir la esfera de competencia de SECOFI, no podría otorgar este tipo de reconocimientos.

Todo esto redundó en que la posición inicial expresada por Profepa en el sentido de utilizar un enfoque a resultados, puntualizando el hecho de que la LGEEPA establece que el responsable de contaminar al ambiente está obligado a restaurarlo a sus condiciones originales, y cubrir los costos que estas acciones conlleven.

Por lo anterior, la decisión de realizar las acciones de restauración a través de un tercero o por sí mismo le compete únicamente al contaminador. Esto es, la responsabilidad de la restauración del suelo, o de cualquier otra parte del medio, no se transfiere en ningún momento y, ante la autoridad, seguirá correspondiendo al contaminador.

Una inquietud manifiesta entre los integrantes del GDT se refiere a que, en algunos casos, algunos sitios formalmente restaurados, al paso del tiempo volvían a presentar problemas de contaminación por los productos de los cuales se había buscado limpiar. Por ello, se puntualizó la necesidad de dar seguimiento a los suelos restaurados una vez que se hubieran alcanzado los límites de limpieza convenidos para ese caso en particular.

Otro problema adicional al que se enfrentaban quienes decidían realizar actividades de restauración de suelos, es que no se habían determinado ni las especificaciones ni los métodos de laboratorio para cada uno de los contaminantes usualmente involucrados. De tal forma los resultados obtenidos

no eran en ningún sentido comparables, por lo que no podía determinarse inequívocamente el momento en que una restauración había sido concluida.

En consecuencia, durante su segunda sesión ordinaria, el GDT acordó que sus Objetivos serían:

1	Definir criterios, lineamientos y niveles interinos de limpieza
2	Documentar métodos exitosos y no exitosos
3	Preparar el Registro de Restauraciones
4	Definir Programas de seguimiento de sitios restaurados
5	Definir técnicas, métodos y especificaciones de laboratorio
6	Definir programas de seguimiento de restauraciones

El GDT tuvo su primera reunión el 17 de febrero de 1998 y durante ese año, 1999 y 2000 se han realizado mas de treinta reuniones ordinarias y una extraordinaria.

La reunión extraordinaria referida en el párrafo anterior, tuvo como objetivo principal el dar a conocer a los Gerentes de Protección Ambiental y Seguridad Industrial de las 4 Subsidiarias de Petróleos Mexicanos, sobre los cambios incorporados en la reglamentación vigente para la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la protección al ambiente.

A la reunión aludida asistieron los representantes del INE, los mencionados de Petróleos Mexicanos y de la Profepa. La importancia de la reunión radica en que la mayor afectación al suelo se presenta en un número relativamente pequeño de casos, los que además, llaman poderosamente la atención de la opinión pública por tratarse de una empresa paraestatal.

Como consecuencia de las deliberaciones realizadas en el seno del GDT, y como una extensión de sus acuerdos, los principales compromisos entre las autoridades a los que se llegaron en esta reunión extraordinaria se encuentran los siguientes:

- En tratándose de emergencias ambientales tal y como están definidas en la LGEEPA, para la restauración del suelo se utilizarán los criterios interinos convenidos en el seno del GDT.
- Profepa no autorizará tecnologías genéricas, todos los casos se revisarán individualmente y, de proceder, se autorizará su ejecución.

- El procedimiento para iniciar una restauración consistirá en la presentación de una Evaluación de Daños Ambientales y una Propuesta de Restauración ante la Profepa, misma que resolverá sobre su pertinencia y autorizará la iniciación de los trabajos. Así mismo, este Organismo Desconcentrado dará por concluida la restauración una vez que se haya demostrado, a través de análisis de laboratorios reconocidos, que los criterios interinos de restauración se hayan alcanzado.
- Tanto las Evaluaciones como las propuestas mencionadas deberán ajustarse a lo dispuesto en las Guías respectivas, mismas que se presentan íntegramente como anexos al presente documento.
- Con base en evaluaciones de riesgo ecológico o a la salud, o por los mecanismos que considere convenientes, en su momento, el INE publicará los criterios definitivos en la materia. Se pretende también que el INE estudie y apruebe una metodología para Evaluación de Riesgos, a partir de este momento, la Profepa se encargará de vigilar el cumplimiento de estas disposiciones.
- La aprobación de la viabilidad por parte del INE ya no será necesaria para los trabajos de restauración.
- En tanto no existan normas o criterios de carácter obligatorio oficialmente emitidos, privará el procedimiento y criterios que para el caso de emergencias ambientales establezca la Profepa.

Adicionalmente se ha venido trabajando en un esquema de cooperación interinstitucional, similar al delineado en los párrafos anteriores, pero ahora con la Comisión Federal de Electricidad y Ferrocarriles Nacionales de México, todo ello en el marco de los programas de Auditoría Ambiental que se están llevando a cabo por dichas paraestatales.

Como la Constitución General de la República obliga a las autoridades a dar un trato igual a los iguales, el procedimiento delineado será el mismo que la Profepa aplique a todos los casos de restauración de suelos considerados como emergencias ambientales que tenga conocimiento.

El GDT, a lo largo de su funcionamiento, ha cumplido con la mayoría de los objetivos propuestos, además ha demostrado su eficacia en la definición de la pertinencia, contenido y alcances de propuestas especiales de restauración de suelos. Conviene resaltar una vez más el enfoque temporal e interino de sus disposiciones, mismas que servirán de base para la emisión de la reglamentación definitiva en la materia, y serán abrogadas por ella.

Por todo lo anterior el GDT se ha convertido en un Foro de consulta y apoyo permanente. Ha recibido a empresas consultoras y a los laboratorios especializados con el fin de enriquecer sus discusiones; además planea invitar a grupos y organizaciones civiles con interés en la materia. Adicionalmente se invitó a Petróleos Mexicanos Exploración y Producción a una reunión cuyo único objetivo fue el conocer de primera mano el punto de vista y experiencias de esta paraestatal.

La Restauración de Suelos Contaminados

El suelo y sus funciones

Una de las definiciones de suelo lo refiere como el material no consolidado sobre la superficie de la tierra, mismo que ha sido formado mediante una dinámica natural a partir de la corteza terrestre con la influencia de los diversos factores ambientales. El proceso para tener un suelo en su estado comúnmente conocido puede tomar cientos y hasta miles de años. Por ello, el suelo es un medio complejo y dinámico en constante evolución.

Además, el suelo constituye un recurso natural que desempeña diversas funciones entre las que destacan las siguientes: su papel como medio filtrante durante la recarga de acuíferos y de protección de los mismos; es parte integrante del escenario donde ocurren los ciclos biogeoquímicos, hidrológicos y de la cadena alimentaria; es el espacio donde se realizan actividades agrícolas y ganaderas y, es el asiento de las áreas verdes de generación de oxígeno. A continuación se detallan estas funciones.

- El suelo es el filtro que limpia el agua de lluvia que recarga los acuíferos y que los protege contra la contaminación. El agua de lluvia arrastra un sinnúmero de compuestos durante su recorrido, éstos son retenidos en el suelo y subsuelo, de aquí que se hable de su capacidad amortiguadora. Algunos compuestos son transformados por la microbiota nativa, antes de llegar a los acuíferos. Para resaltar esta importante función del suelo conviene recordar que los acuíferos constituyen la principal fuente de suministro de agua de las poblaciones.
- El suelo es la base para la vida del hombre y los animales, permite la implantación de las raíces de las plantas y les proporciona agua y elementos nutritivos. La producción de alimentos depende, entre otros factores, de la disponibilidad y fertilidad de terrenos agrícolas.

- El suelo desempeña también una importante función como hábitat biológico y reserva genética. En su seno se pueden desarrollar gran cantidad de vegetales y animales que forman parte de la cadena alimentaria y constituyen la riqueza de la biodiversidad, por lo que también deben ser protegidos.
- El suelo es la base física de las edificaciones, sean viviendas, industrias, lugares de recreación, sistemas de transporte o sitios para disposición de residuos. También, es fuente de materias primas como arcillas, arena, grava y minerales.
- Finalmente, el suelo alberga una importante herencia cultural, representada por tesoros arqueológicos y paleontológicos, que son una fuente única de información que debe ser mantenida como un testimonio de la historia de la tierra y de la humanidad.

En los últimos años se ha puesto énfasis en el establecimiento de medidas preventivas con el fin de reducir o eliminar la descarga de materiales extraños al medio ambiente; sin embargo, la contaminación por prácticas pasadas conocida como pasivo ambiental persiste aun en muchas ocasiones.

Con base en lo anterior, y ante la inmensa superficie de zonas afectadas por la actividad humana, surge la necesidad de tomar acciones para controlar la dispersión de contaminantes y buscar su eliminación. En los últimos años se han desarrollado técnicas para la restauración de suelos, sin embargo, dado que cada sitio dañado constituye una problemática particular, se requiere (i) el establecimiento de criterios generales y (ii) el acopio de gran cantidad de información para decidir cómo controlar y eliminar los contaminantes para cada caso en particular.

Restauración

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la 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”. Esta definición está dirigida a las acciones que permiten devolver al suelo su actividad biológica como soporte para el crecimiento de especies vegetales en un medio natural, situación que no aplica íntegramente, por ejemplo, a suelos de uso industrial o de vías de comunicación, ya que carecen de una actividad biológica y, en la mayoría de los casos, es prácticamente imposible favorecerla.

En el contexto anterior, y especialmente para los suelos contaminados de uso industrial, como restauración se entenderá el conjunto de acciones tendientes a

disminuir el riesgo a la salud y al ambiente en general. En el lenguaje cotidiano han surgido varios sinónimos, entre ellos los más comunes se encuentran: remediación, limpieza, saneamiento, recuperación y rehabilitación. De éstos, el más utilizado es remediación y aunque es un anglicismo, este término tiene amplia difusión como un sinónimo de éstas actividades. Este GDT propone que se utilicen los términos de restauración o saneamiento.

Elementos para elegir una técnica de restauración

Para la elección de una técnica de restauración existen elementos básicos que deben ser tomados en consideración, entre ellos están:

- Comprender la función que desempeña el suelo en el sitio afectado
- Conocer lo mas completamente posible el problema de contaminación con información reciente
- Identificar la técnica de restauración más apropiada, y conocer sus ventajas, desventajas y limitaciones
- Definir claramente el uso que se le dará al suelo después de su restauración.

Los dos primeros puntos están dirigidos básicamente a la caracterización del sitio, la cual se hace de manera cualitativa y cuantitativa, para conocer la magnitud del daño causado por la contaminación, el riesgo que se deriva por efecto de la misma, así como las necesidades de restauración. Este trabajo requiere de conocimiento experto, tiempo y recursos; se debe realizar con estricto apego a la Guía de Evaluación de Daños que se presenta al final de este documento como anexo II.

La práctica de la restauración ha dejado como enseñanza que entre mayores esfuerzos sean dedicados a la caracterización del sitio, mayor conocimiento se tendrá del problema de contaminación y la probabilidad de resolverlo será mayor.

Por lo que respecta a las técnicas de restauración, existen disponibles una gran variedad de opciones, sus variantes y combinaciones de ellas. Antes de describirlas, es conveniente establecer los requisitos que deben cumplir para que sean consideradas ambientalmente aceptables.

- Deben reducir efectiva y cuantificablemente la concentración de los contaminantes como respuesta directa de su aplicación
- No deben transferir íntegros los contaminantes de una matriz a otra, o de un medio a otro.
- Deben ser irreversibles, esto es, no permitir que los contaminantes, después de cierto tiempo, vuelvan a reaparecer en el lugar como si nada se hubiera hecho

- No deben crear mayores disturbios ambientales que los propios de la contaminación
- Deben ser tecnologías integrales que incluyan el tratamiento de los residuos en caso de que sean generados.
- No deben aumentar los volúmenes de entornos afectados a través de la dilución.

Clasificación de las técnicas de restauración

A nivel mundial se han desarrollado un gran número de opciones de restauración para suelos contaminados, mismas que se pueden clasificar de diferentes maneras. Una de las clasificaciones más comunes se realiza con base en su principio de funcionamiento; así, se tienen técnicas biológicas, fisicoquímicas y térmicas. Otra clasificación se basa en el efecto sobre los contaminantes. De esta manera se tienen técnicas de retención, extracción, separación y destrucción. En la práctica las dos clasificaciones mencionadas son válidas e incluso complementarias.

Clasificación de técnicas de restauración de acuerdo a su principio de funcionamiento

Biológicas: biorrestauración, fitorrestauración, etc.

Fisicoquímicas: solidificación, estabilización, extracción de vapores, etc.

Térmicas: desorción por inyección de vapor, incineración, etc.

Clasificación de técnicas de restauración con base en su efecto sobre los contaminantes

Retención: confinamiento en celdas, barreras impermeables, fijación, etc.

Extracción o separación: filtración por carbón activado, lavado con agentes tensoactivos, extracción de producto libre, extracción de vapores, etc.

Destrucción: biorrestauración, fitorrestauración, incineración, etc.

Elementos que definen el éxito de una restauración

Al hablar del éxito de la restauración, pueden existir diversos enfoques, entre ellos:

- Alcanzar los niveles de limpieza establecidos por las autoridades
- Reducir el riesgo a la salud y al ambiente
- Reducir niveles de contaminación, sin importar el efecto sobre el suelo mismo y los alrededores del sitio
- Alcanzar los objetivos en el mínimo tiempo posible
- Realizar los trabajos al menor costo posible

De estos enfoques, los dos primeros, alcanzar niveles de limpieza y reducir el riesgo a la salud y al ambiente, son los primordiales para las autoridades. Aspectos como el costo y el tiempo de ejecución, a pesar de que no son elementos técnicos, en muchos casos son tomados como base para la toma de decisiones en trabajos de restauración, esto aumenta la probabilidad de fracaso.

Características generales de algunas técnicas de restauración

En la medida que se identifiquen las ventajas, desventajas y limitaciones de las diferentes técnicas disponibles se podrá hacer una adecuada selección. A continuación se mencionan algunas de las técnicas más comunes.

Biorrestauración.- *Está basada en la degradación de compuestos orgánicos hasta bióxido de carbono, mediante la actividad de microorganismos vivos que los utilizan como fuente de carbono y energía. Funciona únicamente en suelos y cuerpos de agua donde los contaminantes son biodegradables o biotransformables, o bien, cuando se trata de compuestos inorgánicos bioacumulables o biotransformables que están presentes en cuerpos de agua en movimiento. No funciona para compuestos orgánicos recalcitrantes, porque no son biodegradables. La biorrestauración tiene la desventaja de requerir lapsos muy largos, y que no aplica en casos donde los materiales geológicos son impermeables o hay presencia de compuestos que afectan la actividad metabólica de los microorganismos como los metales pesados y otros agentes biotóxicos.*

Incineración.- *Es la completa destrucción térmica de los contaminantes de tipo orgánico, por lo que constituye una solución efectiva para suelos con alta concentración de contaminantes. El problema es que el suelo también se pierde con la incineración y que las cenizas resultantes deben ser tratadas como un residuo peligroso para su disposición final. Otra desventaja es su alto costo, que incluye operación y transporte hasta donde está instalado el incinerador, así como los costos del confinamiento final del residuo.*

Desorción térmica.- *Es únicamente aplicable a compuestos que pueden desorberse del suelo al aplicar calor, por ejemplo algunos hidrocarburos o*

plaguicidas. Esta técnica debe ir acompañada de otra operación unitaria para la recuperación y tratamiento de los vapores y gases de salida.

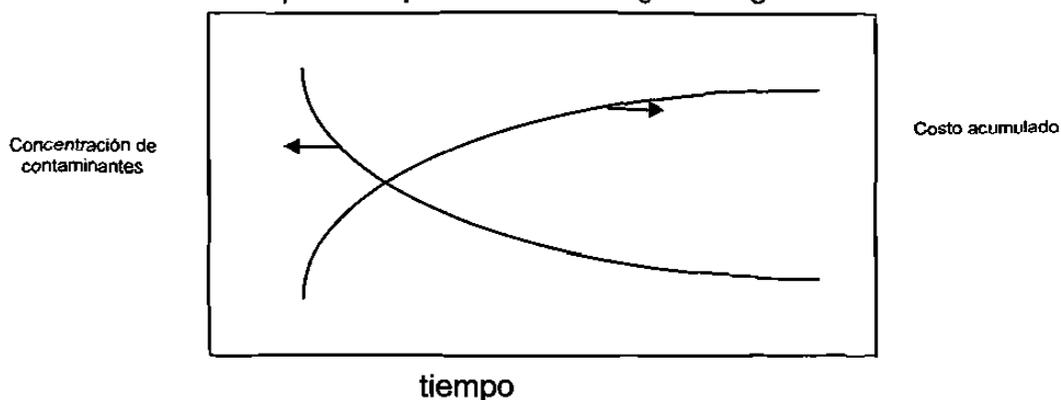
Extracción de vapores.- Esta técnica es útil cuando los contaminantes son volátiles alojados en el subsuelo como gases o adsorbidos a la fase sólida. Esta técnica también debe ir acompañada de una operación unitaria para el tratamiento de vapores y gases de salida antes de su descarga a la atmósfera.

Filtración por carbón activado.- Normalmente se aplica acoplada a otra operación, principalmente a la extracción de vapores del subsuelo o al bombeo de agua subterránea contaminada. Tiene una alta eficiencia, ya que los contaminantes quedan inmovilizados en el carbón activado. Una vez que se agota su capacidad de adsorción, el carbón activado debe ser sometido a tratamiento antes de su disposición final y reemplazarse por carbón activado limpio, o bien ser dispuesto como residuo peligroso.

Estabilización.- Son técnicas desarrolladas para inmovilizar contaminantes en el suelo mediante reacciones químicas, algunas de ellas se conocen como microencapsulación. Son aplicables solamente a algunos contaminantes y en algunos casos el suelo pierde sus características originales, quedando un material inerte. Para estas técnicas es todavía necesario realizar estudios a períodos largos, debido a las posibilidades de lixiviación. El proceso de encapsulamiento con cemento, cal y arena para hidrocarburos se considera inaceptable para el restauración de suelos contaminados con estos.

Solidificación.- Es la mezcla de suelos contaminados con materiales cementantes. Aquí conviene mencionar que únicamente se ha aplicado a suelos contaminados con combustóleo; sin embargo, es también necesario dedicar esfuerzos para el estudio a lapsos largos para establecer la irreversibilidad de la técnica.

Por lo que se refiere a costos, todo proceso de restauración de suelos tiene un comportamiento similar al que se representa en la siguiente gráfica.



Gráfica de Costos, tiempos y concentraciones de contaminantes.

La concentración de contaminantes baja notablemente al inicio. Después la disminución ocurre de manera más lenta hasta que los cambios en la concentración son mínimos. Mientras tanto, el costo acumulado va siempre en aumento. El momento en que la restauración resulta incosteable debe ser previsto con anticipación, sobretodo cuando la concentración de contaminantes está lejos de los límites de limpieza establecidos. Si esto llegara a ocurrir, la única solución es buscar otra estrategia de restauración.

De lo anterior se concluye que el aspecto más importante durante la restauración de un sitio, es conocer la concentración mínima de contaminantes que se alcanza con la técnica de restauración elegida, la cual debe ser congruente con los límites de limpieza establecidos para el sitio en particular.

Esta no pretende ser una lista de referencia o exhaustiva de las características de las técnicas de restauración. Para mayor información, consultar la bibliografía especializada correspondiente.

Técnicas y métodos para análisis químicos

Como se mencionó anteriormente, las sustancias que más frecuentemente se derraman son hidrocarburos tales como petróleo crudo, combustóleo, diesel, así como gasolinas Premium, Magna y Nova. Por ello, se reconoció la necesidad de definir los métodos de análisis que les son aplicables, a fin de establecer cuales de ellos se recomiendan en función de sus ventajas y limitaciones. Una ventaja adicional desde el punto de vista legal es que los resultados obtenidos pueden ser comparables entre sí.

El petróleo está constituido por aceites crudos y una gran variedad de productos refinados. Los aceites crudos varían en composición química, viscosidad, gravedad específica y otras propiedades físicas. Su color va de amarillo pardo a negro. Su viscosidad varía de una sustancia que fluye libremente a una que apenas se vierte. La gravedad específica de la mayor parte de los aceites crudos oscila de 0.73 a 0.95 g/cm³. Algunos de los productos refinados se vuelven más densos y viscosos y contienen menos compuestos volátiles a medida que su clasificación numérica aumenta, pero su gravedad específica siempre es menor a la del agua.

Composición química del petróleo

El petróleo crudo es una mezcla compleja de miles de compuestos orgánicos. La mayoría de ellos son hidrocarburos, entre los que destacan alcanos, cicloalcanos, alquenos e hidrocarburos aromáticos. Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno y de

acuerdo a la proporción de los mismos se dividen en: (i) alcanos, con fórmula general $C_n H_{(2n+2)}$, pueden ser lineales o ramificados; (ii) alquenos, con fórmula $C_n H_{2n}$, cuando poseen únicamente una doble ligadura entre dos átomos de carbono, o $C_n H_{(2n-2)}$, cuando están presentes dos dobles ligaduras carbono-carbono; (iii) cicloalcanos en los cuales los átomos de carbono saturados, CH_2 forman anillos de 3,4,5,6,7,... átomos de carbono; de igual forma pueden tener una o más dobles ligaduras; y (iv) hidrocarburos aromáticos en los cuales los átomos de carbono forman anillos, en los que cada átomo de carbono contiene un átomo de hidrógeno y una doble ligadura; el tamaño de anillo más común es de seis átomos de carbono.

Los compuestos aromáticos pueden tener más de un anillo, los cuales comparten dos átomos de carbono; así, pueden ser bicíclicos, tricíclicos, además, pueden ser lineales o formar ángulos. Cuando tienen más de dos anillos se les denomina hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA's).

El petróleo crudo como tal, tiene pocos usos. Para poder ser utilizado de manera más variada se debe separar en fracciones. Al proceso de separación en fracciones por intervalos de punto de ebullición se le denomina "Refinación del Petróleo" y consiste en una destilación fraccionada a presión ordinaria o al vacío. En la tabla 8.1 se muestran las fracciones más comunes, indicándose su composición, el número de átomos de carbono que contienen, los compuestos que la integran, el nombre de cada fracción, el intervalo de punto de ebullición (PE) al que se destila y los usos típicos para los que se aplica.

TABLA
Fracciones típicas obtenidas por destilación del petróleo crudo

Fracción	PE (°C)	Composición aproximada	Usos mas frecuentes
Gas	Hasta 20	Alcanos con uno a cuatro átomos de carbono CH_4 a C_4H_{10}	Para sintetizar otros compuestos y como combustible
Éter de Petróleo	20-70	C_5H_{12} , C_6H_{14}	Disolventes y aditivos
Gasolina	70-180	Alcanos de C_6H_{14} a $C_{10}H_{22}$	Combustibles para motores
Turbosina	180-230	$C_{11}H_{24}$ a $C_{12}H_{26}$	Combustible para aviones
Diesel ligero*	230-305	$C_{13}H_{28}$ a $C_{17}H_{36}$	Combustible para hornos, calentadores y motores a diesel
Aceites pesados y lubricantes ligeros*	305-405	$C_{18}H_{38}$ a $C_{25}H_{52}$	Combustible para generadores de electricidad, aceite lubricante
Lubricantes	405-515	Alcanos superiores Más de C_{25}	Lubricantes, grasas, ceras sólidas, grasas lubricantes, jalea de petróleo
Residuo sólido	-	-	Asfalto para aislantes y caminos

Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos, HPA's

Son hidrocarburos aromáticos con dos o más anillos de carbono que pueden tener grupos diferentes unidos a los anillos. Los compuestos van desde naftaleno ($C_{10}H_8$, dos anillos) al coroneno ($C_{24}H_{12}$, siete anillos).

Los aceites crudos contienen de 0.2 a 7% de HPA's, cifra que aumenta a medida que aumenta la gravedad específica del producto. En general, los HPA's tienen baja solubilidad en agua, altos puntos de ebullición y de fusión y baja presión de vapor. Al aumentar el peso molecular la solubilidad disminuye, los puntos de ebullición y de fusión aumentan y la presión de vapor disminuye.

La mayor parte de los HPA's se forman mediante procesos de descomposición térmica de las moléculas orgánicas y la recombinación subsecuente de partículas orgánicas (pirólisis). La combustión incompleta de materia orgánica produce HPA's en ambientes de alta temperatura (500-800 °C). Todas las formas de combustión, excepto los gases inflamables bien mezclados con el aire, producen algunos HPA's. El someter el material orgánico a bajas temperaturas (100-300 °C) por periodos prolongados, también deriva en la producción de HPA's.

Persistencia

El petróleo crudo derramado en suelo en bajas cantidades se degrada por fotooxidación y acción microbiana, mientras que parte del mismo se evapora; por su alta viscosidad prácticamente no penetra hacia el subsuelo. Hay poca literatura acerca de los tiempos de vida media del petróleo crudo en suelos, pero está regida por el tipo de matriz, disponibilidad de oxígeno, temperatura e integridad del terreno. La persistencia se incrementa al aumentar el peso molecular; la vida media es de menos de dos años para el naftaleno y más de diez para el coroneno. Los aromáticos de alto peso molecular, como el benzopireno y el perileno, se producen en los incendios forestales, y pueden ser detectados en suelos de bosques hasta cinco años después.

Técnicas Analíticas

Existe una gran variedad de técnicas analíticas que son de utilidad para determinar las cantidades de hidrocarburos presentes en un medio determinado; sin embargo, sólo se mencionarán aquellas de uso más común.

Cromatografía

La cromatografía es una técnica analítica que sirve básicamente para separar los componentes de una mezcla de sustancias e identificarlos con estándares adecuados. Lo que particulariza a la cromatografía de otros métodos químicos y físicos de separación, es que en ésta se ponen en contacto dos fases inmiscibles, una fase móvil y la otra estacionaria. Al introducir la muestra en una fase móvil a una columna empacada con una fase estacionaria, los componentes de la muestra van teniendo interacciones (de partición) entre las dos fases. Si las fases se seleccionan adecuadamente, los componentes de la muestra se van separando gradualmente y van avanzando con la fase móvil, de tal manera que, al final del proceso, se obtiene cada uno de los componentes de la muestra en orden creciente de interacción con la fase estacionaria.

Hay diferentes tipos de cromatografías, dependiendo principalmente del estado físico de las fases móvil y estacionaria, que se combinan con diferentes detectores, según las sustancias que se desean identificar. Para el análisis de

hidrocarburos la cromatografía mas apropiada es la de gases acoplada a masas, pues con ella se cuantifican los compuestos orgánicos volátiles en diferentes tipos de matrices sólidas y en agua.

El método 8260 de la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU (EPA) se basa en el procedimiento de purga y trampa con cromatografía de gases acoplada a masas (CG/EM). Esta técnica es de gran utilidad para la caracterización de compuestos específicos, por ejemplo, benceno, tolueno, etilbenceno, xileno y muchos otros compuestos volátiles más, como los hidrocarburos halogenados. El límite de detección práctico depende del contaminante a medir.

Espectroscopía de infrarrojo

La espectroscopía en infrarrojo ha sido la técnica instrumental más utilizada para la determinación de las estructuras de los compuestos orgánicos. Su principal utilidad radica en la identificación de grupos funcionales.

El espectro en el infrarrojo es característico de cada producto químico, se emplea para establecer la identidad de los compuestos y para revelar la estructura de cualquier sustancia pura.

La espectroscopía se basa en el hecho de que una molécula vibra constantemente, sus enlaces se alargan y contraen como resortes, pueden tener movimiento de tijera y de giro. La absorción de la luz infrarroja produce cambios en los estados vibracionales de energía de una molécula. La radiación infrarroja comprende la porción del espectro electromagnético entre las microondas y la luz visible.

El método 418.1 de la EPA, y sus equivalentes, utilizan la técnica de infrarrojo para la medición de hidrocarburos de petróleo, extraídos con hexano de suelos, aguas superficiales y salinas, residuos industriales y domésticos, y sedimentos. Aunque también puede aplicarse para la medición de combustibles ligeros, no se recomienda para estos casos, debido a que se puede perder cerca de la mitad de cualquier gasolina presente durante la manipulación en la extracción.

Entre las ventajas del infrarrojo están la rapidez en cuanto a la preparación de la muestra, lectura y evaluación; también se requiere de poca cantidad de la misma, la cual se puede recuperar. Pero un solo tipo de determinación espectroscópica no es, por lo general, suficiente para la caracterización de un compuesto orgánico, por lo que cuando se utiliza en combinación con otra técnica como la resonancia magnética, se obtienen mejores resultados, sobretodo cuando se trata de un hidrocarburo. Estas técnicas son de mayor utilidad con productos puros. Cuando se trata de mezclas, su uso es más limitado, su interpretación requiere de gran experiencia y del uso de diferentes

sustancias tipo, por lo que solo se recomienda para la determinación de los Hidrocarburos Recuperables de Petróleo.

Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA)

La EAA es una técnica selectiva y sensible que puede determinar cerca de 70 elementos que se encuentran como componentes menores o traza en la muestra (en concentraciones de hasta partes por millón). La muestra se introduce por un capilar para hacerla llegar a una flama donde se evapora el disolvente, se disocia la sal y el elemento se reduce al estado basal, quedando apto para absorber la energía de determinada longitud de onda que proporciona, generalmente, una lámpara de cátodo hueco.

Métodos analíticos recomendados

Después de analizar la pertinencia y disponibilidad de los métodos de laboratorio ofertados en México, el GDT llegó a la conclusión que los métodos analíticos presentados en la tabla 8.2 son los que han sido probados y que técnica y económicamente es viable su aplicación a nivel nacional. Los métodos de laboratorio presentados en esta tabla son solo de referencia genérica, las especificaciones de laboratorio aplicables para cada caso en particular son notificadas por Profepa de manera oficial al interesado.

Tabla
Métodos analíticos recomendados para hidrocarburos en suelos

Contaminante	Parámetro indicador	Método analítico
Gasolina	Hidrocarburos base gasolina	EPA 8015B
Gasolina	BTEX's	EPA 8040 EPA 8060 EPA 8020 / 8021 EPA 8260 524.2 / 624 EPA S2 846
Gasolina	Benceno	EPA 8240 EPA 8260B
Diesel, turbosina, kerosene, aceites lubricantes, vaselinas y aceites combustibles ligeros	Hidrocarburos base diesel	EPA 8015B
	Hidrocarburos poliaromáticos	EPA 8310 EPA 8100 EPA 8270
Aceite gastado, Combustóleo, Petróleo crudo Emulsiones Asfalto Parafina	Hidrocarburos recuperables de petróleo	EPA 418.1 ASTM 3921

Para otros contaminantes como bifenilos policlorados se recomienda el método EPA 8080 y para plaguicidas el método EPA 8270.

Posteriormente el GDT decidió trabajar sobre los llamados Inorgánicos Tóxicos (Metales Pesados), como los contaminantes de suelo de mayor interés sobretodo por sus características toxicológicas. Los métodos para análisis químicos que les son aplicables son:

Espectrofotometría de Absorción Atómica

La Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) de flama es una técnica muy específica y sensible; se pueden determinar concentraciones del orden de ppm (partes por millón). Se basa en el hecho de que un átomo requiere de una cantidad de energía a cierta longitud de onda para pasar de su estado basal a uno excitado y viceversa. Esta energía es específica y característica para cada elemento, por ello la concentración de los átomos de un elemento analizado se

puede calcular con base en la cantidad de luz que el átomo ha absorbido; en esto se fundamenta la especificidad del método.

Tomando en consideración que es necesario poner en disolución a la muestra para su análisis; y que cada muestra, dependiendo de su naturaleza, requiere de un tratamiento específico, se hace referencia a un método de digestión particular, apropiado al tipo de muestra y a cada uno de los analitos.

Para algunos elementos como el arsénico y el mercurio se requiere un generador de vapor o hidruros, con el cual se aumenta el límite de detección. En otras ocasiones, cuando se tiene muy poca muestra, se usa un horno de grafito. En ambos casos se pueden cuantificar especies químicas en concentraciones del orden de partes por billón.

Para el mercurio igualmente que para el arsénico y el selenio, (tomando en cuenta que tienen una presión de vapor significativa aún a temperatura ambiente), existe la posibilidad de que se pierda o volatilice durante la preparación de la muestra con una metodología diferente a la mencionada; por lo que resulta adecuada la técnica de EAA con vapor frío. Debido a que el mercurio es un elemento altamente tóxico aún a bajas concentraciones, es muy importante su correcta cuantificación, la cual se logra aplicando esta técnica.

Indudablemente existen otras técnicas que permiten la determinación de los elementos totales en el suelo, sin embargo la EAA ofrece algunas ventajas como son: la selectividad (diferencia perfectamente bien a cada uno de los elementos); la sensibilidad (se logran determinar concentraciones del orden de partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb)), para cada analito se define el procedimiento para determinarlo libre de interferencias, el tiempo de análisis varía para cada caso, pero es menor que para otras técnicas.

Espectroscopía de ultravioleta-visible

Los cianuros se pueden determinar mediante la técnica de espectroscopía ultravioleta-visible (UV-V) o potenciométricamente con electrodo selectivo. En ambos casos es necesario tener la muestra disuelta. No obstante se sugiere utilizar la técnica UV-V trabajando en la región del visible (colorimetría) en donde la muestra presenta una banda de absorción característica la cual aparece a 582 nm, ya que puede ser cuantificada con mejor precisión y a concentraciones más pequeñas.

Cromatografía

Los compuestos orgánicos como acrilamida, acrilonitrilo e hidrocarburos monoaromáticos totales se encuentran en el suelo, normalmente en series homólogas, de tal manera que, para su análisis, se requiere de una técnica

sofisticada como la cromatografía de gases acoplada a masas. Esta técnica es la única que permite separar componentes orgánicos de una muestra compleja a través de la cromatografía para identificarlos después de la espectrometría de masas.

En la tabla siguiente, se presentan de manera general los métodos analíticos que ya han sido probados y que técnica y económicamente es viable su aplicación a nivel nacional, para la medición de Inorgánicos Tóxicos (Metales Pesados).

Tabla de Métodos analíticos recomendados para Inorgánicos Tóxicos (Metales Pesados) y otros en suelo

Contaminante	Método analítico
Plomo total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7420)
Arsénico total	Espectrofotometría de absorción atómica-generación de hidruros (EPA 7061)
Bario total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7080)
Cadmio total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7130)
Mercurio total	Espectrofotometría de absorción atómica-vapor frío (EPA 7471)
Níquel total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7520)
Selenio total	Espectrofotometría de absorción atómica-generación de hidruros (EPA 7741)
Zinc total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7950)
Cromo total	Espectrofotometría de absorción atómica-aspiración directa (EPA 7190)
Cianuros	Colorimetría (EPA 9010A)
Acrilamida	Cromatografía de gases-espectrometría de masas con purga y trampa (EPA 8260B)
Acrilonitrilo	Cromatografía de gases-espectrometría de masas con purga y trampa (EPA 8260B)
Plomo orgánico	Pendiente
Hidrocarburos monoaromáticos totales (Aromina+otros disolventes)	Cromatografía de gases-espectrometría de masas con purga y trampa (EPA 8260B)

En el caso particular del Cromo se podrá solicitar la determinación de Cromo Hexavalente Cr^{6+} por el método EPA 7196 (Espectrofotometría UV-Visible) con digestión alcalina por el método EPA 3060A, cuando exista duda sobre las rutas de exposición por inhalación, contacto dérmico e ingestión.

Para el caso de Metales Totales, se deberá solicitar el método de digestión EPA 3050B (Digestión Ácida) o el método EPA 3051 (Digestión Ácida por Microondas).

En todos los casos se deberá solicitar el pH de las muestras.

Para el caso de Cianuros, se deberá solicitar el método de digestión EPA 9013 (Extracción de Cianuros).

Para la determinación de Metales Totales, excepto Mercurio, se podrá optar por el uso del método EPA 6010A (Técnica de Emisión por Plasma (Inductively Coupled Plasma "ICP")).

Para las mediciones inicial y de seguimiento de los contaminantes en suelo, se deberá usar, invariablemente, el mismo método de laboratorio.

De cada 5 a 7 muestras de suelo contaminado, se tomará una muestra control (de suelo no contaminado o testigo, con las mismas características granulométricas de la zona de estudio), que deberá ser analizada de la misma manera que las muestras de suelo contaminado.

II. Guías para Evaluación de Daños Ambientales

Proceso para la Evaluación de Daños Ambientales

El proceso que sigue un incidente típico de liberación de sustancias peligrosas al ambiente tiene, en teoría, la siguiente secuencia:

FASE 1

- I. INCIDENTE**
- II. DAÑO DE LOS CONTENEDORES EN DONDE SE ALMACENAN O TRANSPORTAN LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS**
- III. LIBERACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS HACIA EL MEDIO AMBIENTE**
- IV. ATENCIÓN DE LA EMERGENCIA**
- V. CONTROL DE LA EMERGENCIA**
- VI. REPORTE DEL INCIDENTE A LA PROFEPA**
 - a) EVALUACIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES**

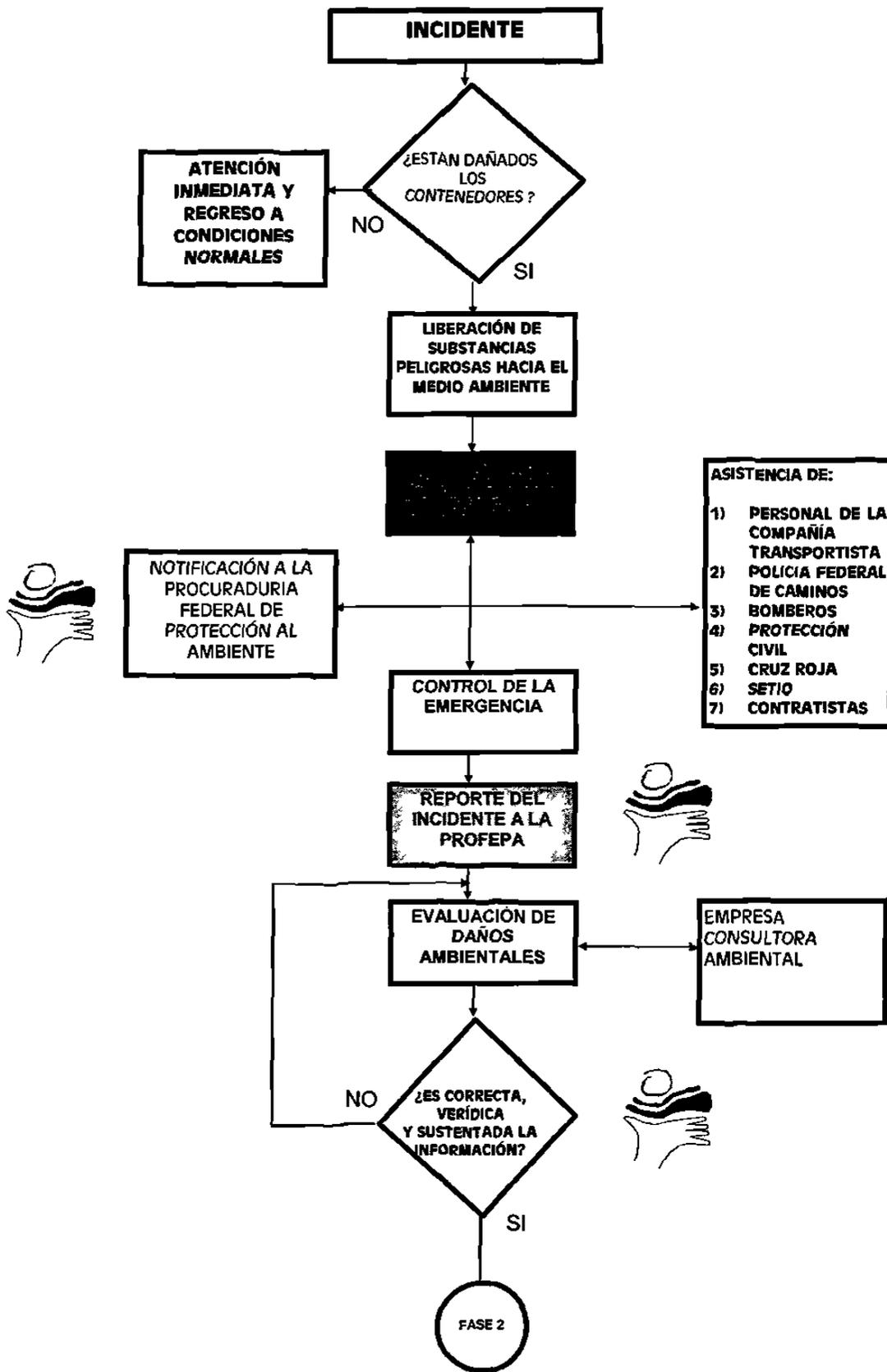
FASE 2

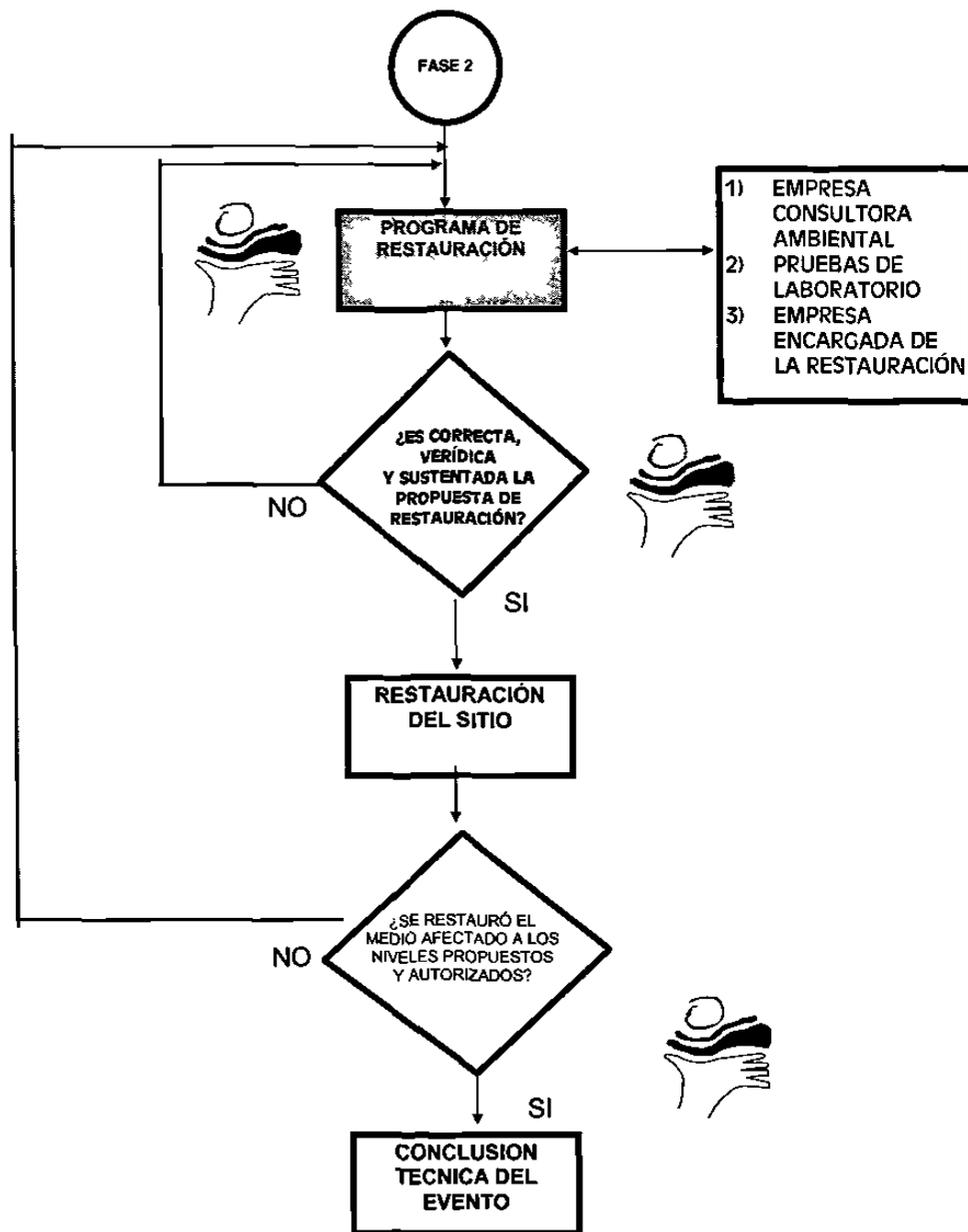
- b) PROGRAMA DE RESTAURACIÓN**
- VII. RESTAURACIÓN DEL SITIO AFECTADO**

La secuencia arriba mencionada se divide de manera arbitraria en dos fases:

Fase 1.- Abarca los puntos I a V, durante el transcurso de ellos el desempeño en la atención de la emergencia determinará el grado de afectación. Una vez que haya sucedido esto, es obligación del responsable presentar ante la PROFEPA el punto VI a) Evaluación de Daños Ambientales.

Fase 2.- Abarca el punto VI b y el VII. El Programa de Restauración y su ejecución son consecuencia de la Evaluación de Daños, por lo que no podrán iniciarse hasta que haya finalizado dicha evaluación. El programa deberá contener los niveles de restauración propuestos junto con la metodología a utilizar, y sólo podrán ejecutarse una vez que la PROFEPA los haya autorizado.





El procedimiento de atención y seguimiento de emergencias ambientales deriva necesariamente de la instauración de un procedimiento a través del cual se imponen medidas de seguridad.

Contenido de la Evaluación de Daños Ambientales

Después de ocurrido el incidente, el responsable de afectar al medio está obligado a cumplir con lo establecido en los siguientes artículos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente modificada el 13 de diciembre de 1996.

Artículo 15: fracción IV.- Quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar al ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales.

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 139: Toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en los suelos se sujetará a lo que disponga esta Ley, la Ley de Aguas Nacionales, sus disposiciones reglamentarias y las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría.

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.

Para esto, se deberá presentar la Evaluación de Daños correspondiente teniendo como plazo máximo de ejecución el que tenga a bien determinar la Delegación de la PROFEPA en la jurisdicción correspondiente. La evaluación deberá contener cuatro capítulos:

1. Localización.
2. Caracterización del sitio.
3. Descripción de los daños o afectaciones.
4. Acciones de emergencia.

El responsable de la afectación deberá llenar los formatos tratando siempre de completar la mayor información posible, evitando que la falta de alguna información sea motivo para no entregar o diferir la entrega del mismo.

Localización

En este apartado se debe mostrar la información gráfica que ayude a determinar, con la mayor exactitud posible, la ubicación del evento. Para ello se elaborarán tres planos de localización en los siguientes niveles.

- Plano de Ubicación Estatal (Primer nivel, cualitativo).

Este plano constará de un mapa de la región o zona de interés. Deberá estar a escala y, si el accidente sucedió cerca de un centro de población, deberá aparecer el trazo de calles y avenidas principales. Si el evento sucedió fuera de alguna población, esto es, en alguna carretera, autopista, vía de ferrocarril o en un ducto, el plano deberá señalar a escala las zonas poblacionales cercanas. Las principales vías de comunicación se indicarán con escudos representando la clave nacional de vías de la SCT. El lugar afectado se indicará con un círculo, de ser posible, con su posición geográfica en minutos y segundos de latitud y longitud (Ver plano 1).

Si existen cuerpos de agua importantes, deberán aparecer en el plano. En la esquina superior derecha se señalará el Norte y, de ser posible, la dirección del viento dominante.

- Plano de Ubicación Subregional (Segundo nivel, cuantitativo).

Este plano constará de un mapa a escala adecuada que detalle la zona de afectación. Por medio de iconos se señalarán las escuelas, hospitales u otros puntos de interés. Además, se presentarán los datos necesarios para la ubicación expedita del sitio, tales como el kilometraje de la carretera, el nombre del paraje o poblado cercano o aquella información que facilite la ubicación (Ver plano 2).

Si existen cuerpos de agua importantes, deberán aparecer en el plano. En la esquina superior derecha se señalará el Norte y, de ser posible, la dirección del viento dominante.

- Plano de Ubicación Local (Tercer nivel, cualitativo).

En este plano se representará el lugar afectado y las colindancias de este, indicando las escuelas, hospitales, casas habitación, restaurantes u otros puntos de interés en un radio no mayor de 2 km. Señalar con la mayor exactitud

posible la ubicación del evento y, de poder conseguirse, las coordenadas geográficas (Ver plano 3).

También a escala se presentarán:

- La zona de afectación al suelo.
- La zona de exclusión (que es la zona de máxima contaminación, donde sólo pudo haber entrado y actuado el personal debidamente protegido y autorizado).
- Los puntos de control de acceso.
- Los puntos de muestreo del contaminante derramado.

Si existen cuerpos de agua importantes, deberán aparecer en el plano. En la esquina superior derecha se señalará el Norte y, de ser posible, la dirección del viento dominante.

Caracterización del sitio

En este apartado se deberá presentar la información relativa al sitio en donde sucedió el evento, con la finalidad de describirlo de la manera más completa posible. Esta información será la base de la evaluación de los daños. Se debe incluir la presencia de cuerpos de agua y demás componentes del medio ambiente que pudieran haber sido afectados.

La información se deberá presentar al mayor detalle posible, ya que servirá para determinar el grado de afectación y las posibles consecuencias a corto, mediano y largo plazos que pudiera conllevar el incidente. Se sugiere considerar la inclusión de la siguiente información:

- Climatología y meteorología

Temperatura ambiente

Presión barométrica

Precipitación pluvial

Velocidad y dirección del viento

Intemperismos severos

Esta información se puede obtener a través del Servicio Meteorológico Nacional de la Comisión Nacional del Agua.

- Hidrología

Cuerpos de agua superficial, afluentes y corrientes principales de los cuerpos receptores Nivel del manto freático (en caso de existir).

Esta información se puede conseguir indistintamente en la Comisión Nacional del Agua o en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Se deben incluir los usos del agua superficial y subterránea en la región.

- Topografía

Curvas de nivel del sitio
Accidentes topográficos

Esta información también se puede conseguir en el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Cuando la gravedad del incidente lo amerite la Delegación de PROFEPA solicitará un levantamiento topográfico del sitio y su descripción geológica.

- Edafología

Tipo de suelo
Perfil litológico
Permeabilidad del suelo
Uso actual y potencial del suelo

- Vegetación

Tipo y cobertura de la vegetación existente

En caso de existir, se deberá de presentar el uso autorizado del suelo con base en su vocación, determinado en el Plan de Ordenamiento Ecológico o en documentos equivalentes. La información recabada en este apartado debe ser vaciada en el plano de ubicación local con el fin de proveer una visión completa del sitio afectado.

- Fauna

Señalar el tipo y los efectos percibidos en el ecosistema por la liberación de los materiales o residuos peligrosos. Determinar si se vieron afectadas especies faunísticas características de la zona, de interés comercial, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción, así como especies de animales dañados.

Descripción de los daños

En este apartado se presentan las descripciones cualitativas y cuantitativas de los daños ocasionados por el evento. Es necesario hacer énfasis que, al ser la

base de los programas de restauración, estas descripciones deben ser lo más exhaustivas posible, teniendo como objetivo primordial la cuantificación de los volúmenes afectados de agua, suelo o vegetación.

En el plano de ubicación local deben estar localizados los puntos de muestreo seleccionados y los valores encontrados en el laboratorio. Se debe presentar el programa de muestreo y las profundidades muestreadas. Los puntos de muestreo deben ser seleccionados de tal forma que sean representativos del derrame y de la restauración, ya que, para verificar los niveles aprobados, se deberán muestrear los mismos puntos.

No se debe soslayar que los resultados de los muestreos reportados deben presentarse en los formatos originales de los laboratorios responsables, mismos que deben presentar la firma del responsable y el número de identificación del laboratorio en el Sistema Nacional de Laboratorios de Pruebas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Además se debe declarar el método de análisis utilizado y sus límites de detección. Para mayor facilidad se propone el formato N° 1 para presentar las descripciones de los daños al ambiente. El uso de este formato es optativo, sin embargo, si se usa otro formato, éste deberá contener como mínimo, la información requerida en el formato propuesto.

Este formato es una lista de chequeo en la que aparecen los componentes del medio y en las que se deberán marcar aquéllos que se han visto afectados. Se debe marcar el tipo de evento (fuga, derrame, explosión o fuego) y, de ser posible, realizar una simulación del mismo, e indicar las características del modelo empleado. Además, deben reportarse las concentraciones de los productos derramados y vaciar esta información en el plano de ubicación local.

Se deja un apartado para la información de la sustancia involucrada en cuanto a su volumen y demás información pertinente. Se solicita asimismo la Hoja de Seguridad correspondiente.

Se debe hacer especial énfasis en las características de los cuerpos de agua superficial presentes o del nivel freático posiblemente afectado, medir el posible cambio en la calidad del agua y las repercusiones en sus usos posteriores, sobre todo si se destina para riego o consumo humano.

La información presentada en este apartado debe corresponder plenamente con lo asentado en los planos de localización. Por último hay espacio suficiente en el formato para asentar las observaciones a las que haya lugar.

Nº DE REPORTE: FECHA EVENTO:
 FECHA REPORTE:

**(FORMATO PROPUESTO) DEBERÁ PRESENTARSE EN HOJAS
 MEMBRETADAS DE LA EMPRESA RESPONSABLE
 FORMATO 1**

I. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S) (anexar HDS)						
NOMBRE(S) COMÚN(ES)		NOMBRE(S) QUÍMICO(S)				
SINÓNIMO(S)		CLASE (C/U)	Nº CAS (C/U)	Nº NACIONES UNIDAS (C/U)		
SUSTANCIA(S)			PORCENTAJE(S)		CANTIDADES	
			TOTAL		TOTAL	
II. DESCRIPCIÓN DE LAS AFECTACIONES						
FENÓMENO OCURRIDO	CUANTIFICACIÓN (ANEXAR DATOS DEL SIMULADOR. METODOLOGÍA EMPLEADA TABLA DE RESULTADOS)		NÚCLEOS AFECTADOS (CENTROS POBLACIONALES, ZONAS NATURALES, RESERVAS PROTEGIDAS, ETC.)			
FUGA (CONDICIONES DE TRANSPORTACIÓN)	LITROS O KILOS. PRESIÓN DE TRANSPORTACIÓN. EXTENSIÓN AFECTADA.					
DERRÁME	LITROS O KILOS EXTENSIÓN AFECTADA (m ²)					
EXPLOSIÓN	TONS DE TNT ONDAS DE CHOQUE (PSIA) AREA DE AFECTACIÓN					
FUEGO	RADIACIÓN EMITIDA (BTU/hft ²) AREA DE AFECTACIÓN					
II.1 MEDIO IMPACTADO			SI	NO		
AIRE						
AGUA						
SUELO						
II.2 DESCRIPCIÓN DETALLADA Y OBJETIVA DEL ESCENARIO DE DAÑO (SE INCLUIRÁ LA DESCRIPCIÓN CUANTIFICACIÓN Y TIPO DE UNIDADES BIOLÓGICAS DESTRUIDAS: ANIMALES Y PLANTAS)						
II.3 DAÑOS A LA POBLACIÓN	SI	NO	NÚMERO	SEXO	EDAD	OCUPACIÓN
DEFUNCIONES						
INTOXICADOS						
LESIONADOS						
EVACUADOS						
DAÑO A DIVERSAS POBLACIONES						

III. ESTIMACIÓN DE DAÑOS MATERIALES (DESCGLOSADOS)	PRECIO		FUENTE	
III.1 USOS DE SUELO DE LA ZONA AFECTADA	TOTAL		FUENTE	
ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL ÁREA			FUENTE	
III.2 CENTROS DE INTERÉS CIRCUNVECINOS (ESPECIFIQUE)	SI	NO	UBICACIÓN	
ESCUELAS				
HOSPITALES				
CENTROS RELIGIOSOS, MUSEOS, MONUMENTOS, CENTROS CIVILES				
CENTROS DE PRODUCCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE ALIMENTOS				
ÁREAS VERDES				
FAUNA ACUÁTICA				
ZONAS GANADERAS				
ZONAS ECOLÓGICAS PROTECIDAS O ZOOLOGICOS				

INSTRUCTIVO DE LLENADO

• I. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S)

El Responsable deberá anotar los datos de las sustancias que fueron liberadas al medio, de ser posible se anexará la hoja de seguridad (HDS) de acuerdo al anexo 3 de la NOM-114-STPS-1994.

En caso de que el incidente involucrara varias sustancias se anotará el porcentaje, la cantidad de cada uno y el total de sustancia liberada.

• II. DESCRIPCIÓN DE LAS AFECTACIONES

Para esta sección es necesario el uso de paquetes computacionales para eventos de FUGA, DERRAME, EXPLOSIÓN Y/O FUEGO o metodología técnica con el fin de cuantificar el daño. No se aceptarán estimaciones de carácter personal o *a priori*. Se deberá anexar copia de la corrida del paquete simulador y las especificaciones de éste. En caso de tratarse de una metodología, favor de incluir la secuencia lógica y hojas de cálculo. En un plano a escala se incluirán las áreas de afectación del evento.

II.1 Se declarará en las líneas siguientes los medios que fueron impactados.

II.2 Posteriormente se describirá el escenario de daño de manera técnica. Se cuantificarán las unidades biológicas afectadas y se anexarán fotografías de la zona.

II.3 Si el evento afectó a la población se deberá llenar el recuadro posterior.

• III. ESTIMACIÓN DE DAÑOS MATERIALES

En caso de haber sucedido, se deben desglosar cada daño provocado por el incidente y, de ser posible, su monto, así como la fuente consultada para esta estimación. No se aceptarán estimaciones de carácter personal o *a priori*.

III.1 Se asentarán los usos de suelo de la zona afectada y la fuente consultada.

III.2 Posteriormente se declararán los centros de interés circunvecinos especificados en un anexo a este formato (en un radio de 2 Km).

- Nombre del centro
- Actividades desarrolladas
- Ubicación
- Censo biológico (seres vivos)
- Posible medio de afectación.

Acciones de emergencia

Como ya se mencionó, en el caso de accidentes que involucren materiales peligrosos, el cuidado, la evaluación completa, el análisis y la respuesta inicial al accidente pueden hacer la diferencia entre una emergencia controlada eficaz y eficientemente y un verdadero desastre ambiental. Las acciones de contención, limitación de acceso y recuperación del producto derramado son necesarias, sin embargo, éstas no deben confundirse con las acciones de restauración, mismas que sólo podrán ser iniciadas cuando PROFEPA lo autorice.

Igual que en el apartado anterior, se sugiere el formato N° 2 para presentar las acciones de emergencia tomadas para atender el siniestro. Aquí deben también incluirse aquellas acciones tomadas por los servicios asistenciales (Bomberos, Cruz Roja, etc.) y por los organismos de Protección Civil.

Nº DE REPORTE:

FECHA EVENTO:

FECHA REPORTE:

**(FORMATO PROPUESTO) DEBERÁ PRESENTARSE EN HOJAS
MEMBRETADAS DE LA EMPRESA RESPONSABLE
FORMATO 2**

I. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) UNIDAD(ES) ACCIDENTADA(S)							
TIPO DE VEHICULO:	DE	AUTO TANQUE		CARRO TANQUE		DERECHO DE VÍA	MARÍTIMO
I.1 ESPECIFICACIÓN DE AUTOTANQUE							
NÚMERO DE UNIDADES INVOLUCRADAS	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN	NÚMERO DE EJES Y LLANTAS	LONGITUD Y PESO BRUTO VEHICULAR			
I.2 ESPECIFICACIÓN DE CARROTANQUE							
I.3 ESPECIFICACIÓN DEL DERECHO DE VÍA							
I.4 ESPECIFICACIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO:							
II. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) VÍA(S) DE TRANSPORTE INVOLUCRADA(S)							
II.1 CARRETERAS							
NÚMERO DE CARRETERA:	KILÓMETRO				TIPO DE CARRETERA		
ORIGEN	DESTINO						
ESTADO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	COLONIA				
SITIO CONOCIDO COMO:							
II.2 FÉRREAS							
NÚMERO DE VÍA FERREA	KILÓMETRO						
ORIGEN	DESTINO						
ESTADO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	COLONIA				
SITIO CONOCIDO COMO:							
II.3 DERECHOS DE VÍA							
NÚMERO DE DERECHO DE VÍA (DDV):	KILÓMETRO DEL DUCTO (PROPIO O DE REFERENCIA)				DIÁMETRO		
ORIGEN	DESTINO						
ESTADO	MUNICIPIO	LOCALIDAD	COLONIA				
SITIO CONOCIDO COMO:							

III. RESPUESTA Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA

III.1 DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE EVENTOS QUE PROVOCARON EL INCIDENTE

III.2 DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DE LA EMERGENCIA:

III.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN Y DECISIONES PARA ATENDER Y CONTROLAR LA EMERGENCIA:

INSTRUCTIVO DE LLENADO

- **I. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) UNIDAD(ES) ACCIDENTADA(S)**

El responsable deberá declarar el tipo de transporte de sustancias peligrosas que se vio involucrado en el incidente. De cada uno de estos (si aplica) se deberá describir las especificaciones (identificación, placas, dimensiones, peso bruto, etc.)

- **II. IDENTIFICACIÓN DE LA(S) VÍA(S) DE TRANSPORTE INVOLUCRADO(S)**

El Responsable deberá anotar los datos de las vías de transporte en las cuales sucedió el incidente.

- **III. RESPUESTA Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA**

III.1 En este punto se declarará la secuencia de eventos que propiciaron el incidente.

III.2 En este punto se declarará la secuencia de eventos de la emergencia.

III.3 En este punto se declarará la secuencia de decisiones tomadas durante la emergencia.