

*MANUALES PARA REGULAR LOS RESIDUOS
CON SENTIDO COMÚN*

MANUAL 2

*Contaminación por Residuos: Prevención
y Remediación*

Dra. Cristina Cortinas de Nava

2002

Contenido

MANUALES PARA REGULAR LOS RESIDUOS.....	i
CON SENTIDO COMÚN.....	i
Dra. Cristina Cortinas de Nava.....	i
Contenido.....	i
Prólogo.....	v
Fundamentación.....	vii
Objetivos del Manual.....	xi
Objetivos.....	xi
CAPÍTULO 1.....	13
El suelo en México	13
y su afectación.....	13
1.1. Aspectos generales sobre los suelos	14
_____ y su afectación.....	14
Conclusión.....	41
CAPÍTULO 2.....	42
La protección jurídica	42
de los suelos.....	42
2.1. El suelo desde la perspectiva constitucional	43
_____ y ambiental.....	43
2.2. La prevención y control de la contaminación	46
_____ de los suelos.....	46
_____.....	46
2.3. Normas Oficiales Mexicanas.....	53
2.4. Norma Oficial Mexicana sobre sitios destinados	56
_____ a la disposición final de residuos.....	56
2.5. Lecciones.....	60
Conclusión.....	62
Residuos y suelos en planes.....	63
y programas.....	63
3.1. Planeación del desarrollo.....	64
3.2. Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988	65
_____ y Programa Nacional de Ecología 1984-1988.....	65
3.3. Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 y Programa	68
_____ Nacional para la Protección del Medio Ambiente	68
_____ 1990-1994.....	68
3.4. Plan Nacional de Desarrollo 1994-2000	72

_____ y Programa de Medio Ambiente 1995-2000.....	72
3.5. Programa para la Minimización y Manejo Integral	75
de los Residuos Industriales Peligrosos en México	75
1996- 2000.....	75
3.6. Plan Nacional de Desarrollo	76
2001-2006.....	76
3.7. Programa Nacional de Medio Ambiente.....	81
_____ y Recursos Naturales 2001-2006.....	81
3.8. Lecciones.....	89
Conclusión.....	90
CAPÍTULO 4.....	91
El suelo como sistema	91
ecológico y aliado.....	91
4.1. El suelo como sistema.....	92
4.2. Principales componentes del suelo.....	95
4.3. Propiedades físicas	100
_____ y físico-químicas del suelo.....	100
4.4. Papel de los seres vivos	107
_____ en el sistema suelo.....	107
4.5. Manejo de elementos tóxicos	113
_____ y contaminantes en el suelo.....	113
4.6. El papel de las enzimas.....	116
_____ que constituyen el suelo.....	116
4.7. Utilidad de copiar el manejo de desechos.....	117
_____ por la naturaleza.....	117
4.8. Lecciones.....	121
Conclusión.....	122
CAPÍTULO 5.....	123
Remediación de sitios	123
contaminados por residuos.....	123
5.1. Importancia de los suelos para la protección	126
_____ de las aguas subterráneas.....	126
5.2. Nociones sobre peligro y riesgo.....	128
Enfoques seguidos en otros países.....	131
_____ para caracterizar y remediar sitios	131
_____ contaminados.....	131
5.4. Valorización de sitios remediados.....	146
5.5. Formación de lixiviados.....	154
5.6. Lecciones.....	154
Conclusión.....	156

<u>CAPÍTULO 6.....</u>	<u>157</u>
<u>Bases para legislar la remediación.....</u>	<u>157</u>
<u>de sitios contaminados.....</u>	<u>157</u>
<u>6.1. Exposición de motivos</u>	<u>158</u>
<u>6.2. Objeto y ámbito de aplicación de las leyes</u>	<u>170</u>
<u> que cubran la remediación de sitios</u>	<u>170</u>
<u> contaminados.....</u>	<u>170</u>
<u>Principios a considerar al legislar la remediación.....</u>	<u>172</u>
<u> de los sitios contaminados.....</u>	<u>172</u>
<u>6.4. Definiciones.....</u>	<u>173</u>
<u>Competencias, mecanismos</u>	<u>177</u>
<u> de coordinación y convenios.....</u>	<u>177</u>
<u>De la prevención de la contaminación de sitios</u>	<u>182</u>
<u> con materiales y residuos y su remediación.....</u>	<u>182</u>
<u>Conclusiones.....</u>	<u>196</u>

Prólogo

El presente manual constituye el segundo de la serie de “Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común” y ha sido elaborado con el propósito de brindar apoyo a los legisladores y a todos los interesados en fortalecer el marco legal en la materia, prestando un énfasis particular a las medidas para prevenir la contaminación ambiental por residuos, así como para reducir los riesgos a la salud y al ambiente que pueden llegar a constituir los sitios contaminados por ellos.

El propósito anterior, tiene su origen en las disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la cual identifica a la disposición de los residuos como una de las principales causas de la contaminación del suelo y plantea criterios a seguir para prevenir y controlar dicha contaminación, mediante la minimización de la generación y el manejo ambientalmente adecuado de los residuos. Este último aspecto constituye un elemento básico de las leyes ambientales estatales y de los reglamentos municipales que emanan de ellas y que regulan el manejo de los residuos desde una perspectiva ambiental.

Sin embargo, la revisión cuidadosa y analítica de las disposiciones contenidas en la LGEEPA y en las leyes estatales basadas en dicha ley marco, hacen ver que carecen de elementos que normen el desempeño ambiental de los particulares y del Estado a través de prescripciones de carácter obligatorio, que indiquen medidas a seguir, susceptibles de verificación y de obtención de resultados medibles, en cuanto a la protección del suelo y a su remediación cuando ha sido contaminado por los residuos. Dichos ordenamientos tampoco incluyen normas de gestión que establezcan procedimientos administrativos para inventariar los sitios contaminados, caracterizarlos, evaluar sus riesgos, informar a las autoridades competentes al respecto, planear su remediación y obtener la aprobación para realizar dicha remediación, conforme a procedimientos sustentados legalmente.

Para llenar los vacíos regulatorios a los que se hace referencia, se ha considerado indispensable poner al alcance de los legisladores y de los tomadores de decisiones conceptos básicos, que permitan entender la importancia del suelo y las razones que han llevado a establecer bases legales para prevenir y controlar su contaminación, así como a determinar cuál es el objeto de la remediación de los suelos contaminados y qué criterios se deben seguir para llevarla a cabo. La complejidad del problema ha llevado también a revisar las experiencias de otros países en la materia, a fin de contar con un marco para evaluar y, en su caso, reorientar los esfuerzos nacionales a este respecto.

Este manual ha sido elaborado por la Dra. Cristina Cortinas de Nava, quien es asesora del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México (PVEM) y autora de la serie de manuales de la que éste forma parte, así como del libro intitulado “Hacia un México sin Basura. Bases e Implicaciones de las Legislaciones sobre Residuos”, que sirvió como una exposición de motivos amplia para integrar la iniciativa de Ley General para la Prevención y la Gestión Integral de los Residuos”, que fue presentada en la Cámara de Diputados el 27 de noviembre de 2001 y aprobada por unanimidad el 25 de abril de 2002 por dicha Cámara. En esta Ley, se incorporaron aspectos básicos para regular la prevención de la contaminación de suelos y su remediación, por lo cual el contenido de este manual adquiere particular interés para quienes participen en esta actividad regulatoria.

Dip. Fed. Bernardo de la Garza
Coordinador del Grupo Parlamentario
del PVEM en la Cámara de Diputados

Fundamentación

¡Vale más prevenir que remediar!

La humanidad está aprendiendo tarde que es más fácil y menos costoso evitar la contaminación ambiental que remediar los sitios contaminados, particularmente cuando son los residuos los causantes de dicha contaminación.

La contaminación provocada por los residuos tiene múltiples dimensiones, ya que abarca el deterioro del aire, del agua, del suelo y de las cadenas alimentarias; asimismo, rebasa la esfera local, puesto que las sustancias contaminantes contenidas en los residuos, pueden movilizarse desde los sitios donde éstos han sido depositados hasta grandes distancias, que no sólo rebasan la esfera municipal o estatal, sino que pueden ir más allá de las fronteras de los países en donde se liberaron al ambiente.

Además, la contaminación ambiental provocada por los residuos conlleva riesgos de distinta índole, pues no sólo es capaz de hacer perder su productividad a los suelos en los que se depositan y de alterar de manera casi irreversible la calidad del agua, sino que también puede provocar daños a la salud humana de distinto grado de severidad, poner en riesgo a los ecosistemas y afectar el valor de las propiedades vecinas a los sitios contaminados, por citar algunos de esos riesgos.

A pesar de que hace más de veinte años diversos países, entre los cuales se encuentra México, han planteado la necesidad de evitar la generación de los residuos, de reciclarlos para recuperar su valor, de tratarlos para disminuir su volumen y peligrosidad y no confinar más que una mínima proporción de ellos en condiciones que limiten la posibilidad de que puedan contaminar al ambiente y ocasionar daños, por lo general, son poco significativos los avances logrados en la materia, pues las estadísticas indican que sigue prevaleciendo el confinamiento como la forma más frecuente de manejo de los residuos y el volumen de éstos sigue creciendo inexorablemente y de manera alarmante.

Ante esa situación, los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), como México, se han comprometido a multiplicar sus esfuerzos para reforzar sus políticas, ordenamientos jurídicos y programas, para incentivar ante todo y de manera enérgica, la prevención de la generación de residuos y el aprovechamiento de los materiales contenidos en ellos.

Al identificarse que el confinamiento de los residuos no constituye una solución definitiva, sobre todo tratándose de rellenos sanitarios húmedos o semihúmedos, pues existe el riesgo de que los contaminantes contenidos en ellos se movilicen fuera de dichas instalaciones infiltrándose en los suelos, afectando los cuerpos de agua subterráneos, e incluso deteriorando la calidad del aire, se han vuelto más rigurosas y restrictivas las regulaciones relativas a este tipo de forma de manejo. También se ha dado el caso de que se prohíba el confinamiento de los residuos o se establezcan impuestos para desincentivarlo; lo cual está conduciendo al desarrollo de nuevas tecnologías para la disposición final de los residuos que eviten la formación de lixiviados y de gases, particularmente los que tienen efecto de invernadero (como el metano) y se asocian al cambio climático mundial.

Por tales razones, el presente manual centra su atención en la prevención de la contaminación de los suelos y en la protección de éstos, como un medio para proteger los cuerpos de agua de abastecimiento, la salud humana y los ecosistemas, así como el valor de las propiedades.

Con tal propósito el manual se ha organizado a manera de proporcionar en su primer capítulo, una idea de cuál es la situación de los suelos en México, de cómo se han visto afectados por el manejo y disposición inadecuados de los residuos, y de los avances logrados a la fecha en la atención a este problema.

El segundo capítulo plantea cuál es el régimen jurídico bajo el cual se busca proteger al suelo en nuestro país y prevenir y controlar su contaminación, resaltando sus fortalezas y debilidades.

En el tercer capítulo, se describen los planteamientos hechos en los planes nacionales de desarrollo en los últimos 19 años respecto de la protección de los suelos y la gestión de los residuos, y cómo se han incorporado en los Programas del Sector Ambiental acciones a realizar en relación con estos aspectos, destacando el hecho de que han sido pocos los avances, entre otros, al dejarse de lado los problemas de raíz que están detrás del pobre desempeño de la gestión en la materia.

En el cuarto capítulo se presta particular atención a describir los aspectos más relevantes de la composición y funcionamiento de los suelos, que los hacen considerar como un ecosistema, y cuyo entendimiento es crucial para los tomadores de decisiones responsables de protegerlos, ya que no se pueden establecer políticas, programas y regulaciones en la materia si no se entiende la complejidad del suelo, su gran variabilidad y los factores que inciden en su vulnerabilidad ante los efectos adversos que pueden ocasionar los residuos.

En el capítulo quinto, se incluye la consideración a aspectos relacionados con la remediación de los suelos contaminados con residuos y mención a las experiencias y estrategias seguidas en otros países para atender este problema, las cuales permiten apreciar la complejidad del tema y pueden servir como marco de referencia para fortalecer la capacidad de México en este campo, tanto a nivel federal como estatal y municipal.

En el capítulo sexto y último, se describen algunos aspectos que pueden servir de base para el desarrollo de una legislación general marco, en base a la cual sustentar la caracterización, evaluación del riesgo y remediación de sitios contaminados por residuos a nivel nacional.

En este manual, al igual que se hizo en el que le antecedió, se ha incluido como caso de estudio, el análisis de las disposiciones jurídicas contenidas en las leyes ambientales del Distrito Federal y el Estado de México, así

como en los reglamentos relacionados con la gestión de los residuos, a fin de identificar oportunidades para fortalecer el régimen jurídico en la materia con un enfoque preventivo y que atienda a las particularidades de la Zona Metropolitana del Valle de México, la segunda ciudad más grande del mundo.

Asimismo, se ha incluido en los anexos información que se espera pueda ser útil para la obtención de composta a partir de la materia orgánica contenida en los residuos, para el desarrollo de rellenos sanitarios secos, para la identificación de parámetros que determinan la calidad del agua de consumo humano y para la formulación de políticas públicas en la materia.

Desde la perspectiva metodológica, la presentación de la información contenida en diversos de los capítulos de este manual, se ha realizado a manera de resaltar cuál es el “estado” que guarda el ambiente en México, respecto de la contaminación real o potencial por residuos, cuáles son las “presiones” que las diferentes actividades que lleva a cabo la sociedad están ejerciendo sobre el ambiente, sobre todo, las relacionadas con la generación y las formas de manejo de los residuos, así como cuál es la “respuesta” gubernamental y social ante los problemas ambientales que ocasionan esas presiones.

Es decir, se ha usado como marco de referencia, el modelo de “estado/presión/respuesta” que se emplea en la Organización para la Cooperación Ambiental y el Desarrollo Económico (OCDE), de la cual forma parte México, para evaluar la situación del ambiente y el desempeño de la gestión ambiental en sus países miembros. Con ello, se espera resaltar las relaciones existentes entre estos tres aspectos, así como determinar qué tanto la respuesta gubernamental y social a los problemas ambientales que están ocasionando la generación y manejo de los residuos es apropiada, eficaz y efectiva, a manera de identificar oportunidades para mejorar esa respuesta, en particular, a través de la revisión y adecuación del marco regulatorio en la materia.

Objetivos del Manual

Objetivos

El presente manual tiene como objetivos los siguientes:

1. Contribuir al proceso de revisión y adecuación de las disposiciones legales que regulan la generación y manejo de los residuos, así como la protección del suelo y la prevención y control de su contaminación, contenidas en los ordenamientos legales generales, las leyes estatales y en los reglamentos municipales.
2. Proporcionar una visión panorámica de los aspectos a considerar al establecer políticas, programas y regulaciones para la protección de los suelos y la remediación de suelos contaminados por residuos.
3. Presentar de manera resumida los avances que se han logrado en materia de identificación de sitios contaminados por residuos, en su caracterización, evaluación y remediación.
4. Revisar los aspectos relevantes de las disposiciones jurídicas vigentes destinadas a la protección del suelo respecto de los riesgos de contaminación por residuos.
5. Analizar las experiencias de otros países en este campo para orientar a los tomadores de decisiones.
6. Dar a conocer los aspectos sobresalientes de la composición y funcionamiento de los suelos, en tanto que son sistemas ecológicos.
7. Ilustrar con ejemplos la forma en que se ha legislado y reglamentado la gestión de los residuos y aspectos relacionados con la contaminación de suelos y su remediación.
8. Aportar elementos que guíen a quienes están interesados en proteger el suelo y en establecer sistemas de gestión integral de residuos que sean ambientalmente eficientes, económicamente factibles y socialmente aceptables.
9. Servir de apoyo a la impartición de cursos-talleres para ofrecer entrenamiento en la elaboración de propuestas regulatorias

respecto a la gestión de residuos de jurisdicción local y a la protección de los suelos en relación con los daños que estos residuos puedan ocasionar.

CAPÍTULO 1

El suelo en México y su afectación

Para algunos mexicanos el suelo es un concepto lleno de contenidos simbólicos; hay quienes lo añoran como si fuera la patria (¡Que lejos estoy del suelo donde he nacido...!)¹ o bien, lucharon por él proclamándolo como uno de los derechos ciudadanos a garantizar (¡Tierra y Libertad!).²

Desafortunadamente, una gran mayoría de la población no ha percibido la importancia del suelo y de los servicios ambientales y de otra índole que nos presta y, de manera acelerada, están o estamos contribuyendo a su destrucción con las graves consecuencias que ello conlleva.

¹ Canción Mixteca.

² Revolución Mexicana.

Por lo anterior, en este capítulo del manual, de manera breve y sólo con fines de ilustración de la problemática de los suelos en nuestro país, se describirán a continuación algunos elementos de información que se espera llamen la atención sobre la urgente necesidad de desarrollar una política nacional, reflejada a nivel estatal y municipal, que lleve a proteger aquellos suelos que aún no han sido modificados irreversiblemente, estableciendo esquemas de protección y aprovechamiento de los mismos de acuerdo con sus aptitudes; sobre todo, en cuanto a la disposición de los residuos se refiere.

De esta manera, siguiendo el modelo de estado/presión/respuesta, se resumirán a continuación algunos elementos para delinear el estado del suelo en México y las presiones que las diferentes actividades productivas y, en particular, la disposición inadecuada de los residuos, han ejercido sobre él.

1.1. Aspectos generales sobre los suelos y su afectación

a) Estado

Los suelos son sistemas dinámicos y complejos desde la perspectiva del tiempo y el espacio, reflejándose su variación vertical en la existencia de diversas capas a las que se conoce como horizontes, dotadas de propiedades y características distintas que confieren su perfil particular a los diversos suelos. A su vez, la variación horizontal del suelo resulta de diferentes factores, entre los que se encuentran el clima, la topografía, el o los materiales a partir de los cuales se forma y la combinación de seres vivos que lo pueblan.

Entre los factores que se consideran para diferenciar los suelos con fines de clasificación, se encuentran los siguientes: abundancia de los diversos nutrientes que resultan, entre otros, del intemperismo de la roca madre que los origina; el tamaño de las partículas que los forman y la manera en la que se encuentra presente la materia orgánica (bien mezclada o

estratificada en la superficie). De las 28 categorías de suelos clasificados en el sistema FAO/UNESCO en 1988³, en México existen 24 o 25 suelos, de los cuales 10 representan el 74% de la superficie del territorio nacional, como se indica en el cuadro 1.⁴

CUADRO 1. *Principales categorías de suelos en México**

Clave	Categoría	Superficie (Millones de hectáreas)	Porcentaje
I	Litosol	29.9	14.83
K	Castanozem	29.0	14.75
L	Luvisol	17.3	8.78
Y	Yermosol	16.9	8.59
E	Rendsina	13.4	6.79
X	Xerosol	10.0	5.10
V	Vertisol	9.5	4.81
R	Regosol	9.3	4.72
T	Andosol	7.3	3.72
B	Cambisol	3.9	1.95

*De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO

Fuente: Sedesol/ INE. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico Y Protección al Ambiente 1993-1994

La distribución de las distintas categorías de suelos en las diferentes zonas ecológicas en las que se encuentra dividido el país, aparece resumida en el cuadro 2. Cabe resaltar que se considera que la península de Yucatán es un caso aparte, pues en ella abundan los suelos calizos, someros y pedregosos; este hecho, junto con la gran variabilidad de suelos de una región a otra del país mostrada en este cuadro, indican que la vulnerabilidad de éstos cambia de un sitio a otro.

b) Presión

³ Citado en: Brañes R., Manual de Derecho Ambiental Mexicano. Sección de Obras de Política y Derecho. Fundación Mexicana para la Educación Ambiental y Fondo de Cultura Económica. México, 2000. pág.373.

⁴ Ortiz V. y Ortiz S., Edafología. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 1984 (citado en: SEDESOL/INE. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1993-1994. pág. 70).

Para algunos autores, el problema del deterioro de los suelos en México tiene dos dimensiones, la que deriva de la pérdida de éstos como consecuencia de la eliminación de la cobertura vegetal y la que resulta de la contaminación de la que son objeto por la disposición inadecuada de todo tipo de residuos; cada una debe considerarse por separado en cuanto a que tienen consecuencias distintas que demandan formas particulares para llevar a cabo la restauración o remediación de los suelos.⁵

Así por ejemplo, ante la presión de las fronteras agropecuarias y urbano-industriales sobre el territorio, se han alterado de manera irreversible enormes superficies de suelo que antaño constituían ecosistemas ricos y productivos, a pesar de que los especialistas en la materia saben que la conservación de los suelos depende, en primer término, de que sean utilizados de acuerdo con sus aptitudes naturales y, en segundo, de que su manejo sea técnicamente adecuado, para evitar la pérdida de su fertilidad, es decir, de su humus y de las sustancias que lo hacen productivo, así como su degradación, erosión y desertificación. En el cuadro 3 aparecen citados los principales usos del suelo en el país.

CUADRO 3. *Principales usos del suelo en el territorio nacional*

Tipos de usos	Superficie (millones de hectáreas)	Porcentaje
Pastizales	79.9	40.8
Bosques tropicales	24.1	12.3
Bosques templados	25.5	13.0
Arbustos y matorrales	30.5	15.6

CUADRO 3 (Continúa). *Principales usos del suelo en el territorio nacional*

Terrenos agrícolas	27.3	13.9
Otros	8.5	4.3
Total	196.8	100.0

Fuente: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992.

⁵ Carabias Lillo J., Políticas para evitar el deterioro del suelo en México. Transcripción de la ponencia presentada en la Reunión Anual del Programa Universitario de Medio Ambiente sobre Conservación y Restauración de Suelos, el 26 de octubre de 1998 en el Auditorio Alfonso Caso, Ciudad Universitaria, México D.F.

Desde la perspectiva de las precipitaciones pluviales, las tierras en México se clasifican como indica el cuadro 4.

CUADRO 4. Clasificación de la tierra en México

Tipo de temporal	Millones de hectáreas	Porcentaje
Excelente	18.0	9
Bueno	22.0	11
Regular	32.0	16
Malo	123.8	64

Modificado de: Comercio Exterior Vol. 38. No. 7, julio 1998.

En cuanto a la degradación del suelo, la deforestación ha sido uno de los factores causales más significativos, si se considera que en el siglo XIX casi la tercera parte del país correspondía a tierras forestales⁶ y para la década de 1990, esta superficie se había reducido a una cuarta parte por esta razón, con el consecuente incremento de la vulnerabilidad del suelo y decremento de especies vegetales y animales, es decir, de la biodiversidad. Entre las demás causas del deterioro de los suelos se encuentran las referidas en el cuadro 5, entre las cuales se encuentra también la disposición inadecuada de los residuos.

CUADRO 5. Ejemplos de causas del deterioro de los suelos en México

<p>Erosión antropogénica. Contaminación acumulativa (por disposición inadecuada de desechos sólidos y líquidos de actividades municipales e industriales, salinización e intoxicación acumulativa debido al uso de agroquímicos). Desecación creciente y sistemática.</p>

⁶ De acuerdo con la Ley Forestal, se consideran como recursos forestales: la vegetación forestal natural, artificial o inducida, sus productos y residuos, así como los suelos de los terrenos forestales o de aptitud preferentemente forestal (Artículo 3° BIS, Fracción VII).

Utilización progresivamente inadecuada (contraria a la aptitud del suelo).

Se ha identificado a la erosión del suelo como uno de los principales promotores de la desertificación en el territorio nacional, considerándola como uno de los problemas ecológicos más severos de los recursos naturales renovables de México. Para la primera mitad de la década de 1990, de las casi 200 millones de hectáreas del territorio nacional, 154 millones estaban sujetas a diversos grados de erosión (leve y moderada 74 y 97 millones respectivamente, severa y muy severa 60 y 80 millones⁷), lo cual representa el 78.30% de la superficie del país.

Las entidades más afectadas por el problema de erosión incluyen: Oaxaca, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz, Chiapas, Nuevo León, Estado de México, Coahuila, San Luis Potosí y Michoacán.

Como consecuencia de lo anterior, sólo el 14% de la superficie cultivable se encontraba en ese entonces en óptimas condiciones para la siembra, habiéndose identificado que cerca de 400 mil hectáreas de tierra de riego enfrentaban problemas de salinización por el incremento del nivel de sales solubles que reducen su capacidad productiva. Para algunos autores, “el modelo tecnológico especializado en la agricultura resulta ecológicamente inadecuado porque, entre otras cosas, produce la erosión del suelo y el abatimiento de su fertilidad, la salinización y el agotamiento de los mantos acuíferos en las áreas de riego, la contaminación a partir de fertilizantes y plaguicidas químicos que utiliza, la disminución de la diversidad (erosión) genética de las especies cultivadas, el aumento de vulnerabilidad a nuevas plagas y enfermedades de los monocultivos extensos, o el uso cada vez mayor de insumos energéticos no renovables (petróleo y gas natural)”.⁸

Asimismo, se ha identificado a las actividades pecuarias como las responsables del cambio radical que se observa en la composición florística de los pastizales y de la reducción de la permeabilidad de los

⁷ Toledo V.M., Carabias J., Toledo C. y González-Pacheco C., La Producción Rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo Veintiuno. México. 1989

⁸ Toledo V.M., Carabias J., Mapes C. y Toledo C., Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. Siglo XXI editores. México. 1985. pág. 38.

suelos, asociada a un aumento en la escorrentía y una erosión acelerada de los mismos.⁷

1.2. Contaminación del suelo por residuos

A continuación, se abordará el tema de la contaminación de los suelos por residuos desde dos perspectivas, la potencial, que deriva del hecho de que se generen, del tipo y volúmenes generados, de la accesibilidad a infraestructura para su manejo adecuado y de las formas de manejo; así como la real, ejemplificada por los casos de identificación de sitios contaminados por residuos y la forma en que este problema ha sido atendido.

1.2.1. Potencial de contaminación por generación y manejo de residuos

Aun cuando no se ha desarrollado una clasificación de los residuos sólidos y establecido una metodología para elaborar los inventarios de generación y composición, acordada oficialmente con fines de dimensionar el universo respectivo, diferentes instituciones gubernamentales y privadas a lo largo del tiempo han realizado estudios que permiten apreciar la situación del país en esta materia.

Por ejemplo, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), realizó un estudio de proyección de la generación de los desechos sólidos que cubre el periodo 1988 al 2000 y que aparece resumido en el cuadro 6, estimando dicha generación per cápita al día y tomando en cuenta el crecimiento poblacional, con lo cual calculó que, para el año 2000, se generarían diariamente cerca de setecientos gramos por habitante y un total de alrededor de 92 mil toneladas por día a nivel nacional.⁹

CUADRO 6. *Proyección de la generación*

⁹ SEDUE. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. 1998.

*de desechos sólidos en México
1988-2000*

Año	Población (miles)	Generación	Generación	Otros (toneladas)	Generaci
1988	81,643	0.566	47,482	9,960	58,619
1992	96,240	0.613	58,962	11,792	70,754
2000	107,777	0.718	77,365	15,473	92,838

Fuente: SEDUE. Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México. 1998.

A su vez, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) estimó la generación de desechos sólidos per cápita al día en México para el año 1998, en alrededor de ochocientos cincuenta gramos, como se muestra en el cuadro 7; lo cual aun cuando es algo más elevada que la calculada por la SEDUE, indica que es inferior a un kilogramo diario y es menor a la de diversos países del continente americano o de Europa.¹⁰

Es importante hacer notar que no toda la población contribuye de igual forma a generar desechos sólidos, ya que dicha generación está relacionada

¹⁰ Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

directamente con el *ingreso per cápita y la capacidad de gasto*. Asimismo, la composición de la basura varía tanto entre sectores con ingresos diferentes, como entre las áreas urbanas y las áreas rurales.

CUADRO 7. Tasa comparativa de generación de desechos sólidos municipales en distintos países

País	Generación per cápita Kg/habitante/día
Estados Unidos de América	1.970
Canadá	1.900
Finlandia	1.690
Holanda	1.300
Suiza	1.200
Japón	1.120
Brasil (Sao Paulo)	1.350
Argentina (Buenos Aires)	0.880
Chile (Santiago)	0.870
México	0.853

Modificado de: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

De acuerdo con los datos publicados por la Secretaría de Desarrollo Social, que es la instancia del Gobierno Federal que actualmente impulsa la creación y fortalecimiento de la infraestructura y capacidades de gestión de los residuos sólidos municipales, para 1998 se generaron, a nivel nacional, alrededor de treinta millones de toneladas anuales, como se indica en el cuadro 8.

CUADRO 8. Generación anual de residuos sólidos municipales por zona geográfica

Zona	Población proyección 1998	Generación (kg/hab/día)	Generación diaria (ton)	Generación anual (ton)
Centro	51'117,711	0.788	40,281	14'702,565
Distrito	8'683,824	1.329	11,541	4'212,465
Norte	19'501,903	0.891	17,376	6'342,240
Sur	12'615,849	0.679	8,328	3'039,721
Frontera	6'347,055	0.956	6,067	2'214,455
Total Nacional	98'266,369	0.853	83,831	30'598,315

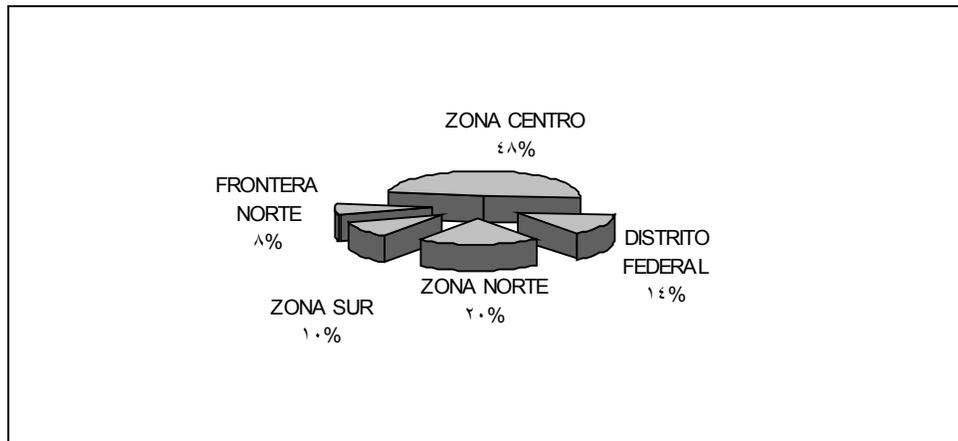
Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México. Sedesol. 1999.

La SEDESOL considera que el incremento de generación puede variar de 1 a 3% anual dependiendo de la entidad y que la Zona Centro, que reúne a los estados de Jalisco, Michoacán, Colima, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla y Veracruz, junto con el Distrito Federal, contribuyen con el 62% de los residuos generados en todo el territorio nacional (figura 1).

El estudio realizado por la SEDESOL en 1999, refiere que la composición de los residuos sólidos municipales no es homogénea en todo el territorio nacional, sino que responde a la distribución de hábitos de consumo y poder adquisitivo de la población. Por ejemplo, la composición en la zona sur del país tiene mayores contenidos de residuos de jardinería -en estados como Chiapas y Tabasco- en tanto que en las zonas urbanas éstos aparecen en menor proporción.¹¹

¹¹ Op. Cit.

FIGURA 1. *Distribución porcentual de la generación de residuos sólidos municipales en las diferentes zonas del país*



Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México. Sedesol. 1999

En el cuadro 9, se compara la generación de subproductos en las diferentes zonas del país, siendo el Distrito Federal donde se producen más cartón y plásticos, mientras que en la Zona Centro es donde se generan más pañales desechables y residuos alimenticios.

Asimismo, la SEDESOL informa que la evolución en la composición de los subproductos durante el período 1991 a 1997 muestra un incremento importante en productos reciclables como plástico, papel y vidrio, 4.57, 3.06 y 1.14% respectivamente, mientras que los residuos orgánicos -residuos de comida y jardinería, principalmente- han tenido un decremento del 7.62%.

CUADRO 9. *Composición de los residuos sólidos municipales en el Distrito Federal y en la zona centro del país en la década de 1990 (porcentajes)*

Subproducto	Centro	D.F.
Cartón	1.831	5.360
Residuos finos	3.512	1.210
Hueso	0.269	0.080
Hule	0.087	0.200
Lata	1.700	1.580
Material ferroso	0.286	1.390
Material no ferroso	0.937	0.060
Papel	13.684	14.580
Pañal desechable	6.008	3.370
Plástico película	1.656	6.240
Plástico rígido	1.948	4.330
Residuos alimenticios	38.538	34.660
Residuos de jardinera	7.113	5.120
Trapo	0.807	0.640
Vidrio de color	4.248	4.000
Vidrio transparente	5.051	6.770
Otros	12.326	10.410
Total	100.000	100.000

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G., Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México. Sedesol. 1999.

1.2.2. Formas predominantes de manejo de los residuos sólidos municipales

En el cuadro 10, se muestra que aún en los países industrializados la disposición final de los desechos sólidos en rellenos sanitarios sigue siendo muy importante, a pesar de haber avanzado en la creación de infraestructura para su reciclaje, generación de composta a partir de la materia orgánica o tratamiento térmico con o sin recuperación de energía, y se aprecia que en México predomina el entierro de los residuos a pesar de su alto potencial de reciclaje.

CUADRO 10. Tendencias mundiales de diferentes formas de manejo de los desechos sólidos (cifras expresadas en porcentajes)

País	Relleno Sanitario	Incineración	Composteo	Reciclaje
Estados Unidos	73	14	1	12
Japón	27	25	2	46
Alemania	52	30	3	15
Francia	48	40	10	2
Suecia	40	52	5	3
México	94*	--	--	6 al 10

*En el caso de México la mayor parte de la basura se deposita en tiraderos a cielo abierto.

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G. Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

Lo grave de la situación antes planteada, es que el país no cuenta con el suficiente número de rellenos sanitarios para hacer frente a la demanda que la generación creciente de residuos representa (como se muestra en el cuadro 11), de seguirse la tendencia de acordar preferencia a su entierro sobre la prevención de su generación y su reciclaje. Igualmente preocupante, es el hecho de que gran parte de los tiraderos de basura se encuentran en zonas vulnerables, principalmente, por ser áreas de recarga de los acuíferos y, en algunas Delegaciones del Distrito Federal y en diversos municipios ya no se cuenta con espacios para ubicar rellenos sanitarios.

CUADRO 11. Municipios o delegaciones con rellenos sanitarios

Localidad	Estado
Bordo Poniente	Distrito Federal
Querétaro	Querétaro
Cancún (Benito Juárez)	Quintana Roo
Puebla	Puebla
Mérida	Yucatán
Tequisquiapan	Querétaro

Localidad	Estado
Tlanepantla	Estado de México
Área Metropolitana de Monterrey	Nuevo León
Ciudad Juárez	Chihuahua
Nuevo Laredo	Tamaulipas

Fuente: Sancho y Cervera J., Rosiles G. Situación Actual del Manejo Integral de los Residuos Sólidos en México. Sedesol. 1999.

En el informe sobre “Estadísticas del Medio Ambiente” para el año 1999, INEGI-Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), incluyeron la información referida en los cuadros 12, 13 y 14, relativa a la forma en que se disponen los residuos sólidos municipales, al número de instalaciones y capacidad de disposición, así como al volumen de residuos por composición y sujetos a reciclado; con su presentación se cubren los datos más representativos disponibles al público en México y que dan una idea de la magnitud de la tarea de administración de este tipo de residuos.

CUADRO 12. *Generación de residuos sólidos municipales a nivel nacional por composición en el período 1992-1998 (miles de toneladas)*

TIPO	1992¹	1993	1994	1995	1996	1997²	1998
Papel,	3,075	3,952	4,146	4,292	4,496	4,118	4,298
Textiles	439	418	439	454	476	436	455
Plástico	878	1,230	1,290	1,336	1,399	1,282	1,338

Vidrio	1,318	1,657	1,738	1,800	1,885	1,727	1,802
Metales	659	814.6	854	884	926	848	886
Aliment	11,423	14,718	15,443	15,987	16,746	15,338	16,008
Otros	4,173	5,297	5,558	5,754	6,027	5,520	5,761
TOTAL	21,967	28,089	29,472	30,509	31,959	29,272	30,550

¹Cifras estimadas de acuerdo con los porcentajes de composición de los años posteriores con base en el total reportado para 1992, por la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento de la Sedesol.

² A partir de 1997 las cifras se ajustan con base en estudios de generación per cápita llevados a cabo en pequeñas comunidades, donde se ha encontrado que dicha generación es del orden de 200 a 350 g, cantidades inferiores a las reportadas para los años anteriores al de referencia.

Nota: Las cifras se redondearon y esto influyó en las sumas totales.

Modificado de: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. SEDESOL. 1999 y Estadísticas del Medio Ambiente. INEGI-SEMARNAP. 1999.

**CUADRO 13. Modalidades de disposición de los residuos sólidos
municipales en el periodo 1992-1998
(miles de toneladas)**

MÉTODO	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ¹	1998
Recolecci	15,377	19,662	20,630	21,357	22,371	22,539	25,854
Relleno controlad	4,641	4,935	5,058	5,952	8,573	10,269	15,877
Relleno	2,710	2,833	2,915	2,555	2,606	1,657	1,007
Tiraderos	14,465	20,129	21,297	21,796	20,564	17,125	13,458
Reciclaje	149	191	201	206	216	219	206
TOTAL	21,967	28,089	29,472	30,509	31,959	29,272	30,550

¹A partir de 1997 las cifras se ajustan con base en estudios de generación per cápita llevados a cabo en pequeñas comunidades, donde se ha encontrado que dicha generación es del orden de 200 a 350 g, cantidades inferiores a las reportadas para los años anteriores al de referencia.

²Las cifras reportadas para los años 1992, 1993, 1994, 1995 y 1996 corresponden al 70%, para 1997 al 77% y para 1998 al 84.63% del volumen total generado respectivamente, estimadas con base en información proporcionada por la Dirección General de Infraestructura y Equipamiento de la SEDESOL.

Nota: Las modalidades de disposición que se refieren al depósito de los residuos permanente en un sitio en condiciones adecuadas son sólo las correspondientes al relleno de tierra controlado.

Modificado de: Manual Técnico-Administrativo para el Servicio de Limpia Municipal. SEDESOL. 1995 y Estadísticas del Medio Ambiente. INEGI-SEMARNAP. 1999.

Modificado de: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. SEDESOL. 1999 y Estadísticas del Medio Ambiente. INEGI-SEMARNAP. 1999.

CUADRO 14. Número de instalaciones y capacidad de disposición de residuos sólidos municipales en el periodo 1992-1998.

CONCEPT	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Lugares de							
Número	79	85	87	91	92	97	97
Capacidad	7,351	7,768	7,974	8,507	11,179	11,927	16,884
Relleno de							
Controlado							
Número	13	16	16	30	31	46	66
Capacidad	4,641	4,935	5,058	5,952	8,573	10,269	15,877
Relleno de							
Número	66	69	71	61	61	51	31
Capacidad	2,710	2,833	2,915	2,555	2,606	1,657	1,007
Tiraderos a							
Número ¹	Nd						
Capacidad ²	14,465	20,129	21,237	21,796	20,564	17,125	13,458

¹El número de éstos no se tiene registrado ya que comúnmente se trata de tiraderos clandestinos.

²La capacidad para estos sitios se calcula con base en el total generado de residuos sólidos municipales, menos lo dispuesto en rellenos de tierra controlados y no controlados, menos lo "Nd" o no disponible.

Nota: La capacidad está reportada en miles de toneladas. Para los años 1997 y 1998 los rellenos de tierra no controlados han disminuido, al adecuarse con obras de ingeniería en rellenos de tierra controlados (rellenos sanitarios).

1.3. Sitios contaminados por residuos

Desde la creación de la Procuraduría Federal para la Protección al Ambiente (PROFEPA), en 1992, se inicia en México un esfuerzo sistemático por inventariar, registrar, clasificar y restaurar los sitios contaminados con residuos peligrosos, lo cual ha sido referido por este organismo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en el informe de actividades correspondiente al periodo 1995-2000.¹²

La información que se resume a continuación relativa a este tema, proviene de las actividades de promoción de auditorías ambientales voluntarias, así como del registro de accidentes en los que se liberaron al ambiente materiales y residuos peligrosos o de denuncias respecto a la disposición o abandono clandestino de los mismos.

a) Auditorías ambientales

En el cuadro 15 se indican las entidades en las cuales se realizaron auditorías ambientales a instalaciones industriales, que involucraron la identificación y restauración de suelos contaminados.

CUADRO 15. *Suelos contaminados restaurados a partir de auditorías ambientales (hasta noviembre 2000)*

Entidad	Restaurados (toneladas)	En vías de restauración (toneladas)
Aguascalientes	2	14,536
Baja California	400	5,201
Baja California Sur	240	579
Campeche	0.00	15,216
Coahuila	3,725	85,038

¹² Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000. PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

Colima	2,200	78,501
Chiapas	0.00	8,346
Chihuahua	17,482	218,971
Distrito Federal	30,000	43,265
Durango	70,768	11,015
Estado de México	28,882	85,029
Guanajuato	23,243	390,209
Guerrero	700	1,088
Hidalgo	17,467	12,126
Jalisco	592	37,038
Michoacán	144,300	27,349
Morelos	10,000	19,302
Nayarit	400	23,283
Nuevo León	205,690	19,159
Oaxaca	71,112	13,095
Quintana Roo	0.00	1,478
Puebla	188	150,186
Querétaro	1,465	4,319
San Luis Potosí	213,543	28,185
Sinaloa	84,060	55,034
Sonora	374,444	265,695
Tabasco	9,000	8,959
Tamaulipas	22,300	260,649
Tlaxcala	572	75,737
Veracruz	64,000	224,288
Yucatán	0.00	13,579
Zacatecas	0.00	12,355

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000. PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

b) Contaminación por fuga o derrame de materiales y residuos peligrosos.

En la experiencia de la PROFEPA, en el periodo 1995-2000:

- Se produjeron 3,136 eventos (1.5 por día) que representaron emergencias ambientales.

- Los estados con mayor número de eventos fueron: Veracruz (615), Tabasco (583), Campeche (232), Guanajuato (157), Chiapas (140), Coahuila (125) y Nuevo León (112).
- El 55% de los eventos ocurrieron en instalaciones de PEMEX (1,725), especialmente en sus ductos.
- El 72% de las emergencias se produjeron por accidentes en el transporte de sustancias químicas (2,258); el 19.6% en instalaciones industriales y el 8.4% en otros sitios, como tiraderos de basura a cielo abierto, presas, etcétera.
- El 59.5% de los accidentes en el transporte de sustancias se produjo en ductos, 28.6% en carreteras, 9% en vías marítimas y 2.9% en vías férreas.
- El 85.5% (2,680) de los eventos involucró fugas o derrames, 7.6% (239) incendios, 4.2% (130) explosiones, y 2.7% (87) otro tipo.
- Las sustancias más frecuentemente involucradas fueron hidrocarburos (petróleo crudo, combustóleo, diesel, gasolina, gas natural y gas L.P.), amoniaco, ácido sulfúrico, asfalto, ácido clorhídrico, cloro, mezclas de solventes y aceites gastados, principalmente.

En el periodo 1995-2000, las acciones de seguimiento de los eventos antes citados implicaron:

Medidas de seguridad	1084
Investigación del accidente	335
Evaluaciones de daños ambientales	845
Propuestas de restauración	
Ambiental	879
Estudios de riesgo	99
Programas de prevención	
de accidentes	164
Sanciones económicas	59

c) Sitios Abandonados con Residuos Peligrosos

A fin de hacer frente a los problemas que plantean, la PROFEPA estableció el “Programa para la Identificación y Atención de Sitios Contaminados con Residuos Peligrosos” e inició, en 1995, trabajos para poner en práctica este Programa, integrar el padrón de sitios y emitir las recomendaciones técnicas básicas para estructurar los planes de atención, por medio de medidas de urgente aplicación y la selección de la mejor alternativa tecnológica para su restauración.

El objetivo del programa consistió en: “La identificación y caracterización de los sitios contaminados con residuos peligrosos en el territorio nacional, con la finalidad de evaluar los daños ocasionados al ambiente y llevar a cabo una clasificación que permita identificarlos por prioridades”.

En función de su clasificación, referida en el cuadro 16, los sitios prioritarios han sido caracterizados para conocer en detalle la problemática asociada a ellos y emitir propuestas de restauración para proteger a la población y la calidad ambiental en torno a tales sitios. Para ello, se elaboraron los términos de referencia para realizar el “Inventario de Sitios Contaminados, Caracterización y Evaluación de Daños Ambientales”, que consiste en un documento que refiere la metodología para integrar estos inventarios y generar información pertinente para establecer prioridades y niveles de limpieza.

CUADRO 16. *Clasificación por grado de prioridad de los sitios contaminados y ejemplos de estos sitios*

Grupo de	Características	Ejemplos
----------	-----------------	----------

<p>A</p>	<p>Sitios con alto nivel de afectación y riesgo a la salud humana y a los ecosistemas, en función de los siguientes factores:</p> <p>Ubicación</p> <p>Naturaleza y cantidad de residuos peligrosos.</p> <p>Estos sitios requieren de acciones urgentes y a corto plazo, a fin de minimizar y eliminar sus riesgos.</p>	<p>Cromatos de México: En el Estado de México dentro de una zona densamente poblada, con suelo y acuífero contaminado con cromo hexavalente; se acumulan 70 toneladas de residuos conteniendo este metal, desde hace cerca de 30 años.</p> <p>Metrometal: En el estado de Tamaulipas, dentro de una población, hay 943 m³ de residuos que contienen plomo y arsénico.</p> <p>Metales y derivados: En Tijuana, Baja California, hay cerca de 8,500 ton de residuos y suelo contaminado con metales pesados (escoria de plomo con cadmio y arsénico), dentro de un parque industrial en el seno de la población.</p>
-----------------	---	--

CUADRO 16 (Continúa). *Clasificación por grado de prioridad de los sitios contaminados y ejemplos de estos sitios*

Grupo de	Características	Ejemplos
B	<p>Sitios con afectación moderada en los que se consideran también su ubicación y la naturaleza o cantidad de residuos.</p> <p>Requieren de acciones a corto plazo que eviten la dispersión de los contaminantes y la exposición de la población, y proceder a mediano plazo con su restauración.</p>	<p>Cortijo La Gloria: En Guanajuato, alejado de la población, hay 39 ton de residuos y suelo contaminado con cromo, pero sin contaminación de acuíferos.</p> <p>Cuisarom SA de CV: En Morelos, hay cerca de 28 ton de varios residuos peligrosos y suelos contaminados, con dispersión mínima fuera de sus instalaciones.</p>
C	<p>Sitios con bajo nivel de afectación a la población o al ambiente que requieren de un plan de seguimiento de las condiciones presentes a fin de prevenir situaciones que pudieran incrementar el grado de afectación.</p>	<p>Numerosos basureros a cielo abierto y derrames accidentales: Son casos en los que se ignora quiénes son los Responsables.</p> <p>Carretera a Peñasco: Sitio colindante con la empresa Pilgrim's, en San Luis Potosí, con 10 ton de residuos biológico-infecciosos y escorias.</p> <p>Accidente en el Km 56+400 de la Carretera México-Tuxpan:</p>

		en Hidalgo, con cerca de 486 m ³ de tierra contaminada con hidrocarburos.
--	--	---

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000. PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

1.4. Inventario de sitios contaminados

En 1995 y con ayuda de sus delegaciones estatales, la PROFEPA procedió a establecer un listado de sitios contaminados con residuos peligrosos a nivel nacional de los cuales se contaba con información general acerca del tipo y cantidad de residuos peligrosos, su problemática ambiental y social, así como su situación legal; dicho listado incluyó a 28 sitios en 15 entidades federativas.

Para 1992, el listado incluyó 59 sitios repartidos en 16 entidades, en los que predominaban los siguientes residuos: solventes, plaguicidas, azufre, metales pesados, hidrocarburos y otras sustancias químicas diversas.

Hasta noviembre 2000, se establecieron inventarios de sitios contaminados en 17 entidades (Baja California, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas). Quedan en curso la integración de los inventarios de los estados de Aguascalientes, Campeche, Michoacán y Tabasco. En el cuadro siguiente se resume la distribución geográfica de 108 sitios abandonados, agrupándolos por tipo de prioridad, como se indica en el cuadro 17.

CUADRO 17. Distribución de sitios contaminados por entidad federativa de acuerdo con su prioridad

Estado	Prioridad A	Prioridad B	Prioridad C
Baja California	2	0	0
Coahuila	0	1	0
Chihuahua	2	0	0

Estado de México	6	7	4
Guanajuato	2	2	2
Hidalgo	4	5	3
Jalisco	2	1	0
Morelos	0	1	1
Nuevo León	1	3	1
Puebla	0	2	0
Querétaro	0	2	14
San Luis Potosí	7	0	1
Sonora	1	1	0

CUADRO 17 (Continúa). *Distribución de sitios contaminados
Por entidad federativa de acuerdo con su prioridad*

Tamaulipas	2	0	1
Tlaxcala	0	0	3
Veracruz	4	3	4
Zacatecas	4	5	0
Total	38	33	34

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000. PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

1.5. Tipos de residuos detectados

Entre los residuos peligrosos presentes más frecuentes en los sitios contaminados abandonados, se encuentran los metales pesados, ya que 61 de los 108 sitios listados los contienen. Entre esos metales sobresale el plomo en 23 lugares.

Los residuos que son abandonados en segundo lugar, son los biológico-infecciosos, identificándose 30 sitios contaminados con ellos, en tanto que las escorias ocupan el tercer lugar, particularmente las generadas por el sector del hierro y el acero, observándose en 23 sitios. A su vez, en 19 sitios se abandonaron grasas y aceites usados. El cuadro 18 resume esta información.

CUADRO 18. Principales tipos de residuos peligrosos abandonados en sitios que han sido contaminados

Tipo de residuos	Número de sitios que los contienen
Conteniendo metales pesados como cromo, plomo, mercurio, arsénico, zinc o cianuro.	61
Residuos biológico-infecciosos	30
Escorias	23
Grasas y aceites usados	19
Solventes	14
Químicos inorgánicos	12
Hidrocarburos	11

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000.
 PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

1.6. Costos del confinamiento de suelos contaminados con residuos

En el cuadro 19, se refieren los costos del confinamiento de los residuos peligrosos abandonados en sitios que han sido sujetos al procedimiento de caracterización. Para fines del año 2000, estaban en proceso de caracterización los sitios encontrados en: el cementerio industrial de San Bartolomé de los Tepetates en Hidalgo, Minas Macocozac en Zacatecas, Hidrocarburos Deodorizados en Puebla, Minera el Rosario y Cuisarom en Morelos, y los rellenos sanitarios de Tultitlán y Ecatepec en el Estado de México.

CUADRO 19. *Costos estimados del confinamiento de residuos peligrosos abandonados*

Sitio	Estado	Costo total (en miles de pesos)
Metales y Derivados de México	Baja California	14,325
La Huachara	Chihuahua	11,659
Cromatos de México	Estado de México	194,750
Cortijo La Gloria	Guanajuato	530
Ejido de Pompa	Guanajuato	7,600
Los Gavilanes	Jalisco	388
Las Juntitas	Jalisco	312,411
Rolando García	Nuevo León	2,352
Periférico Sur	San Luis Potosí	13,830
Gloria Escondida	San Luis Potosí	38,076
Km 133	San Luis Potosí	241,177
Minas San Javier	Sonora	34,090

Metrometal	Tamaulipas	22,036
Noroestaño	Tamaulipas	22,036
Minas Rosicler	Zacatecas	26,775

Fuente: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. Informe 1995-2000. PROFEPA/SEMARNAP. 2000.

1.7. Lecciones

Esta breve revisión de la situación del país indica, entre otros, que:

1. El suelo se encuentra gravemente amenazado y se está perdiendo de manera acelerada por usos contrarios a su aptitud y técnicas inapropiadas de manejo, lo cual pone en riesgo no sólo a las mismas actividades productivas o a quienes lo deterioran, sino a toda la sociedad. Para dar una idea de la dimensión de la pérdida de suelo agrícola, es útil saber que para restablecer la calidad y la fertilidad de 25 centímetros de suelo que permita la agricultura, se requieren entre 100 y 2500 años de procesos naturales, lo cual lleva a considerar que el suelo es un recurso prácticamente no renovable y agotable.¹³
2. El país es un mosaico de regiones que varían en múltiples factores entre los cuales se encuentra la vulnerabilidad de sus suelos, lo cual demanda ser tomado en cuenta al determinar la forma de manejo y disposición final de los residuos que se generan en ellas.
3. El volumen de residuos generados ha ido creciendo significativamente a lo largo de los años y su composición ha cambiado de ser preponderantemente de tipo orgánico a incluir cada vez más materiales de lenta degradación, con lo cual se rebasa la capacidad del Estado de brindar los servicios correspondientes y se crea la demanda de tecnologías más complejas para el procesamiento de los residuos.
4. En las entidades en las cuales existen localidades que ya no cuentan con espacios para ubicar rellenos sanitarios, se identifica la necesidad urgente de minimizar la generación de residuos y

¹³ Federación Mundial de Ciudades Unidas. KIT Ciudades y Medio Ambiente. Guía práctica de protección ambiental para los municipios de América Latina. México. 2001. pág. 136.

desarrollar las redes de servicios de reciclaje y tratamiento alternativas.

5. En los países industrializados que iniciaron hace más de veinte años la implantación de políticas y regulaciones rigurosas tendentes a la minimización de los residuos, apenas ahora empieza a apreciarse una leve disminución en la generación y volúmenes tangibles de residuos tratados o reciclados, lo que indica que los hábitos de consumo y producción, así como los relacionados con el manejo de los residuos son difíciles de cambiar.
6. A pesar del alto potencial de reciclado de una gran parte de los residuos que se generan en el país, la mayoría tienen como destino final el entierro.
7. La disposición final de la mayoría de los residuos ocurre en tiraderos a cielo abierto.
8. El entierro de residuos orgánicos en condiciones inapropiadas conlleva el riesgo de lixiviación y formación de gases con efecto de invernadero, es decir, de contaminación del suelo, el agua y el aire.
9. Los avances logrados en la gestión de los residuos peligrosos, en materia de identificación, caracterización y restauración de sitios contaminados, muestran la gravedad y complejidad del problema, así como los altos costos que representa dicha restauración.

Conclusión

Es urgente desarrollar una política tendente a incentivar cambios en los patrones de producción y consumo, que lleve a prevenir la generación de residuos, fomentar el reúso y reciclado de los materiales contenidos en ellos y a tratarlos de manera ambientalmente efectiva, económicamente factible y socialmente aceptable, como opciones preferibles a su disposición final en sitios donde se confinan.

CAPÍTULO 2

La protección jurídica de los suelos

¡La regla fundamental para la protección de los suelos consiste en que se utilicen de acuerdo con sus aptitudes naturales y con una técnica adecuada!

A lo largo de este documento, la protección de los suelos y las implicaciones que tiene para ello la prevención de la generación, el aprovechamiento y la gestión integral y ambientalmente adecuada de los residuos, han sido abordadas siguiendo el modelo de estado/presión/respuesta, por lo que en el presente capítulo se prestará particular atención a la respuesta desde el punto de vista jurídico que el Gobierno de México ha dado a los problemas que plantea el deterioro y la contaminación de los suelos, provocados por diversas actividades entre las que sobresale la disposición inadecuada de los residuos.

Asimismo, y como en los otros capítulos, tratarán de resaltarse los avances en la materia, así como los vacíos, fallas y barreras que han interferido con

el logro de los objetivos que se persiguen tendentes a proteger el suelo, prevenir y controlar su contaminación, así como a minimizar y manejar adecuadamente los residuos.

Para el desarrollo de este capítulo, se aprovecharán las reflexiones y consideraciones realizadas respecto al tema en el Manual de Derecho Ambiental Mexicano,¹⁴ en la revisión de la legislación existente en materia de suelos en México¹⁵ y en el libro Hacia un México sin Basura. Bases e Implicaciones de las Legislaciones sobre Residuos,¹⁶ así como las contenidas en el primer manual de la serie de la que forma parte este documento.¹⁷

2.1. El suelo desde la perspectiva constitucional y ambiental

En el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se integran los principios fundamentales en los que se sustenta la regulación de los usos del suelo, el principio de la propiedad originaria de la nación sobre las tierras, contenido en el primer párrafo, y los de conservación, restauración y preservación del equilibrio ecológico, referidos en el párrafo tercero y descritos a continuación:

La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada (párrafo primero).

La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos

¹⁴ Citado en nota 3.

¹⁵ Carmona Lara M. del C., Legislación Existente en Materia de Suelos en México. En: Conservación y Restauración de Suelos. C. Siebe, H.C. Rodarte, G. Toledo, J. Echevers y C. Oleschko (Editores). Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. 1999. p.p. 541-556.

¹⁶ Cortinas de Nava C., Hacia un México sin Basura. Bases e Implicaciones de las Legislaciones sobre Residuos. Cámara de Diputados. LVIII Legislatura. Julio, 2000.

¹⁷ Cortinas de Nava C., Manual 1. Introducción y elementos de técnica regulatoria. Serie de manuales para regular los residuos con sentido común. Cámara de Diputados. LVIII Legislatura. Junio 2002.

naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad (párrafo tercero).

Estas disposiciones constitucionales hacen ver que el suelo en el país tiene como propietaria original a la Nación, la cual puede transferir esta propiedad a los particulares, y que, como recurso natural susceptible de apropiación, debe ser sujeto a medidas especiales para impedir su destrucción, este es el fundamento sobre el cual se debe desarrollar la regulación de la prevención de la contaminación de los suelos por residuos y su remediación.

Sin embargo, se debe tener presente que el texto constitucional plantea, además, que el suelo es la base para ordenar los asentamientos humanos y establecer las provisiones, usos, reservas y destinos de tierras; con lo cual es considerado también como superficie.

Estas dos dimensiones constitucionales del suelo, se ven reflejadas en la forma en que se han distribuido las competencias gubernamentales en la materia y en las confusiones legislativas a las que han dado lugar ya que, por un lado, se desarrolló el régimen de planeación de los asentamientos humanos como una vía para dar racionalidad a los procesos de expansión y transformación de las áreas urbanas y, por otro, se promovió el fortalecimiento de las autoridades municipales al reformar el artículo 115

constitucional, sin meditar su relación con dicha planeación. Para aumentar la complejidad del problema, la legislación de la protección ambiental incide en aspectos que tienen implicaciones tanto para la planeación urbana, como en la esfera de acción de los gobiernos municipales.

En estas circunstancias, es imprescindible resolver los conflictos aparentes que surgen de la interpretación de los textos constitucionales, para evitar que se conviertan en barreras para el logro del desarrollo sustentable, lo que hace indispensable que todos los aspectos jurídicos antes señalados se orienten y converjan hacia un mismo fin o sean compatibles con los fines que unos y otros persiguen.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), por su parte, señala en el artículo primero que se trata de una ley reglamentaria de las disposiciones constitucionales que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico y a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía. Dichas disposiciones son consideradas como de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- V. El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
- VI. La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

En este mismo orden de ideas, la LGEEPA define al ordenamiento ecológico como el instrumento de la política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso del suelo y las actividades productivas, a fin de lograr la protección del ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos. Se

trata en este caso de una competencia concurrente que demanda la coordinación efectiva entre las autoridades correspondientes de los tres niveles de gobierno y se apoya en un proceso inductivo que parte de la realización, en forma congruente, de los ordenamientos ecológicos locales, a fin de que se formulen los ordenamientos ecológicos del territorio en una segunda fase, para dar lugar finalmente al ordenamiento general del territorio.

Complementan las consideraciones anteriores, las disposiciones de la LGEEPA relativas al aprovechamiento sustentable, la protección y preservación de los recursos forestales, el suelo, las aguas nacionales, la biodiversidad, la flora, la fauna y los demás recursos naturales cubiertos por esta legislación.

En este contexto, la evaluación del impacto ambiental se constituye en un instrumento decisivo para el logro de los objetivos que persigue esta Ley, en la medida que establece las condiciones a las que se sujetarán la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidas en las disposiciones aplicables a la protección del ambiente y la preservación y restauración de los ecosistemas, tendentes a evitar o minimizar sus efectos negativos. Todos estos son aspectos relevantes a la regulación de la generación y manejo de los residuos de distinta índole y, en particular, a la selección de los sitios para ubicar las instalaciones para la disposición final de los mismos, así como al diseño, construcción y operación de tales instalaciones.

2.2. La prevención y control de la contaminación de los suelos

Al abordar este tema es conveniente recordar que la reglamentación del manejo de los residuos sólidos municipales ha venido desarrollándose en México, ya sea en el marco de reglamentos que regulan la administración de los servicios urbanos de limpieza, de conformidad con lo establecido en el artículo 115 Constitucional, o bien de los que regulan su manejo

ambiental, de acuerdo con las disposiciones contenidas en la LGEEPA en el capítulo relativo a la prevención y control de la contaminación del suelo, las cuales han sido incorporadas en las leyes ambientales estatales.

En estas circunstancias, lo referido a continuación sólo atenderá a las cuestiones relacionadas con la gestión ambiental de los residuos, en la medida que la legislación en la materia plantea explícitamente la necesidad de proteger al suelo, así como de prevenir la generación de los residuos y la contaminación ambiental que éstos pudieran provocar, lo que no ocurre con los enfoques regulatorios tradicionales de carácter meramente administrativo.

Asimismo, y por centrarse este documento en la protección del suelo respecto de los residuos, se piensa que es necesario tener presente que la LGEEPA en su Título Tercero, cubre el tema del aprovechamiento de los elementos naturales -entre los que incluye a los suelos- a partir del establecimiento de criterios¹⁸ para su preservación y aprovechamiento sostenible.

En el caso de los suelos, la Ley en su artículo 98, reformado en 1996, establece los siguientes criterios:

1. El uso de los suelos debe ser compatible con su vocación natural y no debe alterar el equilibrio de los ecosistemas;
2. El uso de los suelos debe hacerse de manera que mantengan su integridad física y su capacidad productiva;
3. Los usos productivos del suelo deben evitar prácticas que favorezcan la erosión, degradación o modificación de las características topográficas, con efectos ecológicos adversos;
4. En las acciones de preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, deberán considerarse las medidas necesarias para prevenir o reducir su erosión, deterioro de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural;

¹⁸ La técnica que se sigue en la LGEEPA para establecer la política ambiental nacional, consiste en definir principios en los que ésta debe sustentarse, así como criterios que son más específicos y que se enuncian inmediatamente antes de los actos de autoridad con los que deben vincularse o en los que deben aplicarse.

5. En las zonas afectadas por fenómenos de degradación o desertificación, deberán llevarse a cabo las acciones de regeneración, recuperación y rehabilitación necesarias a fin de restaurarlas; y
6. La realización de las obras públicas o privadas que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, deben incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Aunado a lo antes expuesto, la Ley en su artículo 99, también reformado en 1996, establece una vinculación explícita entre estas políticas específicas en materia de suelos y una serie de actos que emanan de autoridades gubernamentales y que están relacionados con los suelos, como los citados a continuación y que pueden ser de utilidad en relación con la prevención de la contaminación del suelo por residuos y la restauración de los suelos contaminados.

La Ley dispone, en efecto, que los criterios ecológicos antes enunciados deben ser considerados en:

- El establecimiento de usos, reservas y destinos en los planes de desarrollo urbano, así como en las acciones de mejoramiento y conservación de los centros de población;
- El establecimiento de Distritos de Conservación del Suelo; y en
- La formulación de los programas de ordenamiento ecológico a que se refiere la LGEEPA.

En cuanto a la prevención y control de la contaminación del suelo para proteger a éste (lo que de acuerdo con la Ley constituye un asunto de competencia federal), los artículos 134 a 142 establecen los criterios en los que ésta debe sustentarse y que deben ser tomados en consideración al emitir los actos de autoridad correspondientes a los que se hace mención en dichos artículos; que en el caso de las autoridades locales la LGEEPA expresa como sigue:

- Corresponde a los estados “la regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales que no estén considerados como peligrosos de conformidad con lo dispuesto en el artículo 137 de la presente Ley” (artículo 6º, fracción VI).
- Queda reservado a los municipios la facultad de aplicar “las disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos e industriales” (artículo 8º, fracción VI).
- Queda sujeto a la autorización de los municipios o del Distrito Federal, conforme a sus leyes locales en la materia y a las normas oficiales mexicanas que resulten aplicables, el funcionamiento de los sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reúso, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales.

A la Secretaría le corresponde, en relación con lo antes expuesto, expedir las normas oficiales mexicanas a que deberán sujetarse los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de los residuos citados previamente (artículo 137).

Asimismo, la Ley dispone que a la Secretaría corresponde promover la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para implantar y mejorar sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales, así como identificar opciones de reutilización y disposición final de dichos residuos, incluyendo la elaboración de inventarios de los mismos y de sus fuentes generadoras (artículo 138).

Es importante señalar que los artículos 134 a 142, al igual que los artículos 98 y 99 mencionados previamente, fueron reformados en 1996, lo cual es una clara indicación del interés de quienes intervinieron en el proceso de revisión y reforma de la LGEEPA, de contar con mejores herramientas para contender con la problemática ambiental derivada del manejo inadecuado

de los residuos de toda índole en el territorio nacional y la consecuente contaminación de los suelos.

En el artículo 134, destaca la disposición relativa a que: “en los suelos contaminados por la presencia de materiales y 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”.

Los criterios considerados en el artículo 134, algunos de los cuales fueron citados en el capítulo relativo a los Suelos en México y su Afectación, de este documento, requieren ser aplicados en los siguientes casos, conforme lo determina el artículo 135 de la Ley:

- La ordenación y regulación del desarrollo urbano;
- La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios;
- 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 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.

En el mismo orden de ideas, podría decirse que aplica a la protección del suelo la disposición del artículo 141 de la Ley, en la cual se indica que la Secretaría (actualmente la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT), en coordinación con las secretarías de Comercio y Fomento Industrial (hoy de Economía) y de Salud, deben expedir normas oficiales mexicanas para la fabricación y utilización de empaques y envases para todo tipo de productos, cuyos materiales permitan reducir la generación de residuos sólidos.

Los artículos siguientes son particularmente importantes desde la perspectiva de la prevención de la contaminación del suelo

El artículo 136 que establece que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar:

1. La contaminación del suelo;
2. Las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos;
3. Las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación; y
4. Los riesgos y problemas de salud.

El artículo 139 que establece el deber de que toda descarga, depósito o infiltración de sustancias o materiales contaminantes se sujete a las disposiciones jurídicas en la materia.

El artículo 140 que hace mención especial a los residuos de lenta degradación, respecto de los cuales prescribe que su generación, manejo y disposición final deberá sujetarse a lo que se establezca en las normas oficiales mexicanas que al respecto expida la Secretaría, en coordinación con la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Desde la perspectiva jurídica, la violación de las normas antes señaladas, contenidas en la LGEPA, puede implicar la comisión del “delito de contaminación de los suelos”, y con base en el artículo 416 del Código Penal para el Distrito Federal en Materia de Fuero Común y para toda la República en Materia de Fuero Federal, se puede sancionar con pena de tres meses a seis años de prisión y de mil a veinte mil días de multa “al que sin la autorización que en su caso se requiera, o en contravención a las disposiciones legales, reglamentarias y normas oficiales mexicanas, descargue, deposite o infiltre, o lo autorice u ordene, aguas residuales, líquidos químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes en los suelos, que ocasionen o puedan ocasionar daños a la salud pública, a los recursos naturales, a la flora, a la fauna, a la calidad del agua de las cuencas o de los ecosistemas”. En este caso, el delito se comete sin necesidad de que se provoquen los daños, basta con la posibilidad cierta de que éstos se causen, por tratarse de un delito de peligro.¹³

En cuanto a la restauración de las áreas que presentan procesos de degradación, desertificación o graves desequilibrios ecológicos, la Ley ambiental establece que se deberán formular y ejecutar programas de restauración ecológica, a fin de que se realicen las acciones necesarias para propiciar la evolución y continuidad de los procesos naturales que en ellas se desarrollaban.

Cuando por la gravedad del deterioro lo amerite, el Ejecutivo Federal expedirá y publicará en el Diario Oficial de la Federación, declaratorias para el establecimiento de zonas de restauración ecológica que serán inscritas en el Registro Público de la Propiedad correspondiente y que podrán comprender, de manera total o parcial, predios sujetos a cualquier régimen de propiedad y expresarán:

- La delimitación de la zona sujeta a restauración ecológica, precisando superficie, ubicación y deslinde.
- Las acciones necesarias para regenerar, recuperar o restablecer las condiciones naturales de la zona.
- Las condiciones a que se sujetarán dentro de la zona los usos del suelo, el aprovechamiento de los recursos naturales, la flora y fauna, y la realización de cualquier tipo de obra o actividad.
- Los lineamientos para la elaboración y ejecución del programa de restauración ecológica correspondiente, así como para la participación en dichas actividades de propietarios, poseedores, organizaciones sociales, públicas o privadas, pueblos indígenas, gobiernos locales y demás personas interesadas.
- Los plazos para la ejecución del programa de restauración ecológica respectivo.

Desde la perspectiva jurídica, el establecimiento de estas zonas da lugar a que todos los actos y convenios relativos a la propiedad, posesión o cualquier otro derecho relacionado con bienes inmuebles ubicados en las zonas que fueren materia de las declaratorias quedarán sujetos a la aplicación de las modalidades previstas en ellas y los notarios o cualesquiera otros federatarios públicos deberán hacer constar tal

circunstancia al autorizar las escrituras públicas, actos, convenios o contratos en los que intervengan, pues de otra manera éstos se considerarán nulos.

2.3. Normas Oficiales Mexicanas

Antes de referir los avances logrados en esta materia, se piensa que es preciso reiterar cuál es el propósito que persigue el establecimiento de las Normas Oficiales Mexicanas o NOM, de conformidad con la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMN) y la propia LGEEPA, lo cual se cubrió a mayor detalle en el primer manual de esta serie y aparece resumido en el cuadro 20.

Asimismo, es necesario llamar la atención acerca del hecho de que el procedimiento de elaboración de estas normas de carácter obligatorio, establecido en la LFMN, permite la participación de todos los sectores interesados, incluyendo el público general; este procedimiento demanda, sin embargo, un tiempo considerable y contar con un mínimo de conocimientos tanto de técnica normativa como de las materias sujetas a normalización. Al mismo tiempo, se debe resaltar que la citada Ley plantea que, antes de proceder a elaborar una NOM, es conveniente explorar otras formas más efectivas, menos costosas y posiblemente más fáciles para lograr los objetivos que se persiguen, pues siempre resultará más costoso establecer y hacer cumplir una NOM, por lo cual se previó la necesidad de evaluar sus posibles impactos regulatorios, a fin de asegurar que sus beneficios sean superiores a dichos costos. Asimismo, se estableció que cada cinco años se deben revisar y, en su caso, actualizar las NOM o serán derogadas.

CUADRO 20. *Fines de las Normas Oficiales Mexicanas*

Ley Federal de Metrología y Normalización	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<p>Describir las características y/o especificaciones que deban reunir los productos, procesos y servicios cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal o vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de los recursos naturales.</p>	<p>Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, metas, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en regiones, zonas, cuencas o ecosistemas, en aprovechamiento de recursos naturales, en el desarrollo de actividades económicas, en el uso y destinos de bienes, en insumos y en procesos.</p>

CUADRO 20 (Continúa). *Fines de las Normas Oficiales Mexicanas*

Ley Federal de Metrología y Normalización	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
Describir las especificaciones y/o procedimientos de envase y embalaje de los productos que puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud	Considerar las condiciones necesarias para el bienestar de la población y la preservación o restauración de los recursos naturales y
Describir las características y/o especificaciones, criterios y procedimientos: Que permitan proteger y promover el mejoramiento del medio ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los recursos naturales. Para el manejo, transporte, confinamiento de materiales y residuos peligrosos y de las sustancias radioactivas.	Estimular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo sustentable.
Describir la determinación de la información comercial, sanitaria, ecológica, de calidad, seguridad e higiene y requisitos que deben cumplir las etiquetas, envases, embalaje y la publicidad de los productos y servicios para dar información al consumidor o usuario.	Otorgar certidumbre a largo plazo a la inversión e inducir a los agentes económicos a asumir los costos de la afectación que ocasionen.

CUADRO 20 (Continúa). *Fines de las Normas Oficiales Mexicanas*

Ley Federal de Metrología y Normalización	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<p>Describir las características y/o especificaciones que deben reunir los equipos, materiales, dispositivos o instalaciones industriales, comerciales, de servicios y domésticas para fines sanitarios, acuícolas, agrícolas, pecuarios, ecológicos, de comunicaciones, de seguridad, o de calidad y particularmente cuando sean peligrosos.</p>	<p>Fomentar las actividades productivas, en un marco de eficiencia y sustentabilidad.</p>

2.4. Norma Oficial Mexicana sobre sitios destinados a la disposición final de residuos

El 23 de noviembre de 1996, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la Norma Oficial Mexicana NOM-083-ECOL-1996, que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos municipales, cuya elaboración se ajustó a las disposiciones de la Ley Federal de Metrología y Normalización.

Antes de abordar los elementos más sobresalientes de esta norma -destinada a proteger los suelos y cuerpos de agua en relación con la disposición final de residuos sólidos- es útil señalar que en el artículo 7 que trata de la observancia de esta norma, el inciso 7.1 previó que:

“Los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos municipales que operan actualmente, tienen un plazo de tres años a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación para regularizar su situación de acuerdo a los preceptos de esta Norma”.

Con ello, lo que se buscaba es que todos los tiraderos de basura a cielo abierto, fueran cerrados y todo nuevo lugar para disponer de los residuos municipales a partir de entonces, se ajustara a los requerimientos de la norma, en cuanto a las características que deberían reunir los sitios para tal fin.

A manera de introducción, en la norma se menciona que “Los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales generan lixiviados¹⁹ que contienen diversos contaminantes que pueden afectar los recursos naturales, en especial los acuíferos y los cuerpos superficiales de agua”. Dado esto, se consideró que “la aplicación de la Norma permitirá proteger el ambiente, preservar el equilibrio ecológico y minimizar los efectos contaminantes”.

Como objetivo y campo de aplicación, se determinó que:

“Esta Norma Oficial Mexicana establece las condiciones de ubicación, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales, y es de observancia obligatoria para aquellos que tienen la responsabilidad de la disposición final de los residuos sólidos municipales”.

Entre las especificaciones más importantes se encuentran las contenidas de manera resumida en el cuadro 21.

CUADRO 21. *Condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales*

Aspectos que cubren	Condiciones mínimas
---------------------	---------------------

¹⁹ Lixiviado se definió como el líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.

Restricción por Protegidas	<p>Las distancias mínimas a aeropuertos son:</p> <p>a) De 3000 m cuando maniobren aviones de motor a turbina.</p> <p>b) De 1500 m cuando maniobren aviones de motor a pistón.</p> <p>Respetar el derecho de vía de autopistas, ferrocarriles, caminos principales y caminos secundarios.</p> <p>No se deben ubicar dentro de áreas naturales protegidas.</p> <p>Se deben respetar los derechos de vía de obras públicas federales, tales como oleoductos, gasoductos, poliductos, torres de energía eléctrica, acueductos, etc.</p> <p>Debe estar alejado a una distancia mínima de 1,500 m, a partir del límite de la traza urbana de la población por servir, así como de poblaciones rurales de hasta 2,500 habitantes. En caso de no cumplirse esta restricción, se debe demostrar que no existirá afectación alguna a dichos centros de población.</p> <p>La localización de sitios de disposición final de residuos sólidos municipales, para aquellas localidades con una población de hasta 50,000 habitantes o cuya recepción sea de 30 toneladas por día, de estos residuos; se debe hacer considerando exclusivamente las especificaciones establecidas en los puntos 3.2.3 y 3.2.4 de esta Norma Oficial Mexicana.</p> <p>Se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de</p>
Aspectos hidrológicos	

CUADRO 21 (Continúa). Condiciones mínimas que debe cumplir un sitio de disposición final de residuos sólidos municipales

Aspectos que cubren	Condiciones mínimas
	<p>El sitio de disposición final de residuos sólidos municipales no se debe ubicar en zonas de pantanos, marismas y similares.</p> <p>La distancia de ubicación del sitio con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, debe ser de 1000 m como mínimo y contar con una zona de amortiguamiento tal que pueda retener el caudal de la precipitación pluvial máxima presentada en los últimos 10 años en la cuenca, <u>definida por los canales perimetrales de la zona.</u></p>
Aspectos geológicos	<p>Debe estar a una distancia mínima de 60 m de una falla activa que incluya desplazamiento en un periodo de tiempo de un millón de años.</p> <p>Se debe localizar fuera de zonas donde los taludes sean inestables, es decir, que puedan producir movimientos de suelo o roca, por procesos estáticos o dinámicos.</p> <p>Se deben evitar zonas donde existan o se puedan generar asentamientos diferenciales que lleven a fallas o fracturas del terreno, que incrementen el riesgo de contaminación al acuífero.</p>
Aspectos hidrogeológicos	<p>En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales, esté sobre materiales fracturados, se debe garantizar que no exista conexión con los acuíferos de forma natural y que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $\leq 3 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$.</p> <p>En caso de que el sitio para la disposición final de los residuos sólidos municipales esté sobre materiales granulares, se debe garantizar que el factor de tránsito de la infiltración (f) sea $\leq 3 \times 10^{-10} \text{ seg}^{-1}$.</p> <p>La distancia mínima del sitio a pozos para extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero tanto en operación como abandonados, debe estar a una distancia de la <u>proyección horizontal por lo menos de 100 m de la mayor</u></p>
Consideraciones de selección	<p>En caso de que exista una probable contaminación a cuerpos de agua superficial y subterránea, se debe recurrir a soluciones mediante obras de ingeniería.</p>

En la norma se establece que la selección de un sitio para la disposición final de residuos sólidos municipales requiere de estudios geológicos, hi-

drogeológicos y otros complementarios, cuyos aspectos más relevantes se indican en la propia norma.

2.5. Lecciones

Si se ponen en perspectiva las disposiciones previstas en la legislación ambiental y en la Norma Oficial Mexicana -con las que se cuenta para sustentar la gestión de los residuos sólidos municipales e industriales no clasificados como peligrosos, así como para prevenir la contaminación del suelo y restaurarlo- respecto de los datos contenidos en el capítulo 1 “El Suelo en México y su Afectación”, siguiendo el modelo de estado/presión/respuesta, se pueden extraer de esta revisión las lecciones siguientes:

1. El marco jurídico para proteger el suelo, prevenir su contaminación, restaurarlo, minimizar y dar un manejo integral a los residuos, ambientalmente efectivo, económicamente factible y socialmente aceptable, es por demás incipiente y está lejos de ser eficaz (desde la perspectiva de su aplicación) y efectivo (desde la perspectiva de la existencia de las condiciones que hacen posible su aplicación).
2. El proceso regulatorio es, a todas luces, sumamente tardado e ineficiente.
3. En las disposiciones jurídicas en la materia no se atacan las causas, sino sólo las consecuencias de la generación y manejo inadecuado de los residuos y, estas últimas, sólo se abordan mediante disposiciones que no constituyen normas de desempeño ambiental o de gestión, sino que se quedan en meras declaraciones de principios o criterios generales, no acompañados de especificaciones para su aplicación.
4. La única Norma Oficial Mexicana en la materia, que regula la ubicación de los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales desde la perspectiva ambiental (y que no cubre a los residuos industriales que podrían representar un mayor riesgo), ha cumplido cinco años y por tanto debe ser revisada y, en su caso, reformada o será derogada. Ello abre una

extraordinaria oportunidad para evaluar su eficacia y efectividad, sobre todo, ante la gran diversidad de condiciones que existen en las distintas localidades del país a las que hace referencia la norma y las variadas capacidades de los municipios para ajustarse a los requisitos que plantea.

5. En el mundo, han ido evolucionando considerablemente la regulación y las tecnologías relacionadas con la disposición final de los residuos sólidos municipales en rellenos sanitarios, entre otros, para restringir su uso a un mínimo de residuos que no puedan ser reciclados o tratados, así como para limitar la proporción de residuos orgánicos que se pueden confinar con la finalidad de evitar o reducir la formación de lixiviados y generación de gases; un ejemplo de esto es la introducción del uso de rellenos sanitarios secos y de otras tecnologías alternativas (ver anexos de este documento). Estos progresos deben ser considerados al seleccionar e implantar los sistemas de gestión de residuos.
6. Un número significativo de disposiciones legales no se cumplen, ya sea por que no se conocen, no están enunciadas jurídicamente a manera de hacerlas cumplir, no se cuenta con los instrumentos, inspectores y recursos de otra índole para verificar su incumplimiento, las sanciones no son lo suficientemente importantes para desincentivar las violaciones a ellas y no se cuenta con mecanismos para evaluar su efectividad, ni con indicadores de resultados.

Conclusión

Se requiere desarrollar de una ley general marco que sienta las bases para que en todo el país se regulen los residuos con un enfoque Preventivo que:

1. Fomente la reducción de la generación de los residuos o su reúso y reciclado;
2. Induzca el tratamiento de los residuos que no se puedan evitar o reaprovechar;
3. Límite al máximo el entierro de los residuos en rellenos sanitarios;
4. Esté basada en el establecimiento de normas de desempeño y gestión ambiental, eficaces y efectivas;
5. Aliente la innovación, para contar con técnicas que permitan el manejo ambientalmente efectivo, económicamente factible y socialmente aceptable de los residuos;
6. Establezca los mecanismos para que quienes generan los residuos, internalicen los costos que derivan de su manejo;
7. Plantee las bases para que se creen y operen de manera sustentable sistemas de gestión integral de los residuos, para los fines que se indican en el inciso 5; y
8. Fomente la participación, en forma corresponsable e informada de los distintos sectores sociales, en el desarrollo e instrumentación de las políticas, programas y regulaciones locales en la materia.
9. Sea aplicable, susceptible de verificación y sanción, y permita la obtención de resultados medibles.

CAPÍTULO 3

Residuos y suelos en planes y programas

¡Los residuos deben ser controlados en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos!

Para los legisladores y quienes contribuyeron a la integración de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), “corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación del suelo y deben ser controlados los residuos en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos, para lo cual es necesario prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reúso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes” (Artículo 134).

Como las disposiciones legales no son un fin en sí mismas, el Estado, además de establecerlas para responder a las presiones que los distintos sectores de la sociedad ejercen sobre el ambiente y los recursos naturales, ha recurrido a realizar procesos de planeación democrática que permitan orientar los rumbos de la acción pública, privada y social, los cuales, a su

vez, se complementan con programas sectoriales en los cuales se fijan objetivos, metas y acciones a desarrollar para instrumentarlos.

Por lo antes expuesto, en este capítulo se describirán las consideraciones hechas en planes y programas respecto de los residuos y de los suelos en los últimos diecinueve años, para tratar de extraer de ello las lecciones que permitan identificar avances e incumplimiento de expectativas, a fin de identificar las barreras que se han opuesto al logro de los objetivos y orientar los esfuerzos en esta tarea continua en que debe convertirse la búsqueda de la minimización de los residuos y la protección del ambiente y de los suelos de los riesgos que su generación y manejo conllevan.

3.1. Planeación del desarrollo

En el campo de la planeación, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos fija los rumbos de la Nación al plantear en su artículo 25 que, *corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste, entre otros, sea integral y sustentable*. Asimismo, en dicho artículo se establece que:

- El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará a cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución.
- Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

Por su parte, el artículo 26 de la Constitución establece que:

- El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la Nación.
- Los fines del proyecto nacional contenidos en esta Constitución determinarán los objetivos de la planeación. La planeación será democrática. Mediante la participación de los diversos sectores sociales recogerá las aspiraciones y demandas de la sociedad para incorporarlas al plan y los programas de desarrollo. Habrá un plan nacional de desarrollo al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal.
- La ley facultará al Ejecutivo para que establezca los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo.

Por lo antes planteado, se considera pertinente revisar las consideraciones hechas en los planes nacionales de desarrollo y en los programas del sector ambiental, a fin de identificar cómo se aborda la problemática relativa a la conservación de los recursos naturales, entre ellos los suelos, la prevención de la contaminación y de la generación de los residuos, así como el manejo de éstos.

3.2. Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988 y Programa Nacional de Ecología 1984-1988

En el Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988, se reconoció que las políticas desarrollistas de la década de 1970, alentaron la generación de residuos, además de que -por falta de desarrollo y aplicación de tecnologías apropiadas, la inexistencia de educación ambiental y la carencia de un marco jurídico adecuado- la política ambiental fue ineficaz para contener la contaminación ambiental. En estas circunstancias y dado

el derecho constitucional a un medio ambiente sano, se determinaron como medidas a seguir:

- El control y disminución de la contaminación ambiental y la restauración ecológica de las zonas deterioradas.
- El estímulo para el uso de tecnologías menos contaminantes.
- El impulso a programas de educación ambiental.
- El establecimiento de acuerdos para que las entidades productoras de la contaminación o del deterioro respondieran por el daño, en beneficio de la región afectada.
- La realización de evaluaciones de impacto ambiental.
- La inducción de la incorporación de procesos y equipos anticontaminantes.
- El desarrollo de estrategias para el manejo de aguas residuales y descargas industriales con materiales tóxicos.
- La racionalización de la generación y el reciclaje de residuos sólidos.
- La mejora de la calidad y cobertura de los servicios de recolección, tratamiento y disposición final.
- El establecimiento de proyectos de capacitación, de difusión y educación encaminados a fomentar y fortalecer la conciencia ecológica y la participación ciudadana amplia.

Respecto a los residuos sólidos, en el Programa Nacional de Ecología 1984-1988, se hizo mención al incremento en su generación e incapacidad financiera y administrativa para darles tratamiento adecuado, lo cual se sustentó en los siguientes indicadores:

- La generación per cápita de residuos sólidos aumentó desde la década de 1950 en casi 7 veces y sus características cambiaron, de ser principalmente biodegradables, a incorporar un volumen considerable de materiales de lenta y difícil degradación.
- Del volumen total generado: 90% no contaba con el almacenamiento adecuado; 70% se recolectaba con técnicas y equipos deficientes y 95% se disponía en tiraderos a cielo abierto.
- Los residuos industriales habían aumentado exponencialmente al igual que el crecimiento industrial y se

estimaba que sólo 2% de ellos recibía tratamiento medianamente aceptable, mientras que una pequeña proporción era reciclada.

- En general, los pequeños centros de población carecían de servicios de recolección y disposición final o éstos eran obsoletos, por lo que se tiraban residuos a cuerpos de agua y terrenos baldíos.
- En los centros urbanos importantes se contaba con sistemas de recolección complejos e insuficientes, que implicaban altos costos de inversión y operación.
- La selección de sitios que en aquel entonces servían como tiraderos a cielo abierto, era totalmente arbitraria.
- No se contaba con una reglamentación adecuada en materia de residuos sólidos.

Con base en este diagnóstico, el programa estableció como objetivos específicos:

- Controlar y abatir la contaminación del suelo por residuos sólidos, municipales e industriales y por agroquímicos, a través de la aplicación de la legislación y normas correspondientes.
- Aumentar la cobertura de los servicios de recolección, manejo y disposición final de residuos sólidos domésticos, estableciendo rellenos sanitarios en los centros urbanos de más de 10,000 habitantes.
- Promover el establecimiento de cementerios industriales, por parte de las empresas que generan residuos tóxicos y potencialmente peligrosos.
- Buscar mecanismos financieros para combatir la contaminación con residuos sólidos, en apoyo al fortalecimiento municipal.
- Iniciar la vigilancia del manejo indiscriminado de residuos y envases de plaguicidas y fertilizantes, entre otros, mediante el establecimiento de centros receptores de agroquímicos.
- Realizar acciones de recolección, clasificación, reciclaje y disposición final de residuos sólidos municipales e industriales, en las ciudades mayores a 100,000 habitantes.

Entre las metas del programa se proyectó:

- Realizar el inventario de fuentes generadoras y caracterizar los residuos, así como desarrollar acciones en áreas prioritarias.
- Aumentar, en las ciudades de más de 100,000 habitantes, la cobertura de recolección y disposición final hasta 90% y lograr resultados similares en los mayores centros industriales del país.
- Construir 77 rellenos sanitarios en las diferentes entidades federativas y mejorar los sistemas de recolección y manejo de los residuos sólidos municipales.
- Establecer una red de 30 cementerios industriales en todo el país, así como fomentar, promover e incrementar el reciclaje de los residuos.
- Establecer siete incineradores de residuos peligrosos en los más grandes centros industriales.
- Controlar el uso y manejo indiscriminados de residuos y envases de agroquímicos, para lo cual se establecerían 10 centros receptores de agroquímicos en las zonas agrícolas, y se normaría la utilización y manejo de dichas sustancias y envases.

Entre las acciones relacionadas con el gasto público, se propuso implantar mecanismos y establecer normas para lograr la adecuada recolección, manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos tanto municipales como industriales, mediante la promoción de nuevas técnicas de recolección, y la creación de rellenos sanitarios, plantas de tratamiento y de incineración, y cementerios industriales.

3.3. Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 y Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994

El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, destacó como una de sus prioridades el mejoramiento de la calidad de vida y del nivel de bienestar de la población que comprendía la protección y restauración del medio ambiente, para lo que definió como objetivos en esta materia:

- Armonizar el crecimiento económico mediante la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.
- Ordenar las zonas y regiones del país con criterios ecológicos.
- Sujetar los proyectos de desarrollo a criterios de cuidado ambiental.
- Detener y revertir la contaminación del agua.
- Mejorar la calidad del aire.
- Adecuar el marco legal, la educación y el uso de nuevas tecnologías.

En el plan se enfatizó la necesidad de pasar de un enfoque esencialmente correctivo a uno preventivo que, en concordancia con los orígenes del problema ecológico, aplicase decisiones de inversión y tecnología que equilibraran el mejoramiento de la calidad de vida de la población y el crecimiento económico.

En cuanto a la prevención y control de la contaminación asociada con el manejo de los residuos sólidos, se planteó la necesidad de desarrollar acciones encaminadas a:

- Lograr la colaboración de las empresas para el tratamiento de sus residuos industriales, especialmente de aquéllos que son peligrosos.
- Impulsar la creación de áreas para el confinamiento seguro de residuos sólidos.
- Activar el establecimiento de plantas recicladoras, de tratamiento e incineración de residuos sólidos.
- Avanzar en el reciclaje de materiales susceptibles de reutilizarse, a fin de reducir volúmenes a tratar o disponer en el suelo.
- Vigilar la emisión de residuos peligrosos en los procesos de transformación y establecer mecanismos que hicieran que las industrias enfrentaran los costos de este tipo de contaminación.
- Propiciar la disminución del uso en la industria de materiales de lenta degradación.
- Formar cuadros técnicos suficientes y adecuadamente capacitados para la atención del problema.

Por su parte, el Programa Nacional para la Protección del Medio Ambiente 1990-1994, consideró necesario el mejoramiento de los sistemas productivos y el cambio de algunos hábitos y prácticas de la sociedad, reconociendo que los resultados esperados no podrían obtenerse en lo inmediato, sino a través de una gestión que, en un horizonte de largo plazo, considerara la participación apropiada de los tres órdenes de gobierno y de los sectores social y privado.

Nuevamente, en este programa se consideró como una prioridad el control de los residuos sólidos industriales, dado que para ese entonces se estimaba que de las 370,000 toneladas diarias generadas, 13,000 correspondían a materiales con características peligrosas, los cuales, habitualmente y en forma clandestina, eran depositados por las industrias en terrenos baldíos, lo que propiciaba la contaminación de cuerpos de agua superficiales con los consecuentes riesgos para la salud.

En dicho programa se estimó que la industria petrolera generaba alrededor de 1.7 millones de toneladas anuales de residuos en sus procesos de refinación y petroquímica, de los cuales se consideró que cerca de un 13% correspondían a residuos peligrosos. También se calculó que sólo un 1% de los residuos se reciclaban, aunque aproximadamente un 11% era susceptible de ser reutilizado.

Para ese entonces, la infraestructura de servicios de manejo de residuos peligrosos disponible, sin contar el transporte y almacenamiento, reunía alrededor de 26 empresas recicladoras de disolventes y lubricantes usados, 1 de reciclado de metales y 3 confinamientos controlados, con una capacidad para disponer un 30% del total de residuos peligrosos generados anualmente en el país. Desde esta época se identificó como un problema, la falta de personal técnico y operativo capacitado para diseñar y poner en práctica sistemas de almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de estos residuos.

Entre las acciones a desarrollar, el citado programa señaló las siguientes:

- Promover la actualización del marco legal para atención integral de los problemas.
- Apoyar el fortalecimiento de la capacidad municipal para el cumplimiento cabal de sus atribuciones de saneamiento.
- Fomentar la ampliación de la infraestructura necesaria para el control, el tratamiento y la disposición final de residuos sólidos.
- Promover el control de la fabricación de productos desechables.
- Propiciar una cultura social más respetuosa del entorno.

Como metas, el programa planteó:

- Disminuir los niveles de contaminación del suelo, principalmente en las tres grandes zonas metropolitanas, en los corredores y puertos industriales y en las principales ciudades fronterizas y turísticas.
- Elaborar programas integrales para residuos sólidos en coordinación con los gobiernos estatales y municipales, con miras a una mayor eficiencia en el sistema terminal, a la par de contar con una infraestructura de confinamiento de residuos sólidos industriales que garantizara plenamente su control.
- Incrementar las plantas de reciclaje, tratamiento, incineración y confinamiento controlado, conforme a las necesidades de los municipios y corredores industriales.
- Completar el inventario de residuos industriales, plaguicidas caducos y de fertilizantes.
- Implantar procesos menos contaminantes y viables, desde un punto de vista económico, para la instalación de receptores de residuos de agroquímicos en el país.
- Reducir la producción y utilización de materiales de lenta degradación y promover la instalación de plantas de reciclaje y centros de acopio, mediante convenios de concertación con el sector privado y la industria paraestatal.

3.4. Plan Nacional de Desarrollo 1994-2000 y Programa de Medio Ambiente 1995-2000

Ante las experiencias derivadas de la instrumentación de los planes y programas antes referidos, el Plan Nacional de Desarrollo 1994-2000 propuso, para lograr un desarrollo económico sustentable y detener el deterioro ecológico, la adopción de políticas claras que estimularan, por una parte, la difusión y adopción de tecnologías limpias y, por otra, el cumplimiento de las normas de protección ambiental; asimismo, el plan buscaba reforzar la aplicación del principio: “quien contamine pague” y “quien incumpla la norma, sea castigado”.

En el plan también se indica que debe existir una política ambiental explícita que lleve a asumir plenamente las responsabilidades y los costos de un aprovechamiento duradero de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, por lo que el desarrollo sustentable es un compromiso que condiciona, orienta y norma el crecimiento económico. Esto implica el desarrollo de un proceso de promoción de inversiones en infraestructura ambiental, de creación de mercados y de financiamiento tendentes a cuidar el ambiente y los recursos naturales, así como de reorientación de los patrones de consumo y cumplimiento efectivo de las leyes. Además, el plan enfatizó que para el éxito de esta política se requería la conformación de una cultura de prevención, del aprovechamiento sustentable de los recursos y del mejoramiento de la calidad de vida, como una tarea compartida entre el Estado y la sociedad que debe privilegiar la educación, la capacitación y la comunicación.

Con el plan se buscó, adicionalmente, la restauración de los sitios afectados por el manejo inadecuado de los residuos peligrosos, así como reducir su generación mediante el uso de instrumentos económicos que estimularan permanentemente a los productores a proteger el ambiente y los recursos naturales.

A su vez, en el Programa de Medio Ambiente 1995-2000, se afirmó que el desarrollo sustentable requiere cambios institucionales en la

administración pública, del marco normativo y regulatorio, de los patrones culturales, de la estructura de participación y corresponsabilidad de la sociedad y del sentido de la soberanía nacional.

El cambio al que se hace referencia, debe permitir que las conductas privadas de individuos y organizaciones, converjan en la sustentabilidad del desarrollo, para lo cual las políticas que lo fomenten deben basarse en los principios de:

- prevención,
- subsidiariedad,
- asunción de los costos ambientales por parte de quien los provoca y
- equidad.

Para configurar nuevas preferencias sociales compatibles con la calidad ambiental que se busca, en el marco de la globalización, el programa plantea que son necesarios los siguientes elementos:

- información,
- educación y
- cultura.

Como líneas argumentativas, a fin de realizar un diagnóstico funcional para instrumentar una estrategia de desarrollo sustentable, entre otros, el programa señala el desarrollo urbano considerando la minimización de los volúmenes de residuos generados, su recolección y disposición final ambientalmente adecuados.

Aunado a lo anterior, el programa incorporó entre sus objetivos particulares:

El fortalecimiento de las capacidades de gestión y participación de la sociedad, en el marco de un activo proceso de cumplimiento de la ley, nuevos sistemas de información y descentralización de la gestión ambiental.

El programa estableció como metas:

- a) Respecto a la reducción y manejo seguro de residuos peligrosos:
 - Promover la minimización de la cantidad de residuos peligrosos y los riesgos inherentes a su manejo, a través de incentivar cambios hacia procesos y tecnologías más limpios.
 - Reducir el impacto ambiental atribuible a los residuos peligrosos en lo que respecta a acuíferos, suelos, riesgo, salud y cadenas tróficas.
 - Fomentar la recuperación de material secundario, así como de insumos y energéticos que eviten el agotamiento de los recursos naturales.
 - Incrementar la oferta de sistemas e infraestructura de manejo adecuado de residuos peligrosos.
 - Controlar y regular eficientemente el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos.
 - Lograr una concurrencia ordenada entre Federación, estados y municipios en el manejo de los residuos peligrosos.
 - Atender y dar cumplimiento a los compromisos internacionales.

- b) Respecto al federalismo y descentralización de la gestión ambiental:
 - Fortalecer las capacidades de gestión ambiental de entidades federativas y municipios.
 - Desarrollar cuadros técnicos e institucionales a nivel local encargados de la gestión ambiental.

- c) Respecto a la participación ciudadana:
 - Acercar las decisiones de política ambiental a los actores y problemas relevantes.
 - Consolidar y ampliar los espacios de participación social a nivel federal, estatal y local.
 - Promover nuevos foros y mecanismos de intervención en los que los ciudadanos y autoridades reflexionen y debatan de manera conjunta sobre la adopción de políticas ambientales.

- Propiciar la corresponsabilidad y la participación organizada de los diferentes grupos y sectores sociales en los procesos de gestión ambiental.
- Facilitar la acción colectiva, generar consensos y extender los márgenes de participación social en la formulación y gestión de políticas ambientales.
- Introducir nuevas actividades relacionadas con la evaluación de políticas y presentación de propuestas y recomendaciones desde el ámbito ciudadano.

3.5. Programa para la Minimización y Manejo Integral de los Residuos Industriales Peligrosos en México 1996- 2000

Entre los objetivos que se incluyeron en este programa directamente enfocado en los residuos peligrosos, se encuentran:

- Asegurar, para el año 2000, el manejo adecuado de más de la mitad de los residuos industriales peligrosos y sentar las bases para una ampliación de esta cobertura.
- Promover la minimización en la generación de los residuos industriales peligrosos y los riesgos inherentes a su manejo, mediante la incentivación de cambios hacia procesos y tecnologías cada vez más limpios.
- Fomentar la recuperación de materiales e insumos secundarios, en un contexto de eficiencia económica y ambiental, así como de conservación de los recursos naturales.
- Promover la valoración y el manejo de los residuos como componente fundamental del sector ambiental de la economía.
- Inducir la integración de nuevas cadenas productivas, tanto para residuos con alto valor comercial en el mercado como para materiales secundarios, producto del tratamiento de aquéllos.

3.6. Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006

En este plan, se considera que en la etapa actual el ejercicio del poder público por parte del Estado deberá apegarse a la Ley y en el capítulo relativo al desarrollo sustentable se señala que “la acción gubernamental identifica siete aspectos torales que cubren el espectro de la problemática ambiental, desde una perspectiva global hasta la acción local” y a ese respecto refiere lo siguiente:

- El suelo representa el sustrato básico para la producción, al tiempo que en él se desarrollan los procesos esenciales para la conservación de los ecosistemas; su deterioro provoca la desertización, con la consecuente pérdida de servicios ambientales.
- Existen cerca de 650 acuíferos distribuidos en el país, que suministran aproximadamente la tercera parte del agua de consumo para todos los usos; de ellos, alrededor de 100 se encuentran sobreexplotados por la extracción del 66.6% del agua subterránea que se emplea en el país. Las descargas de aguas residuales, sin tratamiento, ocasionan grados variables de contaminación en los cuerpos de aguas superficiales del país, limitando su uso y representando un riesgo para la salud. Entre las cuencas más contaminadas destacan la del Lerma, Alto Balsas, Alto Pánuco y porciones del Bajo Bravo.
- Durante décadas se ha realizado una gestión ambiental desarticulada, que otorgó prioridad al aprovechamiento de los recursos naturales sobre la preservación de los mismos. Hoy se requiere la actualización de los instrumentos que permitan una gestión del medio ambiente y de los recursos naturales acordes con los imperativos de desarrollo sustentable del país.
- La industria es un factor determinante en la generación de contaminantes y, si éstos no son bien manejados con tecnologías limpias, son un factor de riesgo para la salud humana. Sin embargo, el cuidado ambiental se constituye en una fuente de

mejora del desempeño ambiental, creando oportunidades de ahorro y de negocios.

- En México, al igual que en el resto del mundo, los conocimientos básicos sobre los problemas ecológicos no son suficientes para garantizar políticas de desarrollo sustentable. Por ello, es imprescindible desarrollar líneas de investigación dirigidas a la identificación y resolución de problemas ambientales específicos y prioritarios. La limitada capacidad nacional para la innovación tiene como consecuencia que las empresas tiendan a comprar tecnología incorporada y no incorporada, en lugar de intentar desarrollarla en el país.
- La educación, la capacitación y la cultura ambiental constituyen una de las principales herramientas en el proceso de protección, conservación y aprovechamiento racional de los recursos naturales, considerando que no son medidas correctivas, sino que tienen un carácter más inclinado hacia los aspectos de prevención. Es crucial, por lo tanto, mantener y fortalecer las capacidades técnicas y la infraestructura institucional como elemento que articule a futuro acciones en diferentes plazos.
- El gobierno es un importante agente ambiental en sus propias operaciones por lo que los programas de eficacia energética, de compras “verdes”, de conversión de combustibles, de reciclaje, reducción y reúso de materiales, entre otras acciones, que han sido emprendidas de manera aislada por diversas dependencias y entidades de la administración pública federal, representan una oportunidad tanto de contribuir al mejoramiento del ambiente y al uso sustentable de los recursos naturales, como de hacer patente el compromiso del Ejecutivo Federal con el desarrollo sustentable de nuestro país.
- El Ejecutivo Federal reconoce el valor intrínseco de las medidas a favor del medio ambiente y la protección de los recursos naturales, y también, en el plano internacional, la importancia de la Agenda 21 como elemento rector de los compromisos que México ha suscrito con la comunidad internacional y como referencia para la acción ambiental en nuestro país. Ante la

polémica internacional sobre el calentamiento global, el grado de desarrollo de México no permite el establecimiento de objetivos de reducciones absolutas en los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, se mantiene el compromiso de promover las medidas de mitigación que no atenten contra el desarrollo nacional.

El objetivo rector 5 del plan, consiste en que el Estado cree condiciones para un desarrollo sustentable que asegure la calidad del medio ambiente y la disponibilidad de los recursos naturales en el largo plazo, sobre la base de una sólida cultura a favor del medio ambiente.

Los indicadores para evaluar los resultados que se obtengan incluirán información sobre el daño a la atmósfera, el consumo de energía, la pérdida de sistemas forestales y la tasa de conservación de acuíferos, además de la introducción de contenidos específicos sobre estos temas en los diferentes niveles y tipos educativos.

Los siete aspectos considerados torales al crear condiciones para un desarrollo sustentable, se describen en el cuadro 22.

CUADRO 22. Aspectos torales para crear condiciones favorables al desarrollo sustentable

Estrategias	Medios para aplicarlas
Promover el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente e la eficiencia en el uso del agua y la energía	Apoyar la incorporación de criterios de aprovechamiento sustentable de los recursos no renovables, en particular en lo referente al turismo. Promover la gestión eficiente de los bosques. Alcanzar el uso equilibrado del agua en cuencas y acuíferos. Apoyar la planeación regional en la materia. Aumentar la superficie forestal con aprovechamiento sustentable.

Estrategias	Medios para aplicarlas
	Contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población que habita las regiones en las que se desarrollarán tales medidas.
Promover una gestión ambiental integral y descentralizada	Implantar una gestión ambiental subsidiaria, federalista y participativa de los actores locales. Desarrollar convenios de colaboración y participación en los que se transfieran atribuciones, funciones y recursos a los estados y municipios.
Fortalecer la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar tanto el desarrollo sustentable del país como la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias	Realizar investigación científica y tecnológica de alta calidad que apoye la toma de decisiones en materia ambiental. Desarrollar, adaptar y transferir tecnología. Propiciar la adopción de tecnologías eficientes y limpias por parte del sector productivo. Desarrollar políticas que favorezcan las inversiones en prevención y control de la contaminación ambiental. Estimular la formación de recursos humanos de alto nivel y alinear las políticas orientadas a la educación superior y el posgrado.
Promover procesos de educación, capacitación, comunicación y fortalecimiento de la participación ciudadana	Propiciar condiciones que permitan el acceso público a la información y conocimientos para comprender los efectos del hombre sobre el medio ambiente. Promover el desarrollo de habilidades y aptitudes para establecer nuevas formas de relación con el entorno natural y modificar valores y actitudes al respecto. Crear mecanismos de diálogo y colaboración entre el gobierno y la sociedad.

Estrategias	Medios para aplicarlas
relativos a la protección del medio ambiente y al aprovechamiento	Diseñar fórmulas de participación de grupos académicos y gubernamentales en la promoción del uso de la información ambiental.
Mejorar el desempeño ambiental de la administración pública federal	<p>Promover el establecimiento de políticas y lineamientos ambientales que puedan aplicarse a los procesos operativos y de toma de decisiones gubernamentales, así como una cultura de responsabilidad ambiental que contribuya al bienestar de la sociedad.</p> <p>Mejorar en forma continua los procesos industriales de las empresas paraestatales para el pleno cumplimiento de la normatividad ambiental.</p>

Estrategias	Medios para aplicarlas
Continuar en el diseño y la implementación de la estrategia nacional para el desarrollo sustentable	Dar cumplimiento a la Agenda 21 a través de cambios en los ámbitos institucional, legal, normativo y cultural, a fin de modificar los patrones de producción y consumo de la sociedad en su conjunto.
Avanzar en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero	Fomentar la introducción de las variables ambientales en las políticas, normas y programas sustantivos en el sector económico, particularmente en lo que se refiere al uso de energéticos y combustibles fósiles.

3.7. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006

En lo que a la protección del suelo y a los residuos se refiere, en el programa se reafirma que “la contaminación de los suelos tiene su principal fuente en los desechos sólidos municipales y en los residuos peligrosos”. Aunado a ello se resalta el hecho de que en las últimas cuatro décadas se ha incrementado en 200 por ciento la generación de residuos sólidos por habitante y la composición de éstos ha pasado de ser mayoritariamente orgánica, a incluir una alta proporción de plásticos y productos de lenta descomposición, lo que hace necesario el uso de procesos físicos, biológicos o químicos para llevarse a cabo.

Se destaca, además, que el 62 por ciento de las 84,200 toneladas diarias de residuos generados en el país, corresponden a residuos que provienen de la zona centro y el Distrito Federal, de los cuales cerca del 50 por ciento se deposita en tiraderos a cielo abierto no controlados, que no cumplen con los requisitos para su adecuada disposición, mientras que, del total de residuos sólidos municipales generados diariamente, cerca de 20 mil toneladas (equivalentes al 23 por ciento) no son recolectadas o se

depositan en tiraderos clandestinos, en baldíos o en calles. Por lo anterior, con la excepción de los rellenos sanitarios, los demás sitios de disposición final presentan condiciones de riesgos para la salud y para el ambiente debido a la falta de cobertura y a la producción incontrolada de biogás (entre ellos, el metano, asociado al cambio climático global) y lixiviados.

Respecto a los residuos peligrosos, en el programa se indica que sólo se han registrado como generadores 27,280 establecimientos que manifiestan generar alrededor de 3'705,846 toneladas al año, de las cuales se estima que tan solo un 10 por ciento reciben un tratamiento adecuado, entre otros, por la escasa infraestructura autorizada para brindar servicios de manejo de estos residuos. Se señala también, que dicha infraestructura no satisface los requerimientos tecnológicos para manejar las distintas corrientes de residuos, como tampoco satisface la demanda regional existente, ni las necesidades de todo tipo de generadores.

En el programa se plantea que el confinamiento de los residuos peligrosos debe ser el último recurso en cuanto a su manejo, ya que existen otras opciones como el reciclaje.

Dentro de las principales limitaciones para una gestión ambiental integral en esta materia, destacan inventarios imprecisos o inexistentes, falta de un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación a la salud y al ambiente asociado con el manejo y control de materiales y residuos peligrosos y con una infraestructura instalada insuficiente, mal distribuida y obsoleta.

Para lograr los objetivos que se persiguen, el programa fija metas a alcanzar, entre las cuales se encuentran las siguientes, relacionadas directa o indirectamente con la gestión de los residuos (cuadro 23).

CUADRO 23. *Metas 2001-2006*

Integralidad	<p>Establecer 13 cuencas hidrológicas para propósitos de planeación y gestión ambiental.</p> <p>Diseñar y aplicar un plan maestro para la recuperación de cuencas prioritarias.</p>
<p>Nueva gestión ambiental</p>	<p>Detener y revertir la contaminación del suelo a través de:</p> <p>Incrementar la capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos de 5.2 a 6.4 millones de toneladas anuales.</p> <p>Ampliar el padrón de generadores de residuos y materiales peligrosos del actual 8% en el año 2000 al 100% en el 2006.</p> <p>Concluir y mantener actualizado el Inventario Nacional de Residuos y Materiales Peligrosos.</p> <p>Capacitar al 100% de las autoridades locales Para el manejo de los residuos en cuencas que integran el Programa de Ciudades Sustentables.</p>
Apego a la ley	<p>El porcentaje de visitas de inspección que detectan proyectos que cumplen con las condicionantes</p> <p>Establecidas en la autorización en materia de impacto ambiental se incrementará de 65% en el año 2001 a 95% en el 2006.</p>

<p>d a d y c o m b a t e a l a i m p u n i d a d a m b i e n t a l</p>	<p>El porcentaje de establecimientos industriales y de servicios con calificación del Índice de Cumplimiento de la Normatividad Ambiental (ICNA) igual o superior a 90% se incrementará de 50% en el año 2001 al 90% en el 2006.</p>
--	--

CUADRO 23 (Continúa). *Metas 2001-2006*

<p>Promoción de la p a r t i c i p a c i ó n s o c i a l y r e n d i c i ó n d e c u e n t a s</p>	<p>Incrementar la atención a la denuncia popular en materia ambiental del 66% actual al 100%.</p> <p>Lograr la atención del 90% de las solicitudes y propuestas de acción de la ciudadanía.</p> <p>Poner a disposición de la ciudadanía información sobre el estado de los recursos naturales y los procesos de gestión a través de la Internet.</p> <p>Elaborar anualmente un reporte sobre los gastos y logros derivados de la inspección y vigilancia ambiental y de los recursos naturales.</p> <p>Incrementar la proporción de denuncias concluidas de un 35% actual a 60%.</p>
--	--

Para alcanzar las metas fijadas en el programa, se han planteado una serie de programas estratégicos, entre los que se encuentran los resumidos a continuación relacionados con la gestión de los residuos (cuadro 24).

CUADRO 24. *Programas estratégicos para alcanzar las metas ambientales*

Programa	Objetivo estratégico / Eje temático
Cruzada Nacional por los Bosques y el Agua	Contaminación de cuerpos de agua por aguas residuales municipales y desechos industriales
Cruzada Nacional por un México Limpio	<p>Su propósito es lograr ciudades y campos libres de basura y residuos peligrosos que puedan afectar la salud de la población.</p> <p>Las acciones de esta cruzada se orientan a reducir, reusar y reciclar.</p>

Programa	Objetivo estratégico / Eje temático
	<p>Los objetivos se centran en:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disminuir el problema de la disposición de residuos. 2. Generar una mayor actividad económica en torno a los residuos. 3. Reducir los problemas ambientales y los riesgos a la salud. <p>Entre sus principales componentes se encuentran:</p> <p>A. Elaborar un Programa Nacional para el Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales, Industriales y Peligrosos, que permita unir y coordinar los esfuerzos de los tres niveles de gobierno y los distintos sectores de la sociedad.</p> <p>B. Fomentar y apoyar la construcción de infraestructura y el equipamiento que permita minimizar, recolectar, transportar, tratar, reciclar y disponer en forma segura los residuos sólidos en todo el país.</p> <p>C. Desarrollar un marco regulatorio y de instrumentos de fomento que fortalezca las capacidades institucionales en los tres niveles de gobierno, para propiciar la activa participación de la sociedad y la industria.</p> <p>Sobre esto último, la SEMARNAT trabajará estrechamente con el Congreso de la Unión para</p>

Programa	Objetivo estratégico / Eje temático
	<p data-bbox="966 892 1255 987">llenar los vacíos legales en materia de manejo integral de residuos.</p>

3.8. Lecciones

Este rápido repaso de los ejercicios de planeación del desarrollo y programación de actividades que permitan lograrlo en las distintas áreas de la actividad pública, llevan a identificar que:

1. En los últimos veinte años se han logrado avances significativos en materia de consulta y participación pública para definir los rumbos del país.
2. No se ha seguido una metodología acordada para realizar la planeación ni la programación de las actividades sectoriales, que permita realizar estos procesos de manera sistemática, como tampoco ha sido la regla establecer metas específicas de tipo cuantitativo y mecanismos para la evaluación del desempeño de la gestión gubernamental y de los resultados de ésta.
3. Desde hace veinte años se cuenta con un diagnóstico claro sobre la problemática asociada a la generación y manejo de los residuos de distinta índole, se han caracterizado los factores causales y propuesto medidas para hacerles frente.
4. Los pobres avances logrados en la instrumentación de planes y programas, sugieren que se están atacando los efectos más no las causas de los problemas relacionados con la generación y manejo de los residuos y no se han asignado los recursos suficientes para darles cumplimiento.

Conclusión

Es preciso abrir foros de discusión y propuestas de solución a factores causales de la problemática de los residuos, tales como:

- Los modelos de producción y consumo adoptados.
- La falta de internalización por los generadores, de los costos de las externalidades que ocasionan sus residuos.
- La carencia de mecanismos efectivos para asegurar la sustentabilidad financiera y operativa de los servicios de limpia municipales.
- La ausencia de una ley general marco que establezca normas de desempeño ambiental y de gestión, tendentes a inducir de manera eficaz y eficiente la prevención de la generación, el reúso y reciclaje, o el tratamiento de los residuos en forma integral ambientalmente efectiva, económicamente factible y socialmente aceptable, dejando como última opción y sumamente restringida el confinamiento de los residuos.
- La falta de instrumentos económicos y de otra índole apropiados y efectivos para desincentivar prácticas negativas e incentivar comportamientos positivos respecto a la generación y manejo de los residuos.

CAPÍTULO 4

El suelo como sistema ecológico y aliado

La naturaleza prácticamente no genera desechos,
¡Aprendamos de ella!

El propósito de este capítulo es poner de relieve algunos aspectos destacados de la organización y funcionamiento de los suelos, que se espera le permitan al lector no sólo percibir su complejidad e importancia ecológica, sino también conocer cómo se procesan en él los desechos orgánicos y anticipar formas para aprovechar este conocimiento en la planeación e instrumentación de sistemas de gestión integral de los residuos, particularmente, los que constituyen o están formados de materia orgánica. Por lo completo de la obra intitulada “El suelo vivo”, ésta ha sido tomada como referencia principal para describir algunos de los aspectos coyunturales citados a continuación.²⁰

²⁰ Gobat J.M., Aragno M. y Matthey W., Le sol vivant. Bases de Pédologie. Biologie des sols. Collection Gérer L’Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.1998.

4.1. El suelo como sistema

Para algunos autores,²¹ el suelo es un **sistema ecológico** por su organización y funcionamiento, al cual pueden aplicarse las propiedades habituales de los sistemas;²² entre otras, las relacionadas con los organismos vivos (cuadro 25) y las relativas a:

- Los principios de la termodinámica.
- La definición de límites.
- Una organización jerárquica espacio-temporal, en la cual cada nivel incorpora atributos del nivel situado hacia arriba.
- Una evolución interna determinada por el acoplamiento de flujos de energía y del ciclo de los materiales.
- La emergencia de nuevas propiedades, según la regla: El todo es más que la suma de las partes.
- Un funcionamiento que resulta de las interacciones entre sus constituyentes y en el cual los mecanismos se deben investigar en el nivel inferior pero las presiones en el nivel superior.
- Una retroacción del todo sobre las partes.
- Una apertura hacia otros sistemas ecológicos o económicos.

Asimismo, la complejidad del suelo como sistema, es el resultado de la interferencia de cuatro grandes fuentes de heterogeneidad:²³

1. **La energética**, que involucra tres tipos de energía que se disipan en el suelo: la física (gravedad, capilaridad), la química (oxidación, reducción) y la biológica (producción, generación biológica de turba).²⁴

²¹ Odum E.P., Ecology. A bridge between science and society. Sinauer Associates, Sunderland, MA, EUA. 1996, Delcourt H.R. y Delcourt P.A., Quaternary landscape ecology: relevant scales in space and time. Landscape Ecol., 2:23-44, 1988. (citados en nota 1)

²² Sistema, en este contexto, es el conjunto de fenómenos y eventos interdependientes que, intelectualmente y de manera arbitraria, se aísla del medio exterior a fin de tratar al conjunto como un todo.

²³ Lavelle P., Interactions, hiérarchies et régulations dans le sol : a la recherche d'une nouvelle approche conceptuelle. Rev. Ecol. Biol. Sol., 24, 3: 219-229, 1987 (citado en nota 1).

²⁴ Turba es el material formado, en condiciones hidromorfas anóxicas o sin oxígeno, por la acumulación de materia orgánica más o menos descompuesta.

2. **La espacial**, que parte desde los microagregados hasta la cubierta pedológica.
3. **La temporal**, que comprende tanto las reacciones químicas inmediatas, como la evolución plurimilenaria.
4. **La funcional**, que abarca la evolución mineral u orgánica.

CUADRO 25. *El suelo desde distintas perspectivas*

Desde la perspectiva de sus funciones naturales:	El suelo es un soporte para los seres vivos, un reservorio de materias orgánicas y minerales, un regulador de los flujos en los ecosistemas, un lugar de transformación de la materia orgánica y un sistema depurador de sustancias tóxicas.
En relación con los seres humanos:	Constituye una de las bases esenciales para la vida, es el lugar en el que se lleva a cabo la producción agrícola y forestal, en el que se almacenan materias primas y desechos, es un componente del paisaje y puede considerarse como un acervo histórico de las civilizaciones y culturas.

Fuente: Gobat J.M., Aragno M. y Matthey W., Le sol vivant. Bases de Pédologie. Biologie des sols. Collection Gérer L'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.1998.

Como se muestra en el cuadro 26, se han propuesto diversas conceptualizaciones sobre la relevancia del suelo, que se suman a las antes referidas y que llaman la atención sobre alguna o varias de sus características esenciales.

Sin embargo, una definición del suelo que se considera apropiada para los fines que se persiguen en el presente manual, aunque habría que

completarla con el concepto de que el suelo es una entidad dinámica,²⁵ es la siguiente:

“El suelo es la capa más externa, marcada por los seres vivos, de la corteza terrestre. Es la sede de un intercambio intenso de materia y de energía entre el aire, el agua y las rocas. El suelo, en tanto que es integrante del ecosistema, ocupa una posición clave en los ciclos globales de las materias”²⁶.

CUADRO 26. *Opiniones sobre el valor del suelo*

Opinión sobre el valor del suelo	Fuente
Constituye el recurso natural más valioso de un país.	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Proteger y producir, conservación del suelo para el desarrollo. Roma. 1984
Es un subsistema de los ecosistemas terrestres	Richards B.N., Introduction to the soil ecosystem. Longman. Essex. 1974
Es el material superficial de la Tierra capaz de sustentar la vida.	Davies N.D., Stoker D.G., Windsor D.E., Ashcroft M.T., Coburn M.C. y Andrews W.A., A guide to the study of soil ecology. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J. 1973.
Es una fina capa que cubre la superficie continental de la Tierra y sirve como sustrato de la vida vegetal, animal y humana.	Papadakis J., Soils: Encyclopaedia Britannica. 16: 1018-1029, 1975.

²⁵ Los cambios dinámicos que sufre constantemente el suelo derivan de los numerosos y complejos procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar en él, los suelos influyen en el tipo de organismos que se encuentran en ellos, los que a su vez lo modifican y crean entornos favorables para que los pueblen nuevos tipos de organismos. La situación cambiante del suelo se ajusta a las condiciones del clima, la topografía y la vegetación de cada lugar.

²⁶ Société Suisse de Pédologie. Définition du sol a l'usage du grand public. Documento interno. 1997.

Fuente: Bolaños F., El Impacto Biológico. Problema Ambiental Contemporáneo. Coordinación General de Estudios de Posgrado. Instituto de Biología. UNAM., México 1990. pág. 142.

4.2. Principales componentes del suelo

La base del “sistema suelo” la constituyen una serie de elementos fundamentales, cuyos papeles principales y características se resumen en el cuadro 27; los componentes minerales y orgánicos podrían equipararse al esqueleto sólido del suelo, en tanto que la fase en solución del suelo (constituida por el agua del suelo y sustancias disueltas en ella) es uno de los vectores esenciales de materias y la “atmósfera” del suelo representa una interfase gaseosa entre el interior del mismo y el medio exterior.

CUADRO 27. *Características y papeles que juegan los principales componentes del suelo*

Aspectos considerados	Constituyente sólidos: Minerales	Constituyente Orgánicos	Constituyentes (solución del suelo)	Constituyentes gasosos (atmósfera del suelo)
Origen	Desagregación	Descomposición	Precipitaciones,	Aire fuera del suelo, materia orgánica

Aspectos considerados	Constituyente sólidos: Minerales	Constituyente Orgánicos	Constituyentes líquidos que se encuentran en solución (solución del suelo)	Constituyentes gaseosos (atmósfera del suelo)
				se encuentran dentro de los compuestos orgánicos de la atmósfera, respiración, pirólisis, etc.

Aspectos considerados	Constituyente sólidos: Minerales	Constituyente Orgánicos	Constituyentes (solución del suelo)	Constituyentes gas eos os (atmósfera del suelo)
Criterios de	Tamaño Calidad	Estado Calidad (original,	Origen Estado físico hídrico). Calidad química.	Origen (aire, organismos). Calidad química.

CUADRO 27 (Continúa). *Características y papeles que juegan los principales componentes del suelo*

Aspectos considerados	Constituyentes	Constituyentes	Constituyentes (solución del	Constituyentes g a s e o s o s (a t m ó s f e r a d e l s u e l o)
Categorías	Según la Granulometría Esqueleto (> 2mm) Tierra fina (< 2 mm) Según Cuarzo Minerales de Minerales	Organismos Vivos. Organismos Materias Celulosa, Lignina, Materias Ácidos Huminas.	Agua. Sustancias Glúcidos,	Gas del aire: N ₂ , O ₂ , CO ₂ . Gases generados d e l a r e s p i r

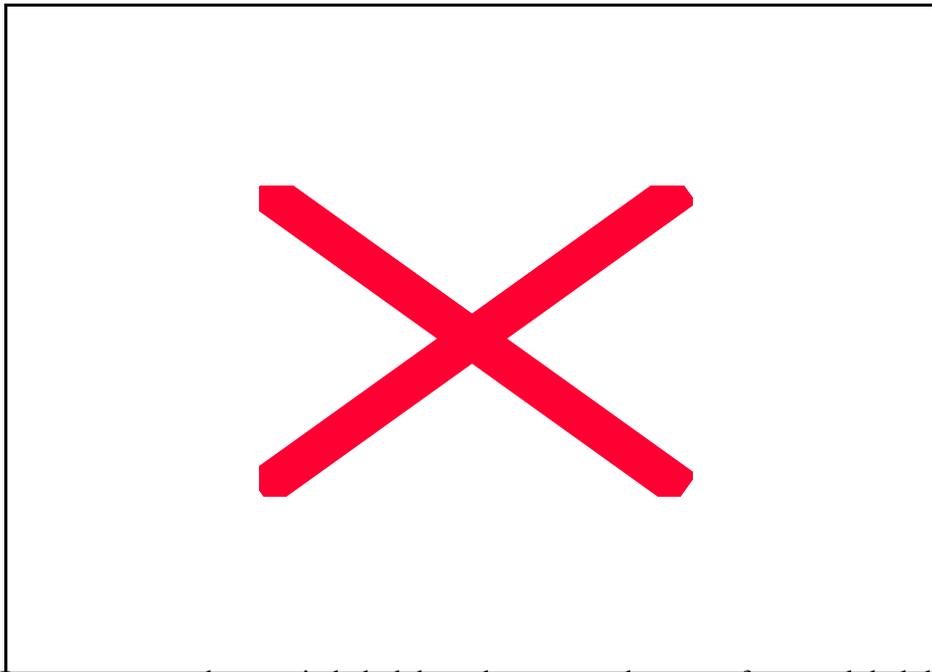
				a c i ó n y d e s c o m p o s i c i ó n d e l o s o r g a n i s m o s : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ , NH ₃ .
--	--	--	--	--

Fuente: Soltner D., Les bases de la production végétale. Tomo III. La plante et son amélioration. Coll. Sciences et Techniques Agricoles. Ste-Gemmes-sur-Loire. 1996. Citado por : Gobat J.M., Aragno M. y Matthey W., Le sol vivant. Bases de Pédologie. Biologie des Sols. Collection Gérer L'Environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.1998.

4.3. Propiedades físicas y fisico-químicas del suelo

Los constituyentes de los suelos antes mencionados interactúan para conferirles sus propiedades, de manera que sus proporciones, su variabilidad espacio-temporal, la velocidad de los flujos que los ligan, influyen en el funcionamiento del sistema. En la figura 2 se ilustran las once propiedades esenciales de tipo físico o físico-químico del suelo.

FIGURA 2. *Propiedades esenciales del suelo físicas y fisico-químicas*



La **textura** es la propiedad del suelo que traduce en forma global la composición granulométrica de la tierra fina. La textura, mineral u orgánica, condiciona la estructura del suelo y, por lo tanto, su porosidad y

régimen hídrico particular; en tanto que la proporción de arcilla influye en la formación del complejo arcillo-húmico, en la capacidad de intercambio, la fertilidad y la profundidad de las raíces; la textura es una propiedad estable que sólo varía en función de la evolución a largo plazo, de la cual es una indicadora.

Por el contrario, la **estructura** es un estado del suelo que sufre variaciones en el corto plazo, en particular, de una estación a otra y depende directamente de su textura (aunque lo contrario no es cierto), así como del estado de los coloides,²⁷ de la tasa de humedad o de materia orgánica y, en gran medida, de las actividades de la fauna. Los cambios de la estructura del suelo, también modifican la circulación del agua, la cual es muy rápida cuando la estructura es gruesa, menos veloz cuando es granulosa y casi nula cuando se encuentra compactada; estas propiedades son de gran importancia para la agricultura y para la selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios y evitar la infiltración de lixiviados.

La **porosidad** del suelo se define como la propiedad que refleja el volumen de los huecos en el mismo, expresados en porcentaje del volumen total y depende de manera importante del grado de humedad, ya que los vacíos del suelo se ocupan en su mayoría sea por el agua o por el aire; por lo tanto, ella es un indicador de las capacidades hídricas o atmosféricas de un suelo, en volumen o en flujo. Aunque, en este último caso, la sola indicación de la porosidad no es suficiente para dar una idea del flujo, pues la circulación del agua o del aire dependen también de las relaciones entre los huecos del suelo y su arreglo espacial.

El **régimen hídrico** del suelo depende directamente de las tres propiedades antes señaladas: la textura, que determina las fuerzas de retención del agua, la estructura que influye en la circulación de la misma y la porosidad que define el volumen de las reservas hídricas del suelo. Se distinguen tres tipos de agua en el suelo:

²⁷ Coloides son sustancias formadas de elementos de pequeño tamaño (micelas) capaces de agregarse formando geles o de dispersarse en un líquido.

- 1) El **agua de gravedad**, la cual existe en los suelos en las horas o días posteriores a una precipitación o cuando hay una napa freática permanente; cuando las fuerzas de la gravedad se equilibran con la fuerza de retención del suelo, el agua restante es conservada y constituye la “capacidad en campo”.
- 2) El **agua útil**, es retenida mejor que el agua de gravedad y llena los poros de diámetro comprendido entre 0.2 y 50 μm o forma una película de 5 a 10 nanómetros (nm) en la superficie de las partículas; las raíces de las plantas la absorben hasta el punto de marchitación temporal, reversible, y después hasta el punto de marchitación permanente, el cual se produce cuando la fuerza de retención del agua por el suelo iguala la fuerza de succión máxima que ejercen las plantas. Numerosos organismos constituyentes de la microfauna del suelo viven en las películas de agua como verdaderos organismos acuáticos, como ocurre con los protozoarios.
- 3) El **agua inutilizable**, se encuentra por abajo del punto de marchitación permanente de las plantas y sólo una evaporación intensa permite eliminarla, aunque aun a temperaturas sumamente elevadas resta algo de agua en el suelo alrededor de ciertos minerales a los cuales asegura su hidratación.

A pesar de que el suelo no es la única organización sistémica en la ecosfera,²⁸ sí se caracteriza por ser el único en presentar la capacidad de ligar lo más íntimamente posible, en el **complejo arcillo-húmico** y a nivel molecular, la materia mineral y la materia orgánica, tras de la desagregación de las rocas y la degradación de la materia orgánica de los seres vivos que permite a sus moléculas adherirse unas a otras constituyendo un nuevo conjunto (el complejo arcillo-húmico). Esta propiedad emergente que no es ni geológica ni biológica, sino las dos al mismo tiempo, es el objeto de estudio de la Pedología, que es la ciencia que estudia los caracteres físicos, químicos y biológicos de los suelos y su evolución, la cual integra, además, conocimientos de climatología,

²⁸ Ecosfera es la parte del planeta en la cual se encuentran los seres vivos o la vida es posible permanentemente.

química, física y matemáticas, que le proporcionan elementos fundamentales para la comprensión de este tipo de fenómenos.

Dentro del ecosistema y, de conformidad con lo anterior, el suelo es el lugar privilegiado en el cual se establecen los vínculos más estrechos entre los mundos mineral y orgánico, y “la tierra” es la expresión de este fenómeno a la escala macroscópica, a través de las diversas estructuras que comprende, entre las cuales, la granulosa, ejemplifica mejor en los macroagregados, este encuentro entre dichos mundos.

Cada macroagregado está compuesto de unidades mucho más pequeñas pegadas, los microagregados, que poseen un tamaño promedio de 50 μm y en los cuales se distinguen pajas de limos y colonias bacterianas soldadas por polisacáridos. El **complejo arcillo-húmico**, constituye una matriz que provee una cohesión general a los microagregados, identificándose a nivel molecular una vinculación estrecha entre las láminas de arcilla y las moléculas gruesas de humus, lo que confiere a la tierra su especificidad.

La formación y la estabilidad del complejo arcillo-húmico dependen tanto de la cantidad y calidad de la materia orgánica y presencia de ciertas arcillas y cationes que los unen, como de la fauna y microflora del suelo (el tubo digestivo de las lombrices, por ejemplo, es una excelente fábrica de complejo arcillo-húmico). A su vez, un complejo arcillo-húmico estable, proporciona al suelo propiedades nuevas que son favorables a su fertilidad, por ejemplo:

- La floculación de los coloides arcillosos y húmicos favorecen una estructura aireada y un almacenamiento hídrico suficiente.
- La unión arcilla-humus frena la mineralización de la materia orgánica humificada.
- A través de esta unión, el humus impide la dispersión de la arcilla evitando la compactación del suelo.
- La integración de la arcilla y el humus en un mismo complejo, aumenta la capacidad del suelo de retener bioelementos indispensables a las plantas.

Los **intercambios iónicos** en el suelo juegan un papel fundamental en las funciones de éste; a manera de ejemplo, si se deposita materia fecal en la arena ésta se mantiene intacta, en tanto que si se le coloca en un suelo arcilloso, sólo se recupera un líquido claro e inodoro, ya que el complejo arcillo-húmico retiene las sustancias contenidas en la excreta, en particular el amoníaco y los pigmentos que le dan color, por su poder absorbente que fija los iones tanto de carga negativa (aniones) como positiva (cationes).

Sin embargo, no todos los complejos absorbentes tienen la misma capacidad de fijar los iones, debido a los tipos de arcillas y de biopolímeros que los componen, así mismo, las proporciones de los diferentes cationes varían según el ambiente físico-químico general; la comparación de los suelos en cuanto a la cantidad de cationes básicos fijados en relación con los cationes ácidos, constituye una buena indicación de la fertilidad mineral y de su grado de evolución. En comparación con los cationes, la **capacidad de intercambio aniónico** es poco importante, ya que por lo general se mantienen fijos a los cationes, como sucede con el fósforo intercambiable que no representa más que el 1% del fósforo total de un suelo.

Cada suelo presenta una capacidad amortiguadora²⁹ diferente que se ejerce en cinco fases sucesivas que se oponen a la acidificación y que se miden mediante la determinación del potencial hidrógeno o **pH**, como se indica en el cuadro 28. El conocimiento de esta capacidad permite evaluar el grado de evolución de un suelo y su resistencia potencial a los contaminantes atmosféricos, también puede influir sobre otros factores ecológicos como la temperatura. A nivel global, garantiza que se conserve un sistema físico-químico estable, del cual se beneficia la vegetación y la microflora.

CUADRO 28. *Capacidad amortiguadora del suelo*

Capacidad amortiguadora de:	pH
------------------------------------	-----------

²⁹ Capacidad amortiguadora es aquella que permite al suelo reducir sus variaciones de pH en casos que haya aportación de ácidos o bases.

Carbonatos	8.6 a 6.2
Silicatos	6.2 a 5.0
Arcillas	5.0 a 4.2
Hidróxidos de aluminio	4.2 a 2.8
Hidróxidos de fierro	<3.2

Por **potencial de óxido-reducción** se entiende el valor que refleja la transferencia cuantitativa de electrones a partir de moléculas donadoras hacia moléculas receptoras. La importancia del potencial de óxido-reducción de un suelo se aprecia al conocer que el aire del suelo contiene en promedio de 18 a 20% de oxígeno, lo cual es suficiente para la supervivencia de los organismos aerobios que viven en él. Sin embargo, a veces esa concentración disminuye fuertemente hasta alcanzar condiciones reductoras en las cuales dichos organismos se asfixian, dejando el lugar libre para el crecimiento de los microorganismos anaerobios adaptados a condiciones de falta de oxígeno (anoxia). De acuerdo con los microorganismos involucrados, puede hablarse de anaerobias facultativa o estricta, como se indica en el cuadro 29; además, al actuar sobre el medio, las bacterias pueden acentuar las condiciones reductoras.

CUADRO 29. *Respiración bacteriana aerobia y anaerobia*

Tipos de bacterias	Donador de electrones	Aceptor de electrones oxidado
Bacterias aerobias	O ₂	H ₂ O
Bacterias desnitrificantes Facultativamente aerobias	NO ₃ ⁻	N ²
Bacterias ferrirreductoras Facultativa u obligatoriamente	Fe ³⁺	Fe ²⁺

Anaerobias		
Bacterias obligatoriamente anaerobias:		
Sulforeductoras	S ⁰	H ₂ S
Sulfatoreductoras	SO ₄ ²⁻	H ₂ S
Metanógenas	CO ₂	CH ₄

El grado de **fertilidad mineral** de un suelo, puede ser inferido a través de indicadores como la **tasa de saturación** y la **capacidad de intercambio**, ya que las plantas toman de la solución del suelo los cationes que les son útiles (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Cu²⁺, Mn²⁺, NH₄⁺, y otros) y cuya disponibilidad depende directamente de la composición del complejo. Se considera que la

fertilidad mineral global necesita también de la disponibilidad de aniones (NO_3^- , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} y otros), los cuales no son tomados en cuenta en la tasa de saturación. A su vez, la **fertilidad global del suelo**, forma parte de la fertilidad natural general del mismo, en la cual toman parte el conjunto de propiedades esenciales a las que se ha hecho referencia. En las actividades agrícolas, se suele inducir una **fertilidad adquirida** mediante la adición de fertilizantes, que se aplican conjuntamente con otros productos agroquímicos como son los herbicidas e insecticidas (plaguicidas) (cuadro 30).

CUADRO 30. *Ejemplo de definición de suelo fértil*

<p>En algunos países,¹⁸ se define oficialmente que el suelo es fértil cuando:</p> <ul style="list-style-type: none">Presenta una fauna y una flora variadas y biológicamente activas, una estructura típica por su situación, así como una capacidad de degradación intacta.Permite a los vegetales y asociaciones vegetales, naturales o cultivadas, crecer y desarrollarse normalmente así como adquirir todas sus propiedades.Garantiza una buena calidad de productos de origen vegetal, de manera que la salud de los seres humanos y de los animales no sea afectada.
--

4.4. Papel de los seres vivos en el sistema suelo

Además de depender de las propiedades físicas y físico-químicas antes resumidas, el “sistema suelo” depende también de la acción de los seres vivos (se estima que un metro cuadrado de suelo rico puede contener más de mil millones de organismos),³⁰ ya sea por la relación que se establece entre las plantas y el suelo a través del funcionamiento de las raíces, de la nutrición vegetal, de los bioelementos y su utilización por las plantas, así como por las funciones principales de microorganismos y de la fauna. Por la amplitud de este tema, no se incursionará en él mas que someramente.

<p>¡Ningún suelo puede formarse sin los seres vivos, de los cuales</p>
--

³⁰ Edwards C.A., Soil organisms. Encyclopaedia Britannica. 16: 1014-1018, 1975.

dependen: la nutrición vegetal, animal o humana, la regulación biológica del ciclo hídrico, la evolución de la materia orgánica, la estructuración y el flujo de energía!

Un aspecto a resaltar, es que la mayor parte de la materia muerta, ya sea vegetal o animal, está compuesta de macromoléculas como las siguientes:

- Polisacáridos de origen vegetal (por ejemplo, celulosa, pectina o almidón), animal y fúngica (como la quitina);
- Polifenoles, de origen vegetal o fúngico (como la lignina);
- Proteínas;
- Ácidos nucleicos; y
- Lípidos.

Los microorganismos del suelo, esencialmente, son los responsables de la descomposición bioquímica de la materia orgánica muerta; entre ellos, las bacterias y los hongos, los cuales a través de enzimas extracelulares hidrolizan esas macromoléculas para desagregarlas en sus constituyentes mono o diméricos (bioelementos), de los cuales se benefician no sólo estos organismos sino otros más. A su vez, las bacterias fabrican cantidades a veces importantes de biopolímeros, sobre todo polisacáridos, cuya acumulación en los suelos ayuda a la conformación de la materia orgánica humificada³¹ (humina microbiana), que se presenta frecuentemente bajo la forma de mucílagos³² que participan en la agregación de las partículas del suelo, principalmente en la rizósfera³³ y en la primera fase de la formación de agregados. Asimismo, las bacterias (ya sea quimiolitotrofas o con metabolismo anaerobio), contribuyen de manera importante a la reducción de los sulfatos y nitratos.

³¹ Humificación es el proceso bioquímico de nueva síntesis de sustancias orgánicas por aumento de la talla de ciertas moléculas.

³² Mucilago compuesto gelatinoso formado por polisacáridos.

³³ Rizósfera es la región del suelo bajo la influencia inmediata de la raíz de las plantas, considerada como una interfase esencial entre las plantas y el suelo, dotada de gran actividad por la presencia de microorganismos diversos.

Cuando disminuye o no existe oxígeno, las bacterias anaerobias utilizan los compuestos orgánicos oxidados como aceptores finales de electrones respiratorios, efectuando poco a poco las reacciones inversas a las señaladas previamente, utilizando como fuente de electrones respiratorios ya sea los sustratos orgánicos o el hidrógeno.

Un fenómeno particularmente relevante, es la fijación del nitrógeno molecular atmosférico que constituye un eslabón esencial en el ciclo del nitrógeno, en el cual juegan un papel importante el medio rizosférico y las simbiosis que se producen en las raíces, en donde destacan aquellas en las que intervienen bacterias aerobias como las *Azotobacter* o anaerobias como *Clostridium pasterurianum*. Dada la demanda elevada de energía requerida para fijar el nitrógeno atmosférico, este proceso no se desencadena sino cuando es verdaderamente necesario, dada la limitación del crecimiento de las plantas por carencia de formas combinadas de este elemento en los suelos, ya que cantidades suficientes de nitratos o de amonio inhiben a las enzimas responsables de este proceso.

El ciclo del nitrógeno, junto con los ciclos del bióxido de carbono (CO_2), del azufre y del fierro, constituyen los ciclos de óxido-reducción más importantes que tienen lugar en los suelos y se encuentran integrados.

También colonizan el suelo numerosas especies animales, entre las cuales destacan los invertebrados que, junto con los microorganismos del suelo, se encargan de la descomposición de la materia orgánica. Gran parte de estas especies animales cohabitan en el suelo sin eliminarse unas a otras gracias a que ocupan “nichos ecológicos”³⁴ distintos y éstos difieren por algún parámetro importante (por ejemplo, régimen alimentario, periodo de actividad, lugar de reproducción). A manera de ejemplo, cabe mencionar que la lombriz de tierra, importante para el tema que nos ocupa, constituye un nicho ecológico.

En el suelo existe una gran variedad de cadenas y redes alimentarias que involucran a muchas de ellas, lo cual permite que la energía y los bioelementos circulen en el ecosistema. En la práctica, las relaciones

³⁴ Un nicho ecológico es el lugar, función y especialización de una especie en el interior de una comunidad.

tróficas o alimentarias, permiten repartir a los seres vivos desde las bacterias hasta los mamíferos en una multitud de cadenas, por lo general cortas, que se interrelacionan en una amplia red trófica, la cual descansa en la producción autótrofa realizada a partir del carbono inorgánico por los vegetales, los cuales son consumidos por los organismos herbívoros que, a su vez, sirven de alimento a los carnívoros. Los restos de cadáveres y los excrementos, alimentan las cadenas de organismos necrófilos o coprófilos que reciclan la materia muerta, volviéndola de nuevo asimilable por las raíces de las plantas, en lo que se conoce como el ciclo de la alimentación.

¡La naturaleza ha dicho: cómanse los unos a los otros,
pero no dejen restos!¹⁸

4.4.1. Descomposición de cadáveres y excretas

Además de los organismos que componen comúnmente los suelos, otros forman parte de los llamados “anexos del suelo”, en este caso orgánicos (también existen anexos inorgánicos como las piedras) y comprenden comunidades animales y fúngicas especializadas que habitan los suelos “por oleadas” sucesivas y que descomponen otros anexos orgánicos como los siguientes:

- **Anexos orgánicos directos que evolucionan rápidamente** (menos de un año); entre los que se encuentran cadáveres animales, excrementos, o frutas caídas al suelo.
- **Anexos orgánicos indirectos que evolucionan lentamente** (más de un año); como los árboles muertos, troncos, o la composta de jardines.
- **Anexos orgánicos indirectos** o “suelos suspendidos”, donde crecen las plantas epífitas y los que se encuentran en las cavidades de los troncos de los árboles.

Las primeras “oleadas” o “escuadrones” de organismos que descomponen la materia orgánica de los anexos del suelo, producen modificaciones físico-químicas en el medio que lo vuelven hostil para ellos y favorable para otra oleada de organismos, los cuales, a su vez, actúan sobre la materia en vía de descomposición produciendo nuevos subproductos que modifican el entorno y atraen un nuevo escuadrón de organismos, hasta que el “anexo orgánico” sobre el que actuaron desaparece como si hubiera sido digerido por el suelo. Por su naturaleza temporal, estos anexos orgánicos no pueden ser considerados como pequeños

ecosistemas, sino como fases del ciclo de generación de los bioelementos del suelo.

En un medio como éste, los cadáveres tienen una duración efímera y desaparecen bajo la acción del trío conformado por bacterias, hongos e invertebrados *necrófilos*; esta duración depende de su tamaño, la naturaleza del suelo en el que estén depositados o enterrados, el clima y los anexos orgánicos particulares que se encuentren en el lugar.

A manera de ejemplo, en Australia, la descomposición de un cadáver de cobayo pasa por cinco fases de descomposición, que corresponden a otras tantas oleadas de escuadrones necrófilos:

- Descomposición inicial del cadáveres: 0 a 2 días.
- Fase de putrefacción interna: 2 a 12 días.
- Fase de putrefacción negra: 12 a 20 días.
- Fase de fermentación butírica: 20 a 40 días.
- Fase de descomposición seca (momificación): 40 a 50 días.

Por su parte, las excretas de animales están sujetas a los procesos de descomposición en los que participan organismos coprófilos, principalmente insectos (sobre todo moscas y escarabajos o sea dípteros y coleópteros), que también se turnan por oleadas y los cuales varían dependiendo de que los animales sean herbívoros o carnívoros. Dada la cantidad enorme de excreta generada por algunos animales, como el ganado vacuno que pasta libremente, si no existiera este proceso de descomposición de la misma, pronto cubrirían la superficie de los campos dañándolos y limitando el acceso del pasto para ser consumido por el propio ganado.

4.4.2. Bioacumuladores y bioindicadores

En el suelo pueden existir organismos que tienen la capacidad de bioacumular ciertas sustancias que ingresan a su interior, entre los que se encuentran los saprófagos como dípteros y gusanos de tierra que comen mucho, así como numerosos predadores. Por esta circunstancia, el análisis de sus tejidos puede permitir conocer la magnitud de la contaminación de un sitio, entre otros, examinando a las lombrices que suelen acumular bifenilos policlorados (compuestos xenobióticos o extraños sintetizados en el laboratorio), plaguicidas o metales pesados.

Los cambios en la composición de las poblaciones que habitan los suelos también puede servir como bioindicador de los efectos de contaminantes ambientales sobre éstos.

4.5. Manejo de elementos tóxicos y contaminantes en el suelo

Algunos autores consideran que el suelo, en algunas condiciones, constituye un filtro que retiene las sustancias peligrosas que llegan a él y les impide incorporarse en las cadenas alimentarias.³⁵ Otros, sin embargo, consideran que dicho filtro se satura rápidamente y, como consecuencia, los elementos tóxicos pueden ser disueltos sin que se neutralice su toxicidad.³⁶ Ambos conceptos indican que la “toxicidad” vista como capacidad de una sustancia que posee la característica de provocar daños a seres vivos, no es absoluta sino potencial y depende de que se reúnan las condiciones para que se manifieste (¡la dosis hace al veneno!).

Así pues, la toxicidad de una sustancia (como efecto) dependería, entre otros factores, de la concentración de la misma en relación con la capacidad del organismo receptor expuesto de resistir a sus efectos adversos, la cual puede variar de un ser vivo a otro y depender de la forma química que adopte la sustancia tóxica.

³⁵ Duchafour P., Abregé de pédologie. Sol, végétation et environnement. Masson, Paris. 1997 (citado en nota 20).

³⁶ Häberli R., Lüscher C., Praplan-Chastenay B. t Wyss C., L’Affaire Sol. Pour une politique raisonnée de l’utilisation du sol. Ed. George. Ginebra. 1991 (citado en nota 20).

En relación con los vegetales, la toxicidad es definida como el carácter que presenta un elemento nutritivo para que, a partir de cierta concentración, rebase una cantidad conveniente a su crecimiento y puede depender de su interacción con otros elementos y de la especie química considerada. Por ejemplo, el aumento de la concentración de aluminio en un suelo puede ser el único *factor limitante*³⁷ que provoque la intoxicación de una planta, mientras que en otros casos, es más bien el nivel general de concentración de sales de todo tipo lo que causa tal efecto. Se han identificado alrededor de 38 metales pesados potencialmente tóxicos para las plantas, de los cuales algunos se encuentran comúnmente en los suelos y a ciertas concentraciones juegan papeles esenciales, como ocurre con el hierro, el manganeso, el cobre, el zinc o el molibdeno, que forman compuestos con moléculas orgánicas (como las enzimas) o inorgánicas; otros como el cadmio, mercurio y plomo son frecuentemente contaminantes importantes de los suelos y no son esenciales.

Para sobrevivir en un medio en el que se encuentran presentes sustancias tóxicas, las plantas han desarrollado dos mecanismos fisiológicos de defensa:³⁸

- Adaptaciones internas que les permiten evacuar las sustancias tóxicas o almacenarlas en una forma inactiva.
- Mecanismos externos que hacen más lenta o impiden la entrada de cationes tóxicos a su interior, pudiendo existir hongos en las micorizas³⁹ que filtran los flujos iónicos antes de su ingreso a las plantas.

Adicionalmente, también se han producido cambios genéticos que confieren resistencia para los metales tóxicos a ciertas plantas, que están ligados al desarrollo de enzimas capaces de destoxificarlos.

³⁷ Factor limitante es aquél que se encuentra más cerca del nivel fisiológico crítico mínimo o máximo de una planta.

³⁸ Baker A.J.M., Metal tolerance. *New Phytol.* 106: 93-111, 1987.

³⁹ Las micorizas constituyen una asociación simbiótica entre un hongo y la raíz de una planta de la cual derivan funciones fundamentales, particularmente, pero no sólo, nutricionales.

La rizósfera, en particular, está siendo objeto de estudio por las numerosas aplicaciones para la agricultura y biotecnología ambiental que pueden derivar de sus capacidades, sobre todo para descontaminar los suelos y aguas, ya que ella constituye un lugar adecuado para que se produzca la mineralización⁴⁰ de compuestos orgánicos sintéticos potencialmente tóxicos⁴¹. Entre otros, esta propiedad es el resultado de la actividad de los numerosos microorganismos que habitan en ellas y que producen enzimas que actúan sobre los agentes tóxicos que estimulan su producción al asemejarse a otras moléculas a las que comúnmente metabolizan.

La utilidad de la rizósfera como medio o mecanismo descontaminador podría extenderse más allá de los compuestos agroquímicos e incluir también a contaminantes de origen industrial, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, los residuos del petróleo y los hidrocarburos halogenados, los cuales parecen ser degradados en la zona vecina a la rizósfera tanto en suelos aireados como hidromorfos.⁴²

Se prevé incluso la posibilidad de lograr una bioremediación⁴³ de los suelos, bajo ciertas condiciones en las cuales los organismos encuentren los factores ecológicos favorables, cultivando plantas que contengan en la rizósfera poblaciones adecuadas, tales como bacterias, hongos o protozoarios, cuyo efecto protector podría ser modulado.

La fijación de los contaminantes del suelo en la humina, representa otra forma de bioremediación y es contraria a la lixiviación e infiltración de esas sustancias hacia los acuíferos.

Así, por ejemplo, diversos derivados aromáticos de fenoles que contaminan los suelos, como el paratión, el oxadiazón, el 2-4, D y el

⁴⁰ Mineralización es el proceso físico, químico y biológico que lleva a la transformación de constituyentes orgánicos en constituyentes minerales.

⁴¹ Anderson T.A., Guthrie E.A. y Walton B.T., Bioremediation in the rizosphere. *Envir. Sci. Technol.* 27:2630-2636, 1993.

⁴² Aragno y Ulehlova. En: Lachavanne J.B. y Juge J. (Editores). *Biodiversity in land/inland water ecotones*. MAB Series Vol. 19, Parthenon publishing. Carnforth (GB) (citado en nota 1).

⁴³ Bioremediación se define en este contexto como el tratamiento de un medio por un proceso biológico tendente a eliminar las sustancias contaminantes y tóxicas.

2,4,5-T, empleados como plaguicidas; o las fenilureas, fenilcarbamatos, acilanilinas, dinitroanilinas o la 2,6, dicloro-4-anilina, se comportan de manera análoga a las anilinas y fenoles naturales, por lo que pueden ser sometidos a procesos enzimáticos de oxidación que conducen a la formación de radicales y de quinonas reactivas, que se acoplan oxidativamente con las moléculas de humina. Como resultado de este proceso, dichos contaminantes son completamente inactivados y retirados de las cadenas alimentarias.

En numerosos casos estudiados, esta liberación parece ser muy lenta, lo cual contribuye a que los contaminantes liberados sean mineralizados por los microorganismos del suelo a medida que esto ocurre.

4.6. El papel de las enzimas que constituyen el suelo

Para comprender mejor los fenómenos de descomposición de la materia orgánica y la destoxificación de sustancias naturales o contaminantes del suelo, en los cuales intervienen enzimas, conviene mencionar que existen dos tipos principales:

Las enzimas constitutivas, que se encuentran en el suelo sin que esté presente el sustrato sobre el cual actúan y que están listas a entrar en acción en cuanto éste aparezca sin que, en consecuencia, varíe su concentración. Entre ellas se encuentran las depolimerasas, las enzimas asociadas a la mineralización de ciertos compuestos orgánicos y las ligadas a la humificación.

Las enzimas inducibles, que sólo aparecen cuando se introduce en el suelo el sustrato correspondiente; esto implica que se genere una señal consecutiva a la presencia de dicho sustrato, que induzca la producción y secreción de la enzima por el organismo correspondiente. En este caso, tras un periodo de latencia, la cantidad de la enzima producida y liberada aumenta con el tiempo, hasta que se agota el sustrato y cambian las condiciones físico-químicas del entorno como consecuencia de su entrada

en acción sobre dicho sustrato. Sin embargo, una cierta cantidad de estas enzimas queda adherida a las partículas del suelo para actuar sobre el sustrato y generar a partir de éste, dímeros o monómeros solubles que pueden penetrar a los organismos productores de las enzimas y actuar como señales para desencadenar dicha producción.

4.7. Utilidad de copiar el manejo de desechos por la naturaleza

El tratamiento biológico de los desechos orgánicos generados por las actividades humanas para producir composta, constituye una imitación acelerada del proceso aerobio natural, a partir del cual, se manejan los desechos en la naturaleza; por ejemplo, los que se desarrollan en la paja de los establos en la que se depositan las excretas de los animales. La posibilidad de utilizar la composta como mejorador de suelos (pues contiene compuestos orgánicos precursores del humus) o como fertilizante, dependiendo de su contenido de bioelementos, le da una connotación distinta a los desechos orgánicos que, de esta manera, se constituyen en un insumo que favorece a los suelos; por ello, es conveniente aprender cómo se manejan los desechos en la naturaleza para eficientar los procesos de manejo de los residuos de la sociedad actual.

La descomposición de los desechos vegetales (ramas, hojas, flores, frutos, paja, raíces, secreciones) o animales (excreta, mudas, cadáveres), ocurre por una transformación progresiva que culmina con su oxidación y la formación de CO_2 (figura 3). Sin embargo, normalmente la descomposición natural de los desechos por los ecosistemas, salvo que estos últimos estén disminuyendo, no conlleva el aumento en la cantidad de CO_2 liberado a la atmósfera, puesto que dicho gas es fijado por la vegetación y su consumo por ésta depende de la demanda provocada por el crecimiento de las plantas.

FIGURA 3. *Ciclo natural de los desechos orgánicos*



Tratándose de materia orgánica en vías de transformación o de nueva síntesis, como el humus, se presenta una resistencia a la degradación, lo cual hace que su tiempo de residencia en los suelos pueda medirse en años e incluso siglos o milenios.

Igualmente, existe una evolución de los desechos orgánicos diferente a la antes descrita, cuando éstos se encuentran en un medio carente de oxígeno, como puede ocurrir en los sedimentos o en un pantano; ya que una fracción importante de estos desechos, particularmente los materiales a base de lignina, no se degradan en estas condiciones o se humifican muy lentamente y, puede darse el caso de que se fosilicen, como ocurrió en el Carbonífero (en el cual se formaron los yacimientos de carbón). A medida que esto ocurre, aumenta el oxígeno liberado a la atmósfera y la fracción degradable en condiciones de anaerobiosis produce la formación de metano y gas carbónico produciendo lo que se conoce como gas del pantano o biogas.

La combinación del **compostaje** -empleando un proceso aeróbico- y de la **metanización** biológica (figura 4), semejante al proceso anaeróbico referido en el párrafo anterior y capaz de generar un gas que puede utilizarse como fuente de energía, pueden incluirse en un sistema de

gestión integral de desechos de origen biológico, con lo cual no sólo se lograrían reducir los problemas ambientales que ocasiona el manejo y eliminación inadecuados de tales desechos, sino que podrían maximizarse los beneficios ecológicos de la materia orgánica contenida en ellos, entre otros, al contribuir a renovar el humus.

Cabe resaltar el hecho de que un sistema de gestión de los desechos orgánicos que combine compostaje y metanización, implica considerar aspectos como los siguientes:

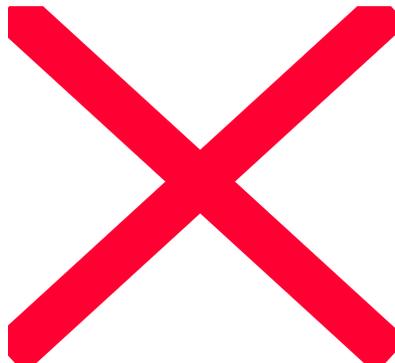
1. La separación de los desechos orgánicos de los inorgánicos desde la fuente en la que se generan.
2. La segregación de los desechos orgánicos ricos en materiales a base de lignina y estructurados, susceptibles de convertirse en composta (como los forestales y algunos de jardinería), de los que son ricos en agua, pobres en lignina y poco estructurados, que pueden ser sujetos a una digestión metánica (como las frutas, legumbres, excreta animal, lodos de plantas de tratamiento, ricos en materiales transformables en condiciones anaerobias como la celulosa pura, pectinas, almidón, proteínas, lípidos y azúcares libres).
3. La identificación y control de los posibles riesgos higiénicos (principalmente los que pudieran derivar de la presencia de agentes patógenos) que pueden presentarse al producir composta y que pueden eliminarse o reducirse considerablemente mediante técnicas apropiadas.

FIGURA 4. *Gestión cíclica de los desechos orgánicos*



Un enfoque como el antes descrito, basado en el manejo cíclico de los materiales, en sustitución de las formas actuales de producción de bienes por la industria de la transformación, y de la administración de los servicios de limpia de acuerdo con modelos lineales (“del final del tubo”) contaminantes y centrados en el entierro de los desechos sin obtener de ello ningún beneficio es, sin duda alguna, una forma de volver sustentable el manejo de los residuos (figura 5).

FIGURA 5. *Introducción del reciclaje de desechos orgánicos en las prácticas de producción y consumo*



4.8. Lecciones

De la lectura de este capítulo se pueden extraer las siguientes lecciones:

1. El suelo es un universo complejo cuya función es esencial a la vida sobre el planeta.
2. Su riqueza y potencialidad se desarrolló a lo largo de cientos de años e incluso milenios, por lo que una vez perdida es casi imposible restaurarla.
3. Los procesos biológicos, físicos, químicos y físico-químicos que se llevan a cabo en los suelos, contribuyen al reciclaje de los materiales que componen a la materia orgánica, con lo cual no se generan desechos.
4. Los procesos antes mencionados pueden aprovecharse para dar un manejo ambientalmente efectivo a los desechos orgánicos que genera la sociedad, convirtiendo un problema en una oportunidad para recuperar su valor nutritivo y energético.
5. Dichos procesos pueden también ser aprovechados para el manejo de residuos industriales.
6. La protección y utilización del suelo como un aliado en el manejo de los residuos, demanda que en la planeación de su cuidado y aprovechamiento, se caractericen adecuadamente e intervengan equipos multidisciplinarios.

Conclusión

Se requiere desarrollar una cultura de protección del suelo y ampliar los conocimientos que se tienen sobre su comportamiento y forma en que sus diversos componentes pueden intervenir para procesar y aprovechar los desechos.

CAPÍTULO 5

Remediación de sitios contaminados por residuos

¡ Lo barato sale caro !

Durante cientos de años hemos recurrido a las formas más baratas para deshacernos de nuestros residuos y retirarlos de nuestra vista, ya sea arrojándolos a los cuerpos de agua para que se dispersen, tirándolos en barrancas, enterrándolos sin ninguna protección y, sólo hasta muy recientemente y en el mejor de los casos, depositándolos en instalaciones conocidas como rellenos sanitarios húmedos o semihúmedos que implican obras de ingeniería para contener la liberación de los líquidos y gases que se desprenden de la basura sin tratar que se deposita en ellos.

Estas prácticas, en el presente le están costando muy caras a la humanidad en general y a nuestro país en particular, puesto que con ellas se ha deteriorado la calidad del agua que es un recurso esencial para la vida y cada vez más escaso, se han dañado los suelos volviéndolos improductivos, se han emitido a la atmósfera gases que provocan alteraciones en el clima

mundial y se han provocado otra serie de fenómenos indeseables que tienen implicaciones ambientales, sanitarias, económicas y sociales.

Como muchos de los sitios contaminados con residuos llegan a representar riesgos considerables para el ambiente y la salud, la respuesta gubernamental a esta situación ha incluido, entre otros, el desarrollo de leyes generales para regular todo tipo de residuos desde la perspectiva ambiental, a fin de que por doquier en los países se les maneje de manera segura y en condiciones aceptables y compatibles con los esquemas de desarrollo sustentable. Junto con ello, se han desarrollado otros instrumentos jurídicos que, de manera específica, tratan el asunto de la remediación de los sitios contaminados con residuos que representen riesgos significativos, con lo cual se han ido acumulando experiencias al respecto en el mundo, las cuales de manera consistente indican que es más costoso remediar que prevenir.

México no ha sido ajeno a esta tendencia ya que, como se indica en el capítulo de este manual sobre la Protección Jurídica de los Suelos, el artículo 98 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece que para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo se considerarán los criterios contenidos en él, los cuales hacen referencia a que:

- El uso del suelo debe ser compatible con su vocación natural y no alterar el equilibrio de los ecosistemas, para que éstos mantengan su integridad física y su capacidad productiva.
- La realización de las obras públicas o privadas (como son los rellenos sanitarios o tiraderos controlados y confinamientos de residuos), que por sí mismas puedan provocar deterioro severo de los suelos, debe incluir acciones equivalentes de regeneración, recuperación y restablecimiento de su vocación natural.

Estas y otras disposiciones relacionadas con la gestión de los residuos sólidos municipales, industriales y peligrosos, contenidas en la LGEEPA, han sido consideradas y ampliadas en las leyes estatales ambientales que

han servido de base a algunos de los reglamentos municipales que regulan el manejo de los residuos de jurisdicción local y la administración de los servicios de limpia, así como tenidas en cuenta al desarrollar la Norma Oficial Mexicana 083 que establece los requisitos que deben reunir los sitios para ubicar las instalaciones destinadas a su disposición final.

Como uno de los medios ambientales que se trata de proteger con estas disposiciones legales son los suelos, se ha incluido en este manual un capítulo dedicado a analizar los aspectos esenciales de la composición y funcionamiento de los mismos que los consideran como un sistema ecológico, a fin de facilitar a quienes toman las decisiones, la puesta en práctica de estos ordenamientos, los cuales, sin conocer lo que son los suelos, no podrían dar lugar a acciones verificables y a resultados medibles.

Sin embargo, la Ley es muy clara al indicar que también el agua debe protegerse de los agentes contaminantes, como los que están contenidos en los residuos, por lo cual, la protección de los suelos está directamente ligada con la del agua; y ésta, a su vez, es protegida en la medida que es el sustento de la vida humana y de los otros organismos de los ecosistemas. Por ello, se han establecido parámetros para determinar los criterios de calidad que debe reunir, sobre todo, cuando es empleada para el consumo humano; razón por la cual se ha incluido en el anexo 4 de este documento, referencia a los valores guía de calidad del agua de consumo humano para una serie de sustancias químicas potencialmente tóxicas, que pueden llegar a estar contenidas en los residuos.

En estas circunstancias, la restauración o remediación de los suelos implica considerar cuándo, cómo y qué tanto se les debe limpiar, para que recuperen la capacidad de realizar sus funciones esenciales, compatibles con el equilibrio de los ecosistemas de los que forman parte, así como para proteger el agua de consumo, la salud humana y los organismos de la biota acuática y terrestre que dependen de ella.

Esto último, es el propósito del presente capítulo, el cual se centrará en la descripción de la problemática que significan los sitios contaminados y su remediación, así como de las políticas y enfoques seguidos en otros países al respecto, como base para sustentar propuestas de políticas, programas y disposiciones jurídicas en la materia a nivel estatal y municipal, tomando en cuenta que el artículo 135 de la LGEEPA dice que los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo, deberán considerarse en:

“La operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios”.

Asimismo, al desarrollar este capítulo se tendrá en cuenta que el artículo 136 de la Ley dispone que: “Los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar”:

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

Puesto que en este último artículo se hace mención a los riesgos y problemas de salud, se incluirá también en esta sección mención a cómo se realiza la evaluación, prevención y control de riesgos y problemas de salud.

5.1. Importancia de los suelos para la protección de las aguas subterráneas⁴⁴

⁴⁴ Fuentes Ruíz C., Importancia de los suelos para la protección de las aguas subterráneas. En: Conservación y Restauración de Suelos. C. Siebe, H.C. Rodarte, G. Toledo, J. Echevers y C. Oleschko (Editores). Programa Universitario de Medio Ambiente. Universidad Nacional Autónoma de México. 1999.p.p. 89-100.

Entre las diferentes capas u horizontes del suelo que juegan un papel fundamental en la transferencia y transformación de las sustancias que se depositan en él y en el tiempo que tardan éstas en alcanzar las aguas subterráneas, se encuentra la zona no saturada superficial del suelo. La calidad del agua de un acuífero subterráneo depende, tanto de la calidad del agua que recibe la cuenca que lo abastece, como de la capacidad del suelo de dicha cuenca para retener y eliminar compuestos químicos y organismos no deseables.

Para los fines que se persiguen en este documento, es importante enfatizar el hecho de que el suelo funciona como un filtro para el agua que se percola a través de él, de manera que los elementos que están suspendidos o solubilizados en dicha agua, pueden ser atrapados por los poros del suelo, ser adsorbidos a las partículas del mismo, interactuar químicamente con otros componentes del suelo, ser degradados química o biológicamente o ser transportados hacia los acuíferos subterráneos, dependiendo de sus características físicas y químicas, lo que plantea la complejidad de la interpretación de los datos acerca de la contaminación de los suelos por residuos, en términos de riesgos para los acuíferos de ser deteriorados por la presencia de sustancias que pueden afectar la salud de la población que se abastece a partir de ellos.

El suelo actúa también como un filtro para los microorganismos patógenos, protegiendo con ello a los acuíferos subterráneos; no obstante, el tiempo que pueden sobrevivir los agentes infecciosos en un suelo, conservando su virulencia o su capacidad infectiva suelen variar dependiendo del tipo de que se trate. Por ejemplo, la supervivencia de bacterias patógenas en suelos normales puede fluctuar desde varios días hasta varios meses y depende de factores tales como el contenido de humedad y de materia orgánica del suelo, así como de la temperatura y la acidez o alcalinidad del mismo, además de ser vulnerables a la acción de otros microorganismos antagónicos presentes en el suelo.

Comúnmente, los protozoarios y los helmintos patógenos suelen sobrevivir mayor tiempo en el suelo que las bacterias entéricas,

sobresaliendo la capacidad de supervivencia de los Ascaris. Por su parte, los enterovirus pueden mantenerse vivos por periodos que varían entre 25 a 170 días, siendo afectados por los mismos factores que influyen sobre las bacterias y por la presencia de sales cloradas.

La textura, estructura, la cantidad de materia orgánica y la microflora de un suelo, influyen de manera importante en la posibilidad de migración de los agentes patógenos, particularmente de aquéllos contenidos en las aguas residuales con las que se irrigan éstos, encontrándose que del 90 al 95 por ciento de los agentes patógenos presentes en la materia fecal se concentran en la superficie del suelo tras su riego con esta agua y sólo del 5 al 10 por ciento penetra hacia las capas más profundas. Esto mismo parece ocurrir con los virus fecales que se adsorben sobre varios de los componentes del suelo.

5.2. Nociones sobre peligro y riesgo

En el primer manual de esta serie de “Manuales para Regular los Residuos con Sentido Común”, se incluyó un capítulo intitulado “Bases para Regular los Residuos”, en el cual se consideran los distintos enfoques que se han seguido en el mundo y en México para definir y clasificar los residuos que se generan en las diferentes actividades humanas con base en criterios tales como:

- Sus propiedades físicas, químicas, toxicológicas o biológicas.
- Si son inorgánicos u orgánicos.
- Las fuentes que los generan (por ejemplo, residuos domésticos, industriales, comerciales, mineros, agropecuarios, forestales, etcétera).
- Los lugares en los que se generan (por ejemplo, urbanos o rurales).

También se mencionó que si bien existen residuos que se consideran inertes, no existen residuos inocuos, ya que aun este tipo de residuos (como los plásticos o los residuos de la construcción) cuando se manejan mal pueden afectar al ambiente y ocasionar serios daños (por ejemplo, al

tapar los drenajes, desviar el cauce de los ríos o cuando al acumularse bajo los puentes de los ríos, provocan inundaciones).

Por lo anterior, en estos manuales se insiste en que los residuos de todo tipo requieren ser manejados de manera segura y ambientalmente adecuada, lo cual hace necesario conocer sus propiedades y cómo se comportan una vez que han sido liberados al ambiente, pues cada grupo de residuos puede requerir un manejo particular para, en la medida de lo posible, prevenir o reducir sus riesgos al menor costo de transacción factible y socialmente aceptable.

En la legislación ambiental mexicana, al igual que ha ocurrido en otros países, se ha incorporado la noción de residuos peligrosos a los que se define como sigue:

“Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente”.

Cabe señalar que la regulación y el control de los residuos peligrosos, de conformidad con la LGEEPA, son considerados como una facultad de la autoridad ambiental federal, salvo en el caso de los residuos peligrosos considerados como de baja peligrosidad, cuyo control puede pasar a ser responsabilidad de los gobiernos de las entidades federativas que así lo convengan con la Federación.

Hacemos mención a estos aspectos dentro de este capítulo, dedicado a la remediación de suelos contaminados con residuos sólidos de jurisdicción local, por lo siguiente:

- Los residuos peligrosos tal como han sido definidos, se generan en todas las actividades que realiza la sociedad, incluso en los hogares, estimándose que el 1% de los residuos domésticos

constituyen residuos peligrosos,⁴⁵ en tanto que se calcula que del 10 al 15 % de los residuos industriales contienen residuos peligrosos.⁴⁶

- Los criterios que se emplearon para definir o caracterizar a un residuo como peligroso, dejaron fuera diversos aspectos que pueden hacer que lo sea, dado lo cual en los residuos que se están vertiendo en los tiraderos de basura o en los rellenos sanitarios (sobre todo entre los residuos industriales), sin duda se encuentran algunos que están dotados de propiedades inherentes o intrínsecas que les confieren la capacidad de provocar efectos adversos en los medios ambientales, en la salud humana o en los organismos de la biota.
- Las instalaciones de empresas industriales o de servicios, en las que se almacenan residuos sólidos o líquidos sin las medidas necesarias para prevenir la migración de sustancias contaminantes hacia las capas inferiores de los suelos, los acuíferos o los cuerpos de agua superficiales, están creando sitios contaminados que es preciso evaluar y controlar, lo cual puede requerir su remediación.

Dadas estas circunstancias, quienes generan y manejan los residuos están obligados a conocer las propiedades que caracterizan a dichos residuos para identificar aquellas que, independientemente de la visión jurídica, les doten de peligrosidad que se puede manifestar durante su manejo si se reúnen las condiciones requeridas para ello, a fin de adoptar las medidas necesarias para prevenir o reducir los riesgos que esto conlleva.

Por lo anterior, a este primer concepto de peligrosidad, definida como la propiedad inherente a un residuo (física, química, toxicológica, o biológica) que le hace capaz de provocar daños en ciertas circunstancias, se le debe completar con la noción de riesgo, el cual, para los fines que se persiguen en este manual se define como:

⁴⁵ Restrepo I., Bernache G. Y Rathje W., Los demonios del consumo (basura y contaminación). Centro de Ecodesarrollo. México. 1991.

⁴⁶ Biswas A.K., Environmental Aspects of Hazardous Waste for Developing Countries: Problems and Prospects. Capítulo 22. En: Hazardous Waste Management., Maltezou S.P., Biswas A.K. t Suttet H. Editores. Tycooly. UNIDO. Viena.

La probabilidad o posibilidad de que un residuo, en función de su forma de manejo y de la exposición de los medios ambientales, seres humanos u organismos de la biota, a que dé lugar, ocasione efectos adversos.

El concepto de riesgo suele incluir también la consideración de la severidad del daño y del número de seres humanos o de organismos afectados por él, o la cantidad de suelo o de agua deteriorados. Cabe hacer notar que la LGEEPA no incluye ninguna definición ni de peligro ni de riesgo.

La consideración a estos aspectos de peligro y riesgo es importante en el contexto de la remediación de suelos, puesto que lo que se persigue es reducir la peligrosidad, así como la concentración o cantidad de agentes contaminantes contenidos en los residuos que han sido vertidos, depositados o infiltrados en ellos, para evitar o minimizar los daños que éstos puedan ocasionarle a los propios suelos, a los organismos que los conforman y demás seres vivos que puedan entrar en contacto con ellos, incluyendo los seres humanos. Es decir, de lo que trata la remediación de suelos es de prevenir o reducir los riesgos que pudieran derivar de su contaminación por residuos.

Enfoques seguidos en otros países para caracterizar y remediar sitios contaminados

A manera de ejemplo, se citarán a continuación tres casos de países que han adoptado políticas, estrategias y ordenamientos legales para hacer frente al problema que representan los sitios contaminados, con el propósito de resaltar la complejidad del tema y la necesidad de que México desarrolle políticas y regulaciones al respecto que respondan a sus propias circunstancias, capacidades y recursos.

5.3.1. Sao Paulo, Brasil ⁴⁷

En esta Provincia de Brasil, se ha establecido lo que se denomina como la “Administración de las Áreas Contaminadas” (o AC), la cual está orientada a minimizar el riesgo que representa la existencia de las mismas para la población y el ambiente, a través de un conjunto de medidas que aseguren el conocimiento de sus características y de los posibles impactos causados por ellas, para aportar los elementos necesarios para la toma de decisiones sobre las formas de intervención adecuadas (ver Política Ambiental de Brasil en los anexos de este manual).

A fin de optimizar los recursos técnicos y económicos, la metodología utilizada en dicha administración se basa en una estrategia constituida por etapas secuenciales, en la que la información obtenida en cada etapa, es la base para la ejecución de la etapa subsecuente y las cuales incluyen:

1. La definición de la región de interés y de los bienes a proteger.
2. Identificación de las áreas potencialmente contaminadas (AP).
3. Evaluación preliminar.
4. Investigación confirmatoria.
5. Plan de acción para la recuperación de AC.

En este proceso puede intervenir un órgano federal, estatal o municipal, así como la instancia privada que posea las atribuciones para controlar los problemas ambientales en la región de interés. Este órgano se responsabilizará de la ejecución de las etapas citadas y de la fiscalización de la puesta en práctica del plan de acción, el cual correrá a cargo del responsable de la contaminación.

La información obtenida a lo largo de los procesos referidos, es almacenada en un Catastro de Áreas Contaminadas, el cual constituye un elemento central en la gestión de estas áreas y la información puede ser

⁴⁷ De Araujo Cunha R.C. y Gloeden E., Gerenciamiento de áreas contaminadas na regio metropolitana de Sao Paulo, Brasil. En: Memoria del Seminario Internacional sobre Restauración de Sitios Contaminados. México. 26-29 de mayo de 1997. p.p 35-43.

utilizada en el control y planeación ambiental en las regiones de interés, así como ser proporcionada a otras instituciones públicas o privadas, para diversos fines, tales como la planificación urbana. El catastro está constituido por un banco de datos alfa-numéricos asociado a un Sistema Geográfico de Información (SIG), en el cual se registra información referente a aspectos como los siguientes:

1. Mancha urbana.
2. Vías de comunicación.
3. Geología e hidrografía.
4. Áreas de protección o restricción legal.
5. Localización de pozos de abastecimiento de agua, mapas de profundidad del nivel del agua subterránea y perímetros de protección de los pozos.
6. Mapas de uso y localizaciones de los AP y AC.

a) Etapa de priorización 1

Si no se tienen recursos suficientes para la evaluación preliminar de todas las AP identificadas en la región, debe realizarse un ejercicio de priorización a fin de identificar aquéllas consideradas como las más importantes y factibles de ser evaluadas con los recursos técnicos y económicos disponibles. Entre los factores que se consideran en esta etapa se encuentran:

1. La naturaleza de las sustancias presentes.
2. El potencial contaminante de la actividad desarrollada en el área,
y
3. Proximidad de los bienes a proteger.

b) Evaluación preliminar

Su principal objetivo es la realización de un levantamiento de datos disponibles sobre cada una de las AP identificadas en la etapa anterior y de un primer reconocimiento de la misma.

c) Clasificación 1

La información obtenida en la integración de la ficha catastral de AC, durante la etapa de evaluación preliminar, permite una nueva clasificación del área, la cual puede conservar su designación de AP o ser identificada como un área que se sospecha está contaminada (AS), en función de las evidencias sobre su contaminación, y siguiendo procedimientos previamente establecidos y divulgados.

d) Priorización 2

Las áreas clasificadas como AS en la etapa anterior, son sometidas a un proceso de puntuación a través del cual es posible establecer una priorización de las áreas evaluadas en función de los riesgos que representan y de los bienes a proteger considerados. El sistema de puntuación se construyó con base en una metodología denominada Information System Altlasten (ISAL), desarrollada en el Estado de Nordrhein-Westfalen, en Alemania, y que tiene la ficha catastral como única fuente de datos.

e) Investigación confirmatoria

En esta etapa, se evalúan nuevamente las áreas clasificadas como AS utilizando métodos directos e indirectos de investigación, a fin de confirmar las características de la contaminación y clasificarlas como AC.

f) Clasificación 2

Las AS evaluadas en la etapa de investigación confirmatoria, pueden recibir una nueva clasificación en función de los resultados obtenidos, pudiendo ser clasificadas como AC, AS, AP o ser excluidas del catastro. Las primeras deben incluirse en los planes de acción para su recuperación.

g) Plan de acción para la recuperación

Debe prepararse cuidadosamente, buscando aplicar técnicas de remediación compatibles con los usos futuros del área y seleccionadas en función del nivel de contaminación encontrado, los riesgos que éste representa y los bienes a proteger. Las etapas de este plan comprenden:

1. Investigación detallada.
2. Evaluación de riesgos.
3. Investigación para la remediación de AC.
4. Elaboración del proyecto de remediación de AC.

5.3.2. Japón⁴⁸

En Japón ocurrieron dos sucesos de contaminación ambiental por la disposición inadecuada de residuos que ocasionaron episodios de exposición, afectación e incluso muerte de seres humanos, los cuales fueron publicitados ampliamente por la prensa internacional y llevaron al gobierno de ese país a establecer una política rigurosa para regular y controlar la generación y manejo de los residuos, así como para remediar los sitios contaminados con ellos.

El primero de estos sucesos ocurrió en la Bahía de Minamata, en la cual una industria vertió durante años al agua residuos conteniendo mercurio metálico, el cual fue transformado en mercurio orgánico (metil mercurio) por el plancton marino que constituye la fuente de alimento de los peces,

⁴⁸ Yamamoto M., Política sobre contaminación del suelo en Japón. En: Memoria del Seminario Internacional sobre Restauración de Sitios Contaminados. México. 26-29 de mayo de 1997. p.p 23-40.

razón por la cual la ingestión de pescado contaminado fue la ruta a través de la cual la población consumidora se expuso a este metal tóxico y sufrió las consecuencias de ello.

El segundo evento fue el resultado del vertimiento al cauce de un río de los residuos de una mina con una alta concentración de cadmio; el agua fue empleada para la irrigación de arrozales, y el arroz fue consumido por la población, la cual manifestó síntomas graves de intoxicación.

Por lo anterior, no es fortuito que en ese país se preste particular atención a los sitios mineros y agrícolas contaminados con residuos y a limitar la concentración de metales pesados potencialmente tóxicos en suelos y cuerpos de agua de abastecimiento humano.

En consecuencia de lo antes expuesto, se publicaron las leyes sobre el Control de la Contaminación del Agua y sobre el Control de la Contaminación del Suelo en Terrenos Agrícolas (1971), así como la Norma Oficial Ambiental sobre la Contaminación del Suelo (1991), la Norma Voluntaria sobre Estudios y Medidas de la Contaminación del Suelo por Metales Pesados y Otros (1994) y la Norma Voluntaria Provisional sobre Estudios y Medidas de la Contaminación del Suelo y Aguas Subterráneas por Compuestos Organoclorados (1994).

En la Ley de 1971 sobre contaminación del suelo en terrenos agrícolas se fijaron límites máximos de cadmio en arroz (1mg/kg), de cobre en tierra (125 mg/kg) y de arsénico en tierra (15 mg/kg), en base a lo cual el gobernador local diseña un plan para controlar la contaminación del suelo, eliminar los contaminantes y definir los usos del suelo una vez restaurado; además se identifican áreas de alto riesgo en las que no se pueden permitir actividades agrícolas, en cuyo caso, la empresa contaminante debe indemnizar a los agricultores.

En 1994 se identificaron 128 zonas agrícolas contaminadas, con un área aproximada de 7,140 hectáreas que sobrepasaron los límites de

contaminación establecidos; en 91 de estas zonas el cadmio rebasó la norma, en 37 el cobre y en 14 el arsénico.

En el mismo año, se identificaron 232 casos de contaminación del suelo en zonas urbanas, 109 de los cuales afectaron el entorno, ya sea ríos o aguas subterráneas. En particular, se identificó la contaminación de aguas subterráneas por tricloroetileno y tetracloroetileno. Entre las industrias que más contribuyen a este tipo de contaminación se identificaron la de galvanización mediante cianuro y cromo hexavalente, la química que emplea plomo y mercurio, la de maquinaria eléctrica que utiliza tetracloroetileno y la de lavandería que usa tetracloroetileno.

La Norma Oficial Ambiental sobre Contaminación de Suelos establece límites permisibles para 25 tipos de contaminantes, como se indica en el cuadro 31.

CUADRO 31. Límites permisibles de contaminantes del suelo establecidos en Japón

Tipo de contaminante	Límite permisible
Cadmio	0.01 mg/l en arrozal 1.00 mg/kg de tierra agrícola
Cianuro	No detectable
Fósforo orgánico (paratión, metilparatión, metilzimetón, EPN).	No detectable
Plomo	0.01 mg/l en arrozal 15mg/kg en tierra agrícola
Cromo hexavalente	0.05 mg/l 0.01 mg/l en arrozal
Arsénico	15 mg/kg en tierra agrícola
Mercurio total	0.0005 mg/l
Mercurio orgánico (alquílico)	No detectable
Bifenilos policlorados (BPCS)	No detectable
Cobre	125 mg/kg en tierra agrícola de arrozal
Diclorometano	0.02 mg/l
1,2-dicloroetano	0.02 mg/l

Tetracloruro de carbono	0.002 mg/l
1,1-dicloroetileno	0.02 mg/l
Cis-1,2-dicloroetileno	0.04 mg/l
1,1,1-tricloroetano	1 mg/l
1,1,2-tricloroetano	0.006 mg/l
Tricloroetileno	0.003 mg/l
Tetracloroetileno	0.01 mg/l
1,3-dicloropropeno	0.02 mg/l
Simazina	0.006 mg/l
Tiuram	0.003 mg/l
Tiobengarb	0.02 mg/l
Benceno	0.01 mg/l
Selenio	0.01 mg/l

Algunos de los límites referidos en el cuadro anterior se amplían como se muestra en el cuadro 32, cuando el suelo contaminado está separado del nivel de aguas subterráneas y la concentración de los contaminantes en ellas es inferior a la indicada previamente.

CUADRO 32. Ajustes a los límites permisibles de contaminantes en suelo, en función de la profundidad de las aguas subterráneas, en Japón

Tipo de contaminante	Límite permisible	
	Cuando la concentración del contaminante en agua subterráneas es menor que:	Ampliación de los valores de control
Cadmio	0.01 mg/l	0.03 mg/l
Plomo	0.01 mg/l	0.03 mg/l
Cromo hexavalente	0.05 mg/l	0.0015 mg/l
Arsénico	0.01 mg/l	0.03 mg/l
Mercurio total	0.0005 mg/l	0.0015 mg/l

Selenio	0.01 mg/l	0.03 mg/l
---------	-----------	-----------

La Norma Voluntaria sobre Metales Pesados y Otros, indica el método técnico general para realizar estudios acerca de la contaminación del suelo y determinar el alcance de los tratamientos requeridos. Dicha norma considera nueve contaminantes con los mismos límites máximos fijados por la Norma Oficial Ambiental:

- BPCS
- Cadmio
- Cianuro
- Cromo hexavalente
- Arsénico
- Mercurio total
- Mercurio orgánico (alquílico)
- Plomo
- Selenio

A través del método de lixiviación se determina la magnitud de la contaminación y la posibilidad de encontrar afectación del subsuelo.

En la selección de los tratamientos de suelos contaminados, se toman en consideración tanto las condiciones naturales como sociales. Entre los parámetros en los que se basa la selección de la técnica de restauración se encuentra su efectividad, así como el control adecuado de las instalaciones de tratamiento. Las técnicas empleadas en la restauración de sitios incluyen, entre otros:

- Impermeabilización
- Técnica mixta que utiliza muros subterráneos y geomembranas
- Técnica mixta que emplea tabla estaca de acero y arcilla

Cuando las concentraciones de los contaminantes rebasan los límites que se indican en el cuadro 33, se aplican tratamientos químicos o solidificantes.

CUADRO 33. Concentraciones límites de contaminantes en suelos que requieren la aplicación de tratamientos químicos o solidificantes en Japón

Tipo de contaminante	Límite permisible
Cadmio	0.3 mg/l
Cianuro	No detectado
Tipo de contaminante	Límite permisible
Plomo	1 mg/l
Cromo hexavalente	1.5 mg/l

CUADRO 33 (Continúa). Concentraciones límites de contaminantes en suelos que requieren la aplicación de tratamientos químicos o solidificantes en Japón

Arsénico	0.3 mg/l
Mercurio total	0.005 mg/l
Mercurio orgánico (alquilico)	No detectado
BPCS	0.03 mg/l
Selenio	0.3 mg/l

En caso de que los contaminantes sigan sobrepasando los niveles anteriores después de aplicarse el tratamiento citado, se confinan con un muro de concreto.

La Norma Voluntaria Provisional sobre Compuestos Organoclorados, considera los 10 tipos de compuestos que los contienen y los 5 tipos de insecticidas siguientes:

- Compuestos organoclorados
 - Diclorometano
 - Tetracloruro de carbono
 - 1,2-dicloroetano
 - 1,1-dicloroetileno
 - Cis-1,2-dicloroetileno
 - 1,1,1-tricloroetano

- 1,1,2-tricloroetano
- Tricloroetileno
- Tetracloroetileno
- Benceno

- Insecticidas Agrícolas
 - Fósforo orgánico (paratión, metil-paratión, metil-zimetón, EPN).
 - 1,3-dicloropropeno
 - Tiourán
 - Simazina
 - Tiobengarb

Los métodos empleados para la determinación de gases en el subsuelo considerados en la norma provisional comprenden:

- Tubos detectores.
- Cromatografía de gases (equipo portátil).
- Fijación por hexano.
- Adsorción en carbón activado/desorción por calentamiento electromagnético/espectrómetro de masas.
 - Adsorción/desorción por calentamiento/cromatógrafo de gases.
 - Aspiración de gases del subsuelo.
 - Extracción de aguas subterráneas.

El control de la contaminación del suelo en zonas urbanas se centra en dos aspectos:

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

Entre las medidas legales de tipo preventivo se encuentran:

- El control de las aguas negras y la prohibición de la infiltración al subsuelo de las que contienen sustancias peligrosas (mediante la aplicación de la Ley sobre Control de la Contaminación del Agua).
- El control de emisiones (mediante la Ley sobre Control de la Contaminación del Aire).
- El control de los residuos (mediante la Ley sobre Tratamiento de Residuos).

Un problema particular en Japón deriva del hecho de que la mayor parte de las áreas urbanas contaminadas se encuentran dentro de propiedades privadas, sobre todo pertenecientes a empresas, y la ausencia de instrumentos legales que permitan al gobierno ejercer su autoridad para que las limpien; dado lo cual se ha creado un sistema de incentivos financieros consistentes en créditos a 20 años con bajos réditos para fomentar actividades de restauración.

5.3.3. Estados Unidos

Las políticas de este país, centradas en la protección de la salud y del ambiente, en la conservación de la energía y los recursos naturales, en la reducción de la generación de los residuos y en su manejo racional, partieron de un enfoque reactivo para situarse, en la actualidad, en unas de las más avanzadas en cuanto a enfoque preventivo se refiere. A lo largo de la última década se han establecido Programas de Manejo Integral de los Residuos que abarcan los siguientes conceptos:

- Gestión de los Residuos Peligrosos: Sistema de permisos regulatorios que cubren el manejo desde la cuna hasta la tumba/verificación del cumplimiento/programas estatales.

- Gestión de los Residuos Sólidos: Prohibición de tiraderos a cielo abierto/programas estatales/rellenos sanitarios municipales.
- Tanques de Almacenamiento Subterráneos: Notificación/normas de diseño y operación/verificación del cumplimiento/programas estatales.

Los Programas para la Prevención de la Contaminación establecen una jerarquía de opciones de gestión que incluyen:

- La prevención o reducción de la contaminación en la fuente.
- El reciclado.
- El tratamiento.
- La disposición u otras formas de liberación al ambiente seguras.

El proceso de respuesta a la contaminación de sitios comprende:

- La identificación de sitios.
- La evaluación de los sitios para enlistarlos o desarrollar acciones de inmediato.
- La investigación sobre el tipo de remediación necesario/estudio de factibilidad.
- La selección de las medidas de remediación.
- El diseño de la remediación/acciones de remediación.
- Operación y mantenimiento a largo plazo.
- Detección de sitios a partir de la Lista Nacional Prioritaria.

La Ley de Respuesta Ambiental Integral, Compensación y Responsabilidad (CERCLA), enmarca el programa de respuesta a las actividades pasadas que trajeron consigo la contaminación de los sitios identificados como prioritarios para ser objeto de actividades de limpieza, y constituye la base legal para la creación del Superfondo a partir de impuestos de la industria, fundamentalmente la petroquímica, destinados a sufragar los gastos al respecto. Desafortunadamente, esta iniciativa no ha sido lo exitosa que se esperaba ya que gran parte de los fondos (1.6 mil millones de dólares) se gastan en litigios para demostrar la responsabilidad de los contaminadores a fin de que paguen las

restauraciones de sitios para restituir los recursos gastados para tal fin provenientes del Superfondo. En este contexto, se ha creado un nuevo programa denominado Brownfields (campos cafés), a fin de limpiar sitios en los cuales se puedan promover desarrollos urbanos que permitan recuperar su valor económico y los costos de la restauración.

El Plan Nacional de Contingencia de Contaminación por Petróleo y Sustancias Peligrosas (NCO: CFR 300), constituye el marco regulatorio en el cual se basa la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) para que se lleve a cabo la limpieza de los sitios contaminados.⁴⁹

En dicho plan se establecen nueve criterios para tomar decisiones al respecto, los cuales incluyen la consideración de aspectos tales como:

- La reducción de riesgos para la salud y el medio ambiente;
- Efectividad a corto y a largo plazo;
- Permanencia;
- Reducción de volúmenes y toxicidad;
- Cumplimiento con otras leyes ambientales; y
- La aceptación del público.

Las etapas que comprende el proceso de limpieza de un sitio contaminado, de conformidad con el NCP, incluyen:

1. Estudio preliminar de todas las opciones de remediación que pudieran aplicarse, para eliminar aquellas que sean claramente inadecuadas.
2. Análisis en detalle de las opciones restantes para determinar si cada una cumple los criterios arriba mencionados.
3. La EPA propone opciones de remediación específicas y solicita comentarios del público durante un periodo establecido.
4. La EPA considera las opiniones vertidas por el público.

⁴⁹ Smith R.L., Selección de tecnologías de limpieza de sitios de residuos peligrosos. Fortalecimiento de la ciencia y mejoramiento de la economía. En: Manual de Evaluación y Administración de Riesgos. Kolluru R., Bartell S., Pitblado R. y Stricoff S. (Editores) Mc Graw Hill. 1998. p.p. 6-1 a 6-15.

5. La EPA elabora un registro formal de la decisión que incluye la descripción de la misma, especificando por qué fue tomada y las respuestas a todos los comentarios importantes recibidos.

Los “Lineamientos para la Evaluación de Riesgos del Superfondo”,⁵⁰ definen el papel que juega la evaluación de riesgos en la toma de decisiones. Durante la fase de análisis detallado de alternativas de remediación, el asesor de riesgos puede proporcionar información cualitativa o cuantitativa sobre la reducción de riesgos si le es requerida por el tomador de decisiones. Entre otros, se suelen proporcionar los siguientes datos cualitativos:

- Importancia relativa de los riesgos a corto plazo durante la limpieza.
- Magnitud del riesgo percibido por el público.
- Factores que crean una percepción de que los riesgos son elevados, ya sea por la cercanía de poblaciones a los sitios contaminados, por la presencia en éstos de sustancias sumamente tóxicas, por la desconfianza en las técnicas seleccionadas para remediar el sitio, por las posibles rutas de movilización de los contaminantes fuera del sitio, entre otros.

Recientemente se han propuesto procedimientos mediante los cuales los tomadores de decisiones pueden lograr mejor las metas de reducción de riesgos, tratando que éstos proporcionen la garantía de que:

- Las metas de concentración a alcanzar mediante la remediación sean razonablemente seguras;
- La remediación alcanzará las metas fijadas;
- La remediación será costo-efectiva.

En estos procedimientos se han introducido algunos cambios a las prácticas usuales, entre los que se encuentran los siguientes:

⁵⁰ U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol. II: Human Health Evaluation Manual (Part C, “Risk Evaluation of Remedial Alternatives”). Office of Emergency and Remedial Response. EPA/540/R92/004. Washington, Diciembre 1991.

- Se otorga prioridad máxima a la evaluación de riesgos en la etapa del Estudio de Viabilidad de la remediación y no solamente en la etapa en la cual se establece la línea de base para decidir si procede la remediación de un sitio.
- Las metas numéricas de limpieza se establecen para todos los medios contaminados en cada sitio, mediante un esfuerzo conjunto de evaluadores de riesgos y los ingenieros expertos en remediación que determinan los niveles de contaminación que cada tecnología alternativa puede lograr en el sitio y las posibles emisiones que deriven durante su aplicación. Por su parte, los evaluadores de riesgos procesan estos datos para calcular los riesgos asociados a las concentraciones de contaminantes que se alcancen y a las emisiones que se generen.
- Los métodos de evaluación de riesgo en un punto fijo son ampliados para lograr análisis probabilísticos mediante el uso de la simulación Monte Carlo, utilizando programas para computadoras de escritorio. La guía de evaluación de riesgo de la EPA ahora requiere “descriptores de riesgos múltiples” y menciona específicamente técnicas probabilísticas como el medio para proporcionarlos.
- La cuantificación de los riesgos residuales alcanzables mediante cada tecnología de remediación, durante la fase del “Estudio de Viabilidad”, permite un análisis costo-beneficio formal. Ya que la reducción de riesgos es un beneficio, las reducciones de riesgos calculadas de esta manera, pueden ser graficadas contra su costo, aportando al tomador de decisiones un indicador visual del valor de cada incremento adicional de recursos.⁵¹

5.4. Valorización de sitios remediados

Ante el problema que plantean los sitios contaminados abandonados, cuya limpieza no puede adjudicársele a una persona física o moral, los

⁵¹ La técnica que se sigue en la LGEEPA para establecer la política ambiental nacional, consiste en definir principios en los que ésta debe sustentarse, así como criterios que son más específicos y que se enuncian inmediatamente antes de los actos de autoridad con los que deben vincularse o en los que deben aplicarse.

gobiernos de los países más industrializados fueron los primeros en idear mecanismos para llevar a cabo su remediación y no sólo recuperar parte de la inversión correspondiente, sino también reaprovechar los suelos remediados para fines productivos. Esta es un área en continua evolución, por lo cual se recomienda a los lectores consultar las páginas Web de los gobiernos que han establecido programas para la valorización de los sitios contaminados, a fin de mantenerse al día sobre los avances logrados en la materia.

5.4.1. Perspectivas en México

En el capítulo de este manual relativo a El Suelo en México y su Afectación, se ha descrito la experiencia acumulada en los últimos años no sólo respecto a la identificación de sitios contaminados por el manejo y disposición inadecuados de residuos, particularmente los clasificados por la LGEEPA como peligrosos, sino también en relación con el desarrollo de instrumentos de gestión y de estrategias para la remediación de estos sitios, contándose con numerosas experiencias en la materia.

Asimismo, en el capítulo sobre La Protección Jurídica de los Suelos, se han descrito los avances regulatorios en este campo, los cuales son muy escasos y demandan fortalecer la legislación general y las leyes estatales ambientales en lo que a prevención de la contaminación por residuos y a la remediación de los sitios contaminados se refiere.

Por lo anterior, se ha integrado el presente manual y reunido información que se considera puede servir de base para abrir foros de discusión al respecto, en los cuales participen especialistas en las distintas disciplinas que intervienen en la caracterización de los sitios contaminados, la evaluación de los riesgos que éstos pueden representar para la salud humana y los ecosistemas, así como en cuestiones relacionadas con la remediación de los sitios, las cuestiones jurídicas que esto involucra, así como las de carácter económico y social.

Tratándose de residuos de jurisdicción local, es por demás apremiante eliminar la práctica de verterlos en lugares vulnerables y sin ningún control, así como identificar los sitios en los que han sido abandonados o depositados en condiciones que constituyen un riesgo inminente ambiental y/o sanitario, a fin de determinar las acciones a seguir para contener o reducir tales riesgos.

Sobre todo, es necesario plantear políticas estatales y municipales en esta materia, además de revisar y adecuar los ordenamientos jurídicos aplicables, a fin de contar con las bases legales que permitan la prevención y remediación efectiva de la contaminación ocasionada por los residuos.

Al realizar las tareas antes señaladas, se recomienda tener presentes los aspectos que se refieren a continuación.

Implicaciones de la contaminación por residuos sólidos municipales

Entre los materiales que constituyen a los residuos se encuentran algunos que pueden ocasionar daños a los seres vivos presentes en el suelo aun en pequeñas concentraciones, como se ejemplifica en el cuadro 34.⁵²

CUADRO 34. *Características químicas
de los contaminantes y efectos en los suelos*

Contaminante	Enlace químico	Efectos probables	Efectos posibles
Ácidos	Covalentes	Alteran el pH.	Disuelven minerales

⁵² Gutiérrez M. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II. Control de Residuos Peligrosos). Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos. Organizado por el Instituto Nacional de Ecología. 1997.

	Polares		y materia orgánica.
Bases	Iónicos	Alteran el pH.	Disuelven minerales anfóteros.
Carbonato de sodio	Iónico soluble, e l c a r b o n a t o s e h i d r o l i z a	Aumenta el pH y la conductividad, ocupa posiciónes en el complejo de intercambio.	El suelo pierde textura, se expande (sodicidad). La materia orgánica se solubiliza.
Nitrato de sodio	Iónico soluble, n o s e	Aumenta la conductividad y viaja a	Contamina acuíferos.

		h i d r o l i z a	cuer pos de agu a.	
Nitrato de amonio	Iónico soluble,	h i d r ó l i s i s á c i d a	Aumenta la conductividad y viaja a cuerpos de agua.	Eutroficación de cuerpos de agua.
Plaguicidas organoclorados	Covalente,	m o l e c u l a r d i	Ocupan poros del suelo, se absorben, son tóxicos, persiste	Se bioacumulan a través de la cadena alimentaria deposit

		<p>po l o s i n d u c i d o s</p>	<p>ntes y bioa cum ulab les.</p>	<p>ánd ose en los tejid os gras os.</p>
Gasolina	Covalente no	<p>p o l a r</p>	<p>Ocupa poros del suel o.</p>	<p>Quita oxígeno, mata la vida del suel o y lent ame nte cont ami na acuí fero s.</p>

CUADRO 34 (Continúa). *Características químicas de los contaminantes y efectos en los suelos*

Contaminante	Enlace químico	Efectos probables	Efectos posibles
Lubricantes	Covalente no	Ocupa poros del suelo.	Quitan oxígeno, mata la vida del suelo y lentamente contaminan acuíferos.
Cloruro de plomo	Iónico	En suelos ácidos que da soluble o forma quelatos insolubles. En suelos básicos forma minerales	Se precipita en la raíz y puede contaminar cuerpos de agua ácidos. Se acumula

		insolubles.	como mineral.
Arseniato de sodio	Iónico	Puede cambiar de estado de oxidación y formar compuestos volátiles.	Afecta la microbiota, contaminación acuiferos y en caso extremo a la atmósfera.

Fuente: Gutiérrez M. Curso Latinoamericano de Residuos Sólidos y Peligrosos (Módulo II. Control de Residuos Peligrosos). Tema: Nuevas tecnologías para el tratamiento de Residuos Peligrosos. Organizado por el Instituto Nacional de Ecología. 1997.

Como consecuencia de los efectos que tienen los contaminantes referidos en el cuadro anterior, los organismos del suelo pueden ser inhibidos o eliminados rompiendo el equilibrio bioquímico del suelo. Asimismo, los compuestos químicos pueden ser transferidos del suelo al aire o a los cuerpos de agua y afectar a un número mayor de organismos, incluyendo a poblaciones humanas que se abastezcan de las fuentes de agua contaminadas.⁵³

⁵³ INE-SEMARNAP. Minimización y manejo ambiental de residuos sólidos. 1999. p.p. 129-145.

5.5. Formación de lixiviados

Cuando el agua entra en contacto con los residuos depositados en un tiradero de basura o en un relleno sanitario, se pueden disolver las sustancias contenidas en ellos y formar una solución denominada lixiviado, que es rica en elementos contaminantes que al desplazarse verticalmente se infiltran en el suelo y pueden llegar a los acuíferos. Los lixiviados pueden formarse mediante cuatro procesos distintos que implican el contacto de los residuos con agua proveniente de:

- Precipitaciones pluviales.
- Escorrentías que la hacen moverse horizontalmente.
- Fuentes subterráneas por la elevación del nivel piezométrico.
- Derrames provocados durante las operaciones de depósito y compactación de los residuos.

Aun cuando la composición de los lixiviados suele ser muy variable, es frecuente encontrar en ellos:

- Hidrocarburos solubles.
- Nitrógeno orgánico y amoniacal.
- Metales pesados como cadmio, níquel, zinc, plomo.
- Alta demanda química de oxígeno (DQO) que llega incluso a valores de miligramos de oxígeno por litro de lixiviado.
- Salinidad elevada.

5.6. Lecciones

La breve revisión de las experiencias de otros países respecto de la caracterización y remediación de sitios contaminados con residuos hace ver que:

- La magnitud del problema de la contaminación de sitios por residuos, rebasa la capacidad de cualquier Estado para llevar a cabo su restauración, razón por la cual ha sido necesario

establecer criterios y procedimientos para determinar el grado de prioridad que debe acordárseles y, ante todo, ha mostrado que es urgente evitar que se sigan contaminando nuevos sitios.

- Dependiendo de cada país, y fundamentalmente de sus capacidades y recursos, se ha procedido en fases en cuanto a la prevención de los riesgos que representan los sitios contaminados, tanto para la salud humana, como para los ecosistemas y los bienes. También la atención se ha ido ampliando paulatinamente de un enfoque inicial centrado en prevenir los riesgos de contaminación de los acuíferos y de la ingesta del agua contaminada, a otros en los cuales se consideran riesgos adicionales, como los que derivan de la propia contaminación de los suelos o del arrastre de los contaminantes por el viento o hacia los cuerpos de agua superficiales.
- Es necesario contar con metodologías que permitan de manera objetiva caracterizar los sitios contaminados en función de sus riesgos.
- Se deben establecer criterios de limpieza para orientar a quienes deben de llevar a cabo o evaluar el grado de remediación de los sitios contaminados, basándolos en consideraciones de riesgos.
- Es preciso determinar los factores a considerar al evaluar la vulnerabilidad de los sitios contaminados, para definir el rigor con el cual deben ser remediados.
- Es indispensable fomentar el desarrollo de la capacidad institucional y tecnológica para hacer frente a la demanda de remediación de sitios contaminados.
- Se requiere desarrollar mecanismos para involucrar a los distintos actores sociales interesados en la definición de los planes de remediación, incorporando consideraciones respecto a la factibilidad tecnológica y económica para llevarlos a cabo.
- Se necesita establecer estrategias e instrumentos económicos que hagan posible la remediación de los sitios que representen un riesgo inadmisibles para la salud y al ambiente, particularmente cuando éstos se encuentran abandonados, así como para revalorizarlos y aprovecharlos en usos productivos.
- Es preciso desarrollar un marco regulatorio realista y aplicable que dé certeza jurídica, tanto a quiénes son responsables de la

contaminación de los sitios y de su remediación, como a quienes pueden verse afectados como consecuencia de ello.

Conclusión

Se requiere desarrollar una política nacional y una legislación general marco para sustentar la prevención de la contaminación y la remediación de los sitios contaminados por residuos.

CAPÍTULO 6

Bases para legislar la remediación de sitios contaminados

Las políticas en materia de remediación de sitios contaminados por materiales y residuos, son consideradas como sumamente contenciosas tanto por quienes son responsables de la contaminación como por quienes se ven afectados por ella, por lo cual deben establecerse con la participación de todos los interesados.

A lo largo de este documento ha quedado claramente establecido que el país enfrenta problemas serios de contaminación ocasionados por el manejo y, sobre todo, por la disposición inadecuada de los residuos de toda índole, a la vez que carece de un marco regulatorio que establezca las bases normativas de desempeño y de gestión ambiental mínimas para sustentar las acciones tendentes a caracterizar y remediar los sitios contaminados y ofrecer certeza jurídica a los interesados.

Dado lo anterior, el propósito de este capítulo es someter a la consideración de los lectores algunos elementos que puedan servir de base para integrar un marco regulatorio tanto general como particular en esta materia, teniendo presente que una vez que un sitio ha sido contaminado, es ex

tremadamente difícil restaurarlo en forma tal que recupere su estado original, entre otros, porque dicho estado frecuentemente se desconoce, pero también porque el costo o la dificultad para lograrlo lo impiden. Por éstas y otras circunstancias, la respuesta a la pregunta acerca de ¿qué tanto se debe de limpiar un sitio contaminado?, trasciende las cuestiones meramente científicas para incorporar consideraciones de otra índole, particularmente de carácter ético y social que involucran valorar la importancia de salvaguardar la vida y bienestar de la población, el equilibrio de los ecosistemas y los bienes públicos o privados que pueden verse afectados.

La fundamentación constitucional para el desarrollo de una legislación de esta índole, ha sido planteada previamente en el capítulo de este documento relativo a La Protección Jurídica de los Suelos, en el cual se describieron también los avances y vacíos al respecto identificados en las legislaciones ambientales tanto de carácter general, como estatales. Por lo tanto, para evitar redundancias innecesarias, sólo se enunciarán aquellos aspectos que sería necesario tomar en cuenta al elaborar los instrumentos regulatorios en materia de caracterización, remediación y valorización de sitios contaminados, que permitan contar con normas de desempeño y de gestión ambiental que faciliten el logro de los objetivos previstos en los textos constitucionales y en las leyes ambientales y sanitarias vigentes en materia de protección del ambiente y la salud.

Con base en los lineamientos de la técnica legislativa, se exponen a continuación, paso a paso, los elementos básicos a considerar al regular esta materia.

6.1. Exposición de motivos

La presentación de propuestas de iniciativas de ley suelen fundamentarse en una exposición de motivos a través de la cual los legisladores explican las razones que los llevaron a desarrollarlas y que adquiere importancia, además, cuando existe ambigüedad o falta de claridad en algunas de sus disposiciones, por lo cual los jueces las consultan en caso de presentarse

controversias en la interpretación de las leyes. Por la forma en que ha sido elaborado el presente documento, puede decirse que constituye en sí mismo una exposición de motivos amplia y fundada a una iniciativa de ley general en la cual se incorporen las disposiciones necesarias para sustentar la remediación de sitios contaminados con materiales y residuos, que sirva de marco a la regulaciones locales y particulares de la materia.

Sin embargo, se ha creído conveniente aprovechar este espacio para aportar a los lectores elementos adicionales que faciliten la identificación de las cuestiones sobre las que se requiere legislar y de las situaciones que se suscitan en la vida real, sin por ello pretender agotar el tema o hacer una revisión a fondo de todos los escenarios posibles que se pueden presentar respecto a la contaminación y remediación de suelos o sitios contaminados.

6.1.1. Relación entre materiales, residuos y fuentes de contaminación

Un primer aspecto a resaltar, es el hecho de que los residuos constituyen la fase final del ciclo de vida de los materiales de los que se originan, con los que comparten características comunes que les confieren su peligrosidad o su capacidad de provocar daños a la salud, al ambiente o a los bienes, de no manejarse de manera adecuada. Es por esta razón que la prevención de la contaminación por residuos se encuentra estrechamente ligada o depende de la forma en que se regule el manejo de los materiales que los constituyen.

La experiencia mundial y nacional ha mostrado que la mayoría de los sitios contaminados corresponden a lugares en los cuales se almacenó, manejó o dispuso finalmente de manera inadecuada, de materiales y residuos, o en los cuales ocurrieron fugas y derrames accidentales que liberaron éstos al ambiente. En muchos de los casos, estos sitios fueron abandonados por los responsables de la contaminación, creando una carga para el Estado y la sociedad, en cuanto a su limpieza y recuperación. Ante esta situación, los gobiernos han respondido estableciendo regulaciones

rigurosas para prevenir y controlar la contaminación que, entre otros, han incorporado la adopción de garantías financieras como condición para obtener la autorización para desarrollar este tipo de actividades, a fin de asegurar que al cierre de las operaciones de las mismas, los sitios en las que se realizan queden libres de residuos o de niveles de contaminación que puedan representar riesgos para la salud, el ambiente o los bienes públicos o privados, situación que no ocurre aún en México.

Por el contrario, en nuestro país cuatrocientos años de actividades mineras que han hecho de él uno de los principales productores de cerca de 19 distintos tipos de minerales, han dejado tras de sí enormes extensiones contaminadas con materiales entre los cuales se encuentran los jales o relaves que aún contienen valores susceptibles de ser recuperados y metales y otras sustancias potencialmente tóxicos que son causa de preocupación para las poblaciones aledañas o el origen de episodios de contaminación de suelos y cuerpos de agua por el rompimiento de las presas que los contienen.

Aunque más reciente, la explotación petrolera ha traído consigo la contaminación de amplias zonas del territorio nacional, algunas de ellas de alta vulnerabilidad, pues el petróleo se encuentra justamente en las regiones en las que se están ubicados los recursos naturales más valiosos y sensibles a los efectos de la contaminación. Por su parte, las actividades industriales, sobre todo del sector manufacturero, se han venido desarrollando de manera acelerada al igual que las petroleras a partir de la década de 1940, con una marcada concentración en unas cuantas entidades federativas, que por ello se encuentran entre las que más sitios contaminados presentan, aunque el tipo de contaminantes presentes en ellos son diversos, a diferencia de los que están presentes en las zonas mineras o petroleras

No menos importante es la contaminación de suelos y cuerpos de agua resultante de la forma irracional en la que se han manejado los agroquímicos, tanto fertilizantes como plaguicidas, identificados entre las principales fuentes de contaminación difusa, a diferencia de las fuentes puntuales antes señaladas.

No se quedan atrás como origen de la contaminación de sitios, los lugares en los cuales se han constituido tiraderos a cielo abierto de basura, tanto controlados como clandestinos; pues además de hallarse en ellos residuos orgánicos e inorgánicos no clasificados como peligrosos, también se encuentran presentes residuos peligrosos generados a nivel domiciliario o vertidos por la industria o por los establecimientos médicos junto con los desechos municipales.

Estos ejemplos muestran que tanto los particulares como las propias dependencias gubernamentales y empresas paraestatales se han constituido en fuentes contaminantes, lo que no puede ser ignorado al establecer regulaciones al respecto.

De este repaso breve de las fuentes contaminantes salta a la vista, asimismo, que se les puede distinguir en cuanto a: la antigüedad de sus emisiones, a la homogeneidad o heterogeneidad de las mismas, a su distribución espacial y la vulnerabilidad de los sitios en los que se encuentran ubicadas, así como respecto al carácter puntual o difuso de sus emisiones y las repercusiones que estas tienen o pueden llegar a tener sobre la salud de la población y el ambiente. Este tipo de distinciones es importante para diferenciar lo que podrían considerarse como pasivos ambientales, de la contaminación actual resultante de las actividades presentes e incluso de la contaminación súbita e intensa que puede derivar de la ocurrencia de accidentes, en particular, de los relacionados con el transporte de materiales y residuos peligrosos, incluso por ductos, lo que constituye situaciones que no pueden ser abordadas de la misma manera ni para regularlas ni para atenderlas.

6.1.2. Relación entre contaminación interna, externa y usos del suelo

Desde la perspectiva jurídica, como también desde la de sus posibles riesgos ambientales y sanitarios, existen diferencias entre los casos en los cuales los sitios contaminados se encuentran dentro de las propiedades o

de las instalaciones en las que se originó la contaminación, y aquellos en los cuales dicha contaminación trasciende éstas y afecta las propiedades de terceros, o a las poblaciones y ecosistemas circundantes.

En el primer caso, la limpieza de los sitios contaminados “intramuros” podría estar sujeta a menos exigencias que en el segundo, en el cual la contaminación tiene repercusiones que afectan a personas o bienes ajenos y al ambiente general, sobre todo cuando los sitios se encuentran en zonas en las que el uso del suelo es industrial, la vulnerabilidad del entorno no es muy alta y/o los materiales y residuos contaminantes no constituyen un riesgo mayor. Sin embargo, cuando se afecta a otros, por pequeño que pueda ser el daño este demanda ser resarcido, y la limpieza de los sitios puede requerir la reducción de la cantidad de sustancias contaminantes a niveles similares a los que prevalecían antes de que se liberaran al ambiente por las fuentes consideradas como responsables de la contaminación, independiente de los usos autorizados del suelo en la zona.

En cualquiera de los casos, la transferencia de propiedades que se encuentren contaminadas con materiales o residuos a otros propietarios, puede requerir el establecimiento de mecanismos que aseguren que éstos sean informados acerca de la situación en la que se encuentran dichas propiedades y que se defina quién será el responsable de llevar a cabo su limpieza en caso de requerirlo así la autoridad.

Un caso particular, lo representan los sitios que pertenecen a un propietario que no es el responsable de la contaminación y que los haya rentado a los contaminadores o que hayan sido objeto de actividades clandestinas de abandono de materiales o residuos, pues entrañan situaciones que tienen repercusiones jurídicas, sobre todo, cuando los niveles de contaminación representen riesgos inadmisibles para la salud de la población o para el ambiente.

Más complejo aún, es el caso de instalaciones rentadas o propiedad de empresas contaminantes extranjeras que abandonan el país dejando tras de sí volúmenes considerables de residuos y sitios sumamente

contaminados, o bien el de la importación clandestina de residuos peligrosos para ser abandonados en el territorio nacional, pues plantean problemas que trascienden la jurisdicción de las leyes mexicanas y que pueden requerir de negociaciones de carácter internacional por delitos no sólo de carácter administrativo, sino incluso penal. No es inusual tampoco, que se importen productos químicos por mecanismos aparentemente normales, pero que terminan siendo abandonados en los recintos aduanales sin que se identifique a sus propietarios, lo cual se convierte en un problema de manejo de residuos peligrosos, que como consecuencia de la legislación hacendaria terminan volviéndose propiedad de la Nación, con lo cual se pueden propiciar condiciones que favorecen la creación de sitios contaminados o con residuos peligrosos abandonados.

La relación que suele establecerse entre los niveles de limpieza requeridos en los sitios contaminados y los usos del suelo, está vinculada directamente con aspectos que tienen que ver con los riesgos, sobre todo a la salud de la población, puesto que en una zona de uso residencial es más probable que las personas sensibles, en particular los niños, las mujeres y los ancianos, pasen en ellas tiempos prolongados que pueden propiciar su exposición a las sustancias peligrosas de un sitio contaminado, de encontrarse éste en una zona de esta índole. Por el contrario, una zona de uso del suelo industrial se entiende como un área que ha sido seleccionada por no ser de alta vulnerabilidad y en la cual las personas que ahí se encuentran no son igualmente numerosas, sensibles o pasan tanto tiempo en ellas como ocurre en las zonas residenciales.

6.1.3. Prevención de riesgos a la salud y al ambiente

Tratándose de sitios contaminados con materiales y residuos que pueden constituir un riesgo para la salud y al ambiente, se deben establecer criterios y pautas normativas que indiquen cuáles son los niveles de contaminación aceptables o inaceptables, en función de los posibles usos del suelo y de la vulnerabilidad del entorno en el que se encuentren, lo

cual plantea la necesidad de involucrar a las autoridades sanitarias responsables de proteger la salud humana, además de las autoridades ambientales a las que corresponde proteger a los ecosistemas y regular el saneamiento ambiental.

Este es uno de los aspectos más complejos a tratar si se considera que existen miles de sustancias o de agentes potencialmente contaminantes y riesgosos, lo cual demanda definir a cuáles se les debe prestar atención en primer término, lo que en parte depende del nivel de conocimiento que se tenga sobre sus posibles riesgos y las condiciones en las que éstos pueden manifestarse; aspecto este último que puede involucrar la determinación de la relación existente entre los niveles de exposición a tales agentes y los efectos adversos que éstos puedan producir. Este no es un problema meramente técnico, sino que involucra consideraciones de otra índole, como son las relativas a definir:

- Cuánto se está dispuesto a pagar para reducir la concentración de un determinado contaminante a niveles mínimos;
- Qué tan factible tecnológicamente es alcanzar tales niveles;
- Qué tan viable económicamente es reducir la cantidad de contaminantes hasta los niveles deseados;
- Qué implicaciones sociales e incluso políticas pueden derivar de las decisiones que se adopten al respecto.

La caracterización de los sitios contaminados para determinar si representan un riesgo para la población o el ambiente, es asimismo un problema sumamente difícil, sobre todo, tratándose de sitios en los cuales se desconocen los contaminantes presentes o cuando estos son muy numerosos y se encuentran dispersos en amplias extensiones del suelo y en cantidades no necesariamente homogéneas, pues el diseño del muestreo y la decisión acerca de qué muestrear representan todo un desafío, además de requerir de procedimientos precisos y sujetos a procesos de control y aseguramiento de la calidad de los muestreos y de los análisis de laboratorio que se deben realizar.

El procesamiento de los datos del monitoreo de los sitios contaminados, con fines de evaluación de riesgos, demanda también el desarrollo de capacidades y el establecimiento de procedimientos validados y confiables, en tanto que la limpieza de los sitios contaminados hace necesario contar con la infraestructura tecnológica para ello, además de los recursos financieros para llevarla a cabo.

Todo lo anterior muestra que se debe contar con grupos multidisciplinarios y recursos humanos especializados y tecnológicos para llevar a cabo e interpretar los análisis de contaminantes, la evaluación de los riesgos de la contaminación y la remediación de los sitios contaminados, así como de personal capacitado para elaborar y hacer cumplir las disposiciones regulatorias en la materia. También lo anterior indica que las autoridades sanitarias juegan un papel fundamental, ya que son las responsables de establecer los criterios de salud en base en los cuales se deben fijar los niveles de limpieza de los sitios contaminados, a fin de proteger la salud humana, tanto de la población general, como de los trabajadores que se encuentran en los sitios contaminados o intervienen en las actividades de remediación.

6.1.4. Aspectos económicos

Uno de los obstáculos más importantes a la remediación de los sitios contaminados es la carencia de recursos económicos en cantidad suficiente para que ésta sea lo satisfactoria que se requiere o que demanda la presión pública. Para sortear dicho problema, es necesario identificar y aplicar una gama de instrumentos económicos que permitan disponer de los recursos financieros para ello y reponerlos a medida que vayan siendo utilizados.

La propia valorización de los sitios remediados para incorporarlos a la arena económica y aprovecharlos en usos compatibles y multifuncionales, se constituye en una opción para recuperar la inversión que significa su limpieza.

Este tipo de aspectos están relacionados directamente con la aplicación del principio del que contamina paga y con la internalización de los costos resultantes de la contaminación por los responsables de haberla ocasionado, en vez de que éstos sean transferidos al resto de la sociedad.

6.1.5. Aspectos de equidad

No menos importante que los aspectos antes referidos, es el relativo a la necesidad de brindar un mismo nivel de protección a las poblaciones que se encuentren en riesgo de verse expuestas y afectadas por la contaminación de un sitio, independientemente de su situación socio-económica, de su nivel cultural, de su origen étnico o de cualquier otra circunstancia que les confiera rasgos distintivos. Lo anterior, debido a que se han dado casos por doquier en el mundo en los cuales se han adoptado decisiones discriminatorias en diversas circunstancias, incluyendo las relacionadas con la remediación de sitios contaminados, lo que ha generado todo un movimiento para propugnar por la justicia ambiental.

6.1.6. Situaciones agudas versus crónicas

No está de más enfatizar el hecho de que existe una diferencia fundamental entre los problemas de contaminación que resultan de eventos súbitos, generalmente accidentales, que liberan grandes cantidades de contaminantes al ambiente, de los relacionados con la liberación paulatina de éstos o por los pasivos ambientales, que han traído consigo el acúmulo de sustancias contaminantes en un sitio. En el primer caso, lo más urgente es contener la fuga o derrame de los materiales o residuos peligrosos y proceder a recoger tanto como sea posible dichos materiales o residuos así como, de ser el caso, de los suelos o aguas que hayan sido contaminados con ellos, sin que se requiera realizar una evaluación del impacto ambiental o riesgo que pudiera derivar del evento contaminante, pues se corre el riesgo de transformar un problema de

carácter agudo en otro de tipo crónico. En este caso y en particular tratándose del transporte de materiales peligrosos por ductos, que se liberan por causas accidentales e incluso como consecuencia de actos criminales, las empresas propietarias de los materiales involucrados son las que más conocimientos tienen sobre la peligrosidad y riesgo que éstos entrañan y cuentan con el personal y el equipo necesario para contender con fugas o derrames de los mismos de manera segura y ambientalmente adecuada, por lo que tienen un papel importante que jugar, incluyendo en la elaboración de normas o lineamientos para proceder a atender un accidente en el que dichos materiales se liberen al ambiente.

Es importante mencionar, que también los problemas antiguos de contaminación pueden volverse eternos, si se cae en la parálisis de no tomar decisiones para atenderlos, aun cuando las condiciones no estén dadas para alcanzar los niveles de limpieza deseados, con el propósito de lograr por lo menos una reducción importante de los riesgos a los que están sujetas las poblaciones y ecosistemas vecinos a los sitios contaminados.

Tratándose de situaciones que adquieren proporciones de emergencia, se debe tener la capacidad legal de intervenir en una propiedad privada para que se desarrollen las acciones necesarias para reducir riesgos inminentes e inaceptables para la salud y al ambiente, recurriendo incluso a la expropiación si es necesario.

6.1.7. Problemas globales, regionales y locales

Por lo general, los sitios contaminados por materiales y residuos de distinta índole, ocasionan problemas que tienen sólo repercusiones de carácter local y que afectan únicamente a las comunidades o ecosistemas circundantes de los lugares en los que se encuentran.

Sin embargo, no puede ignorarse que existen otros sitios contaminados cuyos impactos y riesgos ambientales trascienden una localidad, al afectar

por ejemplo, acuíferos subterráneos o cuerpos de agua compartidos por más de una municipalidad, e incluso por más de una entidad federativa o que pueden trascender las fronteras nacionales, como es el caso de la contaminación marina a la que pueden dar lugar.

Ante estas circunstancias, se anticipa la necesidad de involucrar a las autoridades de los tres órdenes de gobierno en las cuestiones y decisiones que impliquen la caracterización y remediación de sitios contaminados con materiales o residuos, incluyendo cuando éstos hayan sido clasificados como peligrosos y se considere que su regulación y control deban de ser de carácter federal.

6.1.8. Prevención de la transferencia de contaminantes de un medio a otro o de la generación de sustancias más riesgosas al remediar un sitio contaminado.

La experiencia ha mostrado que de no seleccionarse adecuadamente, las técnicas, métodos o procedimientos para remediar un sitio contaminado pueden constituirse en un problema y no en una solución; por ello, debe tenerse particular cuidado en seleccionar aquellas que resulten más apropiadas para el caso particular de que se trate y establecer normas de operación que aseguren que no se transfieran los contaminantes de un medio a otro o no se generen sustancias más peligrosas que las que se busca eliminar.

Aunado a este problema, se encuentra el hecho de que se ha detectado que en el campo de la remediación de sitios contaminados pueden estar interviniendo empresas que no tienen ninguna calificación ni experiencia en la materia, que no cuentan con los conocimientos y el personal técnico adecuados para realizar estas tareas y que por ello pueden constituirse en

un fraude y no contribuir a la limpieza ambientalmente adecuada y segura de un sitio contaminado.

Al abordar este tema, se debe tener presente que se trata de un campo en plena evolución y en el que de manera continua se están produciendo nuevos desarrollos tecnológicos, por lo cual debe evitarse frenar la innovación tecnológica y recurrir a grupos de asesores externos calificados que contribuyan a evaluar las propuestas tecnológicas para determinar su pertinencia, eficacia y seguridad.

6.1.9. Prevención de actos de corrupción

Como en toda situación en la cual los particulares están sujetos al cumplimiento de obligaciones que entrañan costos elevados, en el campo de la remediación están documentados casos de corrupción en los cuales se ha tratado de evadir las responsabilidades respecto a la remediación de los sitios contaminados o de realizar ésta de manera superficial, con los consecuentes riesgos para la salud de la población y para el ambiente. También se han documentado casos de abuso de la autoridad al imponer condiciones exageradas de limpieza y la intervención de empresas de remediación en las que tienen intereses personales los funcionarios con autoridad.

Como reacción a este tipo de conductas negativas, entre otros, se han establecido legislaciones sobre el derecho de la ciudadanía a la información y a participar en la formulación de los planes de remediación, selección de alternativas y asignación de recursos para ello, así como a la intervención de las autoridades de los distintos órdenes de gobierno en la toma de decisiones al respecto.

Aunado a lo expuesto, se han establecido indicadores para evaluar el desempeño de la gestión de los sitios contaminados y los resultados de las

actividades de remediación, así como para realizar el monitoreo de los sitios remediados a fin de asegurar que se mantengan los niveles de protección fijados al aprobar los planes respectivos. Asimismo, se han establecido disposiciones legales que definen los diferentes grados de responsabilidad en que incurren todos los que intervienen en la caracterización, evaluación y remediación de sitios contaminados.

6.2. Objeto y ámbito de aplicación de las leyes que cubran la remediación de sitios contaminados

Una vez conocidos y expresados los motivos que llevan a proponer una iniciativa de ley, es preciso enunciar cuál es su objeto y el ámbito de su aplicación, lo que en el caso de una iniciativa de ley general que incluya consideraciones sobre la remediación de sitios contaminados podrían ser:

Regular (entre otros) la remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos, así como establecer las bases para:

- I. Determinar los criterios y principios que deberán ser considerados para llevar a cabo la remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos;
- II. Establecer la distribución de competencias en materia de remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos entre los tres órdenes de gobierno;
- III. Fortalecer la capacidad de las dependencias gubernamentales involucradas, para realizar de manera coordinada sus funciones relacionadas con la remediación de suelos y sitios contaminados;
- IV. Establecer inventarios de sitios contaminados, jerarquizados de acuerdo con los riesgos a la salud y al ambiente que puedan representar, así como de los que hayan sido sujetos de remediación;
- V. Regular la remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos peligrosos, así como establecer las disposiciones

que serán consideradas por los gobiernos locales en la regulación de dicha remediación cuando se trate de materiales y residuos que conforme a las disposiciones legales vigentes sean considerados de su jurisdicción;

- VI. Definir las responsabilidades de quienes contaminen los suelos y sitios con materiales y residuos, de los propietarios de los lugares contaminados, cuando éstos no sean los contaminadores, de quienes intervienen en la caracterización y evaluación de los riesgos que éstos representan para la salud y el ambiente, así como en su remediación;
- VII. Establecer mecanismos, criterios y requisitos, para el aprovechamiento de los suelos y sitios contaminados, de acuerdo con los usos del suelo autorizado en las zonas en los que se encuentren ubicados y al ordenamiento ecológico territorial respectivo;
- VIII. Crear mecanismos para la participación corresponsable, activa, informada y efectiva de todos los sectores sociales, en la formulación de los planes para remediar los sitios contaminados;
- IX. Establecer un sistema de información relativa a los sitios contaminados y remediados, de acceso público;
- X. Regular los métodos y procedimientos para caracterizar los suelos y sitios contaminados con materiales y residuos, evaluar sus riesgos a la salud y al ambiente y llevar a cabo su remediación;
- XI. Definir los criterios a que se sujetará la remediación de los suelos contaminados por el manejo y la disposición inadecuada de materiales y residuos peligrosos, así como para la liberación de contaminantes al ambiente proveniente de dichas actividades;
- XII. Crear un fondo para disponer de recursos financieros para remediar sitios contaminados abandonados, cuando éstos representen un riesgo inminente y elevado para la población y el ambiente;
- XIII. Fomentar la innovación tecnológica y la eficiencia ecológica en materia de métodos y procedimientos para realizar la remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos; y
- XIV. Llevar a cabo la verificación del cumplimiento de las disposiciones jurídicas respectivas e imponer las medidas de seguridad y sanciones que correspondan.

Principios a considerar al legislar la remediación de los sitios contaminados

Junto con la exposición de motivos, la definición de los principios en los que se sustenta una iniciativa de ley, constituyen elementos esenciales para orientar a quienes serán responsables de su aplicación y a quienes están sujetos a ella, reduciendo así los márgenes de ambigüedad y discrecionalidad que pudieran presentarse al interpretar alguna de sus disposiciones. En este caso particular, se considera pertinente tener en cuenta principios como los siguientes:

- I. El derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar, demanda la eliminación o reducción de la contaminación de los suelos y sitios provocada por la generación, manejo y disposición final inadecuados de los materiales y residuos;
- II. El desarrollo nacional integral y sustentable requiere que las actividades relacionadas con la contaminación de suelos y sitios con materiales y residuos se sujeten a las modalidades que dicte el orden e interés público;
- III. La remediación de la contaminación provocada por los materiales y residuos constituye un instrumento eficaz para evitar los riesgos y daños al ambiente que de ello pudieran derivar;
- IV. La remediación de los suelos y sitios contaminados debe realizarse a manera de prevenir y reducir su transferencia de contaminantes de un elemento ambiental a otro, así como los riesgos que esto conlleva;
- V. Es necesario fomentar y orientar la investigación y el desarrollo tecnológico con objeto de identificar opciones efectivas y económicamente convenientes para llevar a cabo la remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos;
- VI. Quien contribuya a la contaminación de suelos y sitios que se derive del mal manejo y disposición final de materiales y residuos, está obligado a llevar a cabo su remediación, así como a minimizar y reparar

- los daños que con ello haya ocasionado y a cubrir los costos correspondientes;
- VII. Las autoridades y los particulares deben asumir de manera corresponsable la protección del ambiente y los recursos naturales y la salud de la población, ante los riesgos que deriven o puedan derivar de la contaminación de los suelos y sitios por el manejo y disposición final inadecuados de los materiales y residuos que generan;
 - VIII. Los suelos y sitios remediados de manera ambientalmente adecuada deben de considerarse como propiedades susceptibles de ser aprovechadas con fines productivos, de conformidad con los usos del suelo autorizados en los lugares en los que se ubiquen y al ordenamiento ecológico del territorio;
 - IX. La prevención o reducción de los riesgos que representan los sitios contaminados con materiales y residuos, mediante su remediación, hacen indispensable la formación de una conciencia comunitaria mediante el acceso público a la información, la educación ambiental y la capacitación;
 - X. La coordinación efectiva entre las autoridades ambientales y sanitarias en los tres órdenes de gobierno, así como la concertación social, son fundamentales para lograr que la gestión de los suelos y sitios contaminados con materiales y residuos sea ambientalmente eficiente, socialmente aceptable y económicamente factible; y
 - XI. Las autoridades que intervienen en la gestión integral de los suelos y sitios contaminados con materiales y residuos deben procurar la calidad ambiental de las acciones de remediación de los mismos, su efectividad y aceptación social, así como la aplicación de los criterios de precaución, equidad, realidad, gradualidad y flexibilidad en la formulación e instrumentación de los planes de remediación.

6.4. Definiciones

Por la complejidad del tema de la remediación de sitios contaminados y la variedad de aspectos técnicos y científicos en los que se sustentan sus disposiciones, puede ser necesario considerar entre las definiciones a

incluir en una iniciativa de ley general en la que se cubra esta área, las relativas a los términos siguientes:

I. Agente patógeno: Organismo capaz de producir enfermedad cuando está presente en un ambiente propicio para su supervivencia, en concentración suficiente e ingresa por una vía adecuada al cuerpo de una persona susceptible o vulnerable;

II. Bioacumulación: Fenómeno a través del cual las sustancias contenidas en un residuo, que ingresan a un organismo vivo, tienden a concentrarse en sus tejidos;

III. Caracterización de la magnitud del riesgo ambiental: Etapa que culmina el proceso metodológico de evaluación del riesgo de la posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a residuos peligrosos o agentes patógenos que los forman y que comprende la estimación cuantitativa de la probabilidad de que ello ocurra o la determinación cualitativa de la frecuencia con la que podría ocurrir el evento, calificando esta última como alta, mediana o baja, de acuerdo con criterios previamente establecidos;

IV. Liberación al ambiente: Descarga, inyección, inoculación, depósito, derrame, emisión, vaciado, vertimiento, rociado, pulverizado, abandono, escurrimiento, fuga, escape, o goteo de residuos o de los materiales y agentes patógenos contenidos en ellos, en los medios naturales;

V. Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias o agentes patógenos que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos;

VI. Material persistente: Aquél que se mantiene en el ambiente o dentro de los organismos vivos sin cambio en sus propiedades inherentes, por periodos prolongados, que tiene una vida media igual o superior a dos días en aire, seis meses en agua, un año en sedimento, seis meses en suelo o que exista evidencia de su movilización a grandes distancias;

VII. Material bioacumulable: Aquél que se acumula dentro de los organismos vivos y presenta un factor de bioconcentración de 5 mil o cuya solubilidad en lípidos o grasas se expresa por un cociente de reparto octanol/agua igual o superior a cinco.

VIII. Peligrosidad: Propiedad o característica intrínseca o inherente a un material o residuo, que le confiere la capacidad de causar efectos adversos en la salud humana, los demás organismos vivos, el aire, agua o suelo o los bienes, si se reúnen las condiciones necesarias para ello;

IX. Persona vulnerable: Aquélla que presenta una mayor susceptibilidad a los daños que pueda ocasionar la exposición a los materiales contenidos en los residuos capaces de provocar efectos adversos en la salud, por no disponer de mecanismos eficientes de defensa;

X. Remediación: Conjunto de medidas a las que se someten los suelos y sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes, prevenir o reducir de manera duradera su dispersión en el ambiente sin modificarlos, y eliminar o reducir los cambios nocivos en las características físicas, químicas o biológicas de los suelos contaminados, a fin de prevenir o disminuir riesgos ambientales;

XI. Riesgo: Probabilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en los medios ambientales aire, agua y suelo o en los bienes y propiedades pertenecientes a las personas, si se reúnen las condiciones necesarias para ello;

XII. Sitio contaminado: Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado

con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, el resto de los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas;

XIII. Sitios potencialmente contaminados: Aquellos que fueron sitios de disposición de residuos y de ubicación de instalaciones en las que se manejaron materiales o residuos susceptibles de provocar contaminación, y que fundadamente se presume que pueden presentar cambios nocivos en los suelos y otros riesgos para la salud de la población;

XIV. Suelo: Capa superior de la corteza terrestre, conformada por partículas inorgánicas, materia orgánica, componentes gaseosos y líquidos, excluyendo los acuíferos y otros cuerpos de agua, que tiene funciones naturales relevantes para los ecosistemas o útiles para los seres humanos;

XV. Suelo contaminado: Aquél cuyas características físicas, químicas y biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, el resto de los organismos vivos o para el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas;

XVI. Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de las sustancias contaminantes de un sitio y se reduce su volumen o peligrosidad;

XVII. Vulnerabilidad: Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar la contaminación de un sitio por materiales o residuos, que por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños o deteriorar al ambiente.

Competencias, mecanismos de coordinación y convenios

Uno de los aspectos fundamentales a considerar en una iniciativa de ley como la que aquí se plantea y en los ordenamientos que de ella deriven, es el relativo a la definición de las competencias de las autoridades de los tres órdenes de gobierno, en cuanto a la aplicación de sus diversas disposiciones.

Así, por ejemplo, se podrían establecer como facultades del Gobierno Federal:

- I. Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de prevención de la contaminación, la remediación y valorización de los sitios contaminados con materiales y residuos;
- II. Expedir reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas para regular la prevención de la contaminación de suelos y sitios y llevar a cabo su remediación cuando ello ocurra;
- III. Promover en coordinación con los Gobiernos de las Entidades Federativas, de los Municipios y de otras dependencias involucradas, la creación de infraestructura para la remediación de sitios contaminados;
- IV. Verificar el cumplimiento de la normatividad en las materias de su competencia, e imponer las medidas de seguridad y sanciones que en su caso correspondan;
- V. Promover la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y procesos que eliminen, reduzcan o minimicen la presencia de materiales y residuos riesgosos en los sitios contaminados;
- VI. Promover la participación de grupos y organizaciones públicos, privados y sociales interesados, en la identificación de sitios contaminados con materiales y residuos, así como en la formulación de planes para llevar a cabo su remediación, tanto a nivel nacional como en las entidades federativas y municipios y con la participación de los gobiernos respectivos;
- VII. Promover la educación continua y capacitación de personas y grupos u organizaciones de todos los sectores de la sociedad, con el objeto de proporcionarles conocimientos para facilitar su participación

informada en la formulación de los planes para llevar a cabo la remediación de sitios contaminados;

- VIII. Integrar, dentro del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales, un subsistema de información nacional sobre la gestión de los sitios contaminados y las acciones de remediación que se lleven a cabo en todo el territorio nacional;
- IX. Suscribir convenios y contratos con los representantes de los grupos y organizaciones sociales, públicos o privados, para llevar a cabo acciones tendentes a cumplir con los objetivos que se persiguen;
- X. Diseñar y promover mecanismos y acciones voluntarias tendentes a evitar y minimizar la contaminación de suelos o sitios;
- XI. Diseñar, promover ante las dependencias competentes su establecimiento y aplicar instrumentos económicos, fiscales, financieros y de mercado, que tengan por objeto prevenir la contaminación, así como facilitar la remediación de sitios contaminados y su valorización;
- XII. Determinar, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, los indicadores que permitan evaluar el desempeño de las disposiciones legales aplicables, e integrar los resultados al sistema de información referido en la fracción VIII de este precepto; y
- XIII. Las demás que se establezcan en los ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

Cuando debido a las características de las materias objeto de una Ley como la que aquí se considera, y de conformidad con las disposiciones legales aplicables se requiera de la intervención de otras dependencias, se necesitará prever mecanismos de coordinación entre ellas y la autoridad federal a quien corresponde su aplicación.

Asimismo, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, que ejerzan atribuciones que les confieran otros ordenamientos cuyas disposiciones se relacionen con el objeto de una ley de esta índole, deberán ajustar su ejercicio a los criterios, reglamentos, normas oficiales mexicanas, y demás disposiciones jurídicas que se deriven de ella.

En cuanto a los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, la iniciativa de ley a la que se hace referencia podría atribuirles las siguientes facultades, según lo determinen los poderes legislativos respectivos, en los ordenamientos jurídicos que se expidan:

- I. Formular, conducir y evaluar la política local, acorde a la nacional, en materia de prevención de la contaminación y de remediación de suelos y sitios contaminados con materiales y residuos de su competencia, en el marco del sistema nacional de planeación democrática;
- II. Expedir conforme a sus respectivas atribuciones, ordenamientos y disposiciones jurídicas en materia de remediación de sitios contaminados por los materiales y residuos de su competencia;
- III. Verificar el cumplimiento de los instrumentos y disposiciones jurídicas referidas en la fracción anterior, e imponer las sanciones y medidas de seguridad que resulten aplicables;
- IV. Verificar el cumplimiento de la normatividad aplicable a la remediación de sitios contaminados con residuos peligrosos, cuando dicha atribución les hubiera sido transferida por el Gobierno Federal;
- V. Establecer el registro, aprobar y, en su caso, autorizar los planes de manejo y programas para la remediación de sitios contaminados con los materiales y residuos de su competencia;
- VI. Promover en coordinación con el Gobierno Federal y las autoridades correspondientes, la creación de infraestructura para la remediación de sitios contaminados;
- VII. Promover la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías, equipos, sistemas y procesos que eliminen, reduzcan o minimicen la cantidad de materiales y residuos riesgosos presentes en los sitios contaminados;
- VIII. Promover la participación de grupos y organizaciones públicos, privados y sociales en la identificación de sitios contaminados con los materiales y residuos de su competencia y en la formulación de los planes para llevar a cabo su remediación;
- IX. Promover la educación continua y capacitación de personas y grupos u organizaciones de todos los sectores de la sociedad, con el objeto de proporcionarles conocimientos para participar de manera

informada en la formulación de los planes para llevar a cabo la remediación de los sitios contaminados con materiales y residuos de su competencia;

- X. Coadyuvar con el Gobierno Federal en la integración del subsistema de información nacional sobre la gestión de los sitios contaminados con materiales y residuos de su competencia y de aquellos que hayan sido sujetos a procesos de remediación;
- XI. Suscribir convenios y contratos con los representantes de los grupos y organizaciones sociales, públicos o privados, para llevar a cabo acciones tendientes a cumplir con los objetivos que se persiguen, en las materias de su competencia;
- XII. Diseñar y promover ante los responsables del manejo de materiales y residuos, mecanismos y acciones voluntarias tendientes a prevenir y minimizar la contaminación de suelos o sitios;
- XIII. Diseñar y promover ante las dependencias competentes, el establecimiento y aplicación de instrumentos económicos, fiscales, financieros y de mercado, que tengan por objeto prevenir la contaminación por materiales y residuos, llevar a cabo la remediación y valorizar los sitios remediados;
- XIV. Determinar los indicadores que permitan evaluar la aplicación de las disposiciones legales correspondientes e integrar los resultados al sistema de información referido en la fracción X y
- XV. Las demás que resulten aplicables.

En una iniciativa de Ley como esta que se analiza, debería considerarse la posibilidad de que las legislaturas de las entidades federativas, con arreglo a lo dispuesto en sus respectivas Constituciones y en el caso del Distrito Federal a lo establecido en el Estatuto de Gobierno, expidan las disposiciones legales y reglamentarias que sean necesarias para el ejercicio de las atribuciones que en ella se les confiera, así como para que los ayuntamientos dicten los bandos de policía y buen gobierno, los reglamentos, circulares y disposiciones administrativas que correspondan, para que en sus circunscripciones se cumplan las previsiones del presente ordenamiento.

Aunado a lo anterior, deberán plantearse los mecanismos para que el Gobierno Federal suscriba con los Gobiernos de las Entidades Federativas, convenios o acuerdos de coordinación, con el propósito de que estos últimos asuman la prevención de la contaminación de suelos y sitios por materiales o residuos peligrosos, así como su remediación.

Asimismo, deberá preverse la posibilidad de que los Gobiernos de las Entidades Federativas suscriban con los Municipios que corresponda, acuerdos de coordinación, a efecto de que asuman la realización de las funciones anteriormente señaladas.

Cuando los Gobiernos de las Entidades Federativas demuestren contar con la capacidad técnica y económica necesaria para el desarrollo de las funciones a las que se hace referencia en los párrafos anteriores, deberá considerarse la posibilidad de que el Gobierno Federal suscriba el convenio o acuerdo que corresponda, de conformidad con bases establecidas previamente, en las que se definan aspectos tales como:

- Las materias y actividades que constituyen el objeto del acuerdo o convenio;
- Los bienes y recursos que aporten las partes, estableciendo su destino y forma de administración;
- El órgano o los órganos que llevarán a cabo las acciones que resulten de la ejecución de los convenios o acuerdos de coordinación;
- La vigencia del convenio o acuerdo de coordinación, sus formas de terminación, de solución de controversias y, en su caso, de prórroga;
- Las demás estipulaciones que las partes consideren necesarias para el correcto cumplimiento de acuerdo o convenio; y
- La obligación de las partes para dar a conocer a la opinión pública, los resultados

De particular importancia será la consideración a la posibilidad de que el Gobierno Federal establezca los mecanismos para facilitar a los Gobiernos de las Entidades Federativas y Municipios el acceso a recursos

financieros y de otra índole, así como a la asistencia técnica, para asumir las responsabilidades que deriven de la suscripción de los convenios a los que se ha hecho referencia.

En el marco de los procesos de mejora regulatoria, de simplificación administrativa y mejora de la calidad de los servicios, se deberá considerar la posibilidad de que el Gobierno Federal y los Gobiernos de las Entidades Federativas y Municipios involucrados en la emisión de autorizaciones o permisos para el desarrollo de actividades relacionadas con la remediación de sitios contaminados, puedan convenir el establecimiento de procedimientos administrativos que faciliten la realización de los trámites respectivos, mediante la creación de ventanillas únicas u otros instrumentos que se requieran.

De la prevención de la contaminación de sitios con materiales y residuos y su remediación

A manera de ejemplo, se proponen a continuación disposiciones normativas que podrían incorporarse en una iniciativa de ley general y en los ordenamientos que de ella deriven, en cuanto a la remediación de sitios contaminados.

6.6.1. Obligaciones

Debe ser responsabilidad de toda persona que genere y maneje residuos sólidos urbanos y de manejo especial, hacerlo de manera que no implique daños a la salud humana ni al ambiente.

Cuando la generación, manejo y disposición final de estos residuos produzca contaminación del suelo, independientemente de las sanciones penales o administrativas que procedan, los responsables de dicha contaminación, incluyendo los servicios públicos de limpia, deberán estar obligados a:

- I. Llevar a cabo las acciones necesarias para remediar y recuperar las condiciones del suelo; y
- II. En caso de que la recuperación o remediación no fueran factibles, a indemnizar los daños causados a terceros de conformidad con la legislación aplicable.

Asimismo, las personas responsables de establecimientos cuyas actividades involucren la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos, según sea el caso, deberán estar obligados a prevenir la contaminación de sitios por sus actividades y a llevar a cabo las acciones de remediación que correspondan conforme a lo dispuesto en el presente ordenamiento.

A su vez, las personas que transfieran a terceros los establecimientos, inmuebles o terrenos que hubieran sido susceptibles de contaminación por materiales o residuos peligrosos, en virtud de las actividades que en ellos se realizaron, deberán:

- I. Informar de ello a quienes les transmitan la propiedad o posesión de dichos bienes;
- II. Hacer constar en el acto por el que se formalice la operación respectiva si se ocuparán de remediar el sitio previo a la transferencia a la que hace referencia el primer párrafo de este artículo o si se conviene con la parte interesada el que ésta asuma la responsabilidad correspondiente.
- III. Notificar a la autoridad correspondiente acerca del debido cumplimiento de las disposiciones de las fracciones I y II.

En caso de que las personas que transfieran los establecimientos, inmuebles o terrenos no conozcan si éstos están contaminados, esto no les debe eximir de las responsabilidades que deriven de la existencia de contaminación por materiales o residuos peligrosos y, en su caso, de hacerse cargo de las acciones de remediación que haya que realizar de conformidad con este ordenamiento.

De no darse cumplimiento a las disposiciones contenidas en el párrafo anterior, quienes resulten responsables se deberán hacer acreedores a las sanciones correspondientes y ser obligados a remediar el daño que ocasionen y a limpiar los sitios contaminados.

Las personas obligadas a remediar un sitio contaminado deberán informar, según corresponda, al propietario de sitio de que se trate, a otros usuarios del mismo y a la comunidad que pudiera resultar afectada, las medidas necesarias para la remediación.

La autoridad correspondiente deberá promover programas y acciones dirigidos a detectar sitios potencialmente contaminados o contaminados con materiales y residuos peligrosos, a fin de que éstos sean remediados conforme lo establecido en el presente ordenamiento.

6.6.2. Evaluaciones de riesgo

Con el propósito de establecer prioridades, e identificar los sitios en los que se requiere llevar a cabo la remediación de suelos contaminados con materiales o residuos peligrosos por razones de riesgo, correspondería realizar una evaluación de riesgo ambiental, en los términos de una Ley como la que aquí se propone, a:

- I. Las autoridades Federales, de las Entidades Federativas o Municipios, de acuerdo con sus áreas de competencia, tratándose de sitios abandonados que pueden representar un riesgo inminente a la salud o al ambiente;
- II. Los propietarios o responsables de las instalaciones en las que se encuentren los sitios contaminados por sus propias actividades; y
- III. Quienes hayan provocado la contaminación de un sitio que no es de su propiedad, por la disposición indebida de materiales o residuos peligrosos.

La evaluación de riesgo ambiental debe tener como propósito determinar en qué medida la contaminación de sitios puede afectar la salud de la población, a los ecosistemas y sus elementos, a los recursos naturales y a los bienes de las personas, históricos, artísticos y arqueológicos. A su vez, su desarrollo deberá realizarse de acuerdo a los criterios, métodos y procedimientos que establezca la autoridad competente o de conformidad con las normas oficiales mexicanas que para tales fines se emitan, y tomando en consideración por lo menos los siguientes aspectos:

- I. Los antecedentes de las actividades realizadas en el sitio que dieron lugar a la contaminación objeto de evaluación;
- II. Los responsables de la contaminación;
- III. Los responsables, propietarios, poseedores o detentadores del sitio contaminado;
- IV. Las características de los materiales y residuos involucrados;
- V. Las características de la contaminación; y
- VI. Los factores que contribuyen a la vulnerabilidad de las poblaciones, ecosistemas, medios ambientales o bienes que se encuentran en el sitio contaminado o en sus alrededores.

En este contexto se entiende como evaluación del riesgo ambiental, al procedimiento sistemático y en fases sucesivas mediante el cual se caracteriza la magnitud del riesgo derivado de la contaminación de un sitio con materiales y residuos peligrosos.

El procedimiento para llevar a cabo la evaluación del riesgo ambiental, se deberá sustentar en la determinación de aspectos tales como:

- I. El tipo y los niveles de concentración de las sustancias contaminantes, que puedan conllevar riesgos para los receptores más vulnerables;
- II. Las rutas y vías más probables de exposición;
- III. Los efectos adversos potenciales que los contaminantes puedan ocasionar en función de las rutas y vías de exposición;

IV. La caracterización de la magnitud de los riesgos.

La realización de las evaluaciones de riesgo ambiental deberán ser desarrolladas por peritos que hubieran sido entrenados por organismos reconocidos a nivel nacional o internacional por su experiencia en la evaluación de riesgos ambientales y que estén autorizados, acreditados o certificados por organismos competentes; o bien por laboratorios acreditados u organismos certificados, de conformidad con la Ley Federal de Metrología y Normalización, y bajo programas de control de calidad y aseguramiento de la calidad.

Los peritos y laboratorios que intervengan en la caracterización de un sitio contaminado y en las evaluaciones de riesgo ambiental, deberán ser responsables solidarios con los responsables o propietarios del sitio, de los resultados de dichas evaluaciones.

En este caso, se entiende por caracterización de suelos contaminados la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes presentes, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación.

Los costos de las evaluaciones de riesgo y de las medidas de remediación respectivas, deberán ser cubiertos por quienes resulten responsables de la contaminación del sitio de que se trate.

Para la remediación de los sitios contaminados como resultado del depósito de residuos por parte de las autoridades municipales, se podría recurrir a un Fondo Ambiental, cuya creación y utilización deberá ser regulada por las disposiciones que al respecto se incluyan en un ordenamiento como el que aquí se revisa, para proceder a su aprovechamiento de conformidad con los programas de ordenamiento ecológico del territorio y los usos autorizados del suelo.

6.6.3. De la elaboración de normas

La autoridad competente al elaborar las normas ambientales que permitan la aplicación de una Ley como la que aquí se indica, deberá incluir disposiciones para evitar la contaminación del suelo durante los procesos de generación y manejo de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como las destinadas a:

- I. Caracterizar los sitios que hayan funcionado como tiraderos de basura a cielo abierto;
- II. Determinar en qué casos el riesgo provocado por la contaminación por residuos en esos sitios hace necesaria su remediación;
- III. Los procedimientos a seguir para el cierre de esos sitios ambientalmente adecuado;
- IV. Los procedimientos para llevar a cabo su remediación, cuando sea el caso.

La autoridad competente deberá emitir las normas oficiales mexicanas que se requieran para que en la aplicación de plaguicidas y fertilizantes en actividades agropecuarias y forestales, sean adoptadas prácticas y mecanismos que prevengan la contaminación de suelos, así como para fijar los niveles de contaminación que demanden la limpieza de los sitios contaminados.

Tratándose de normas que establezcan límites máximos permisibles de contaminantes, con fines de protección de la salud humana, éstas deberán ser elaboradas con la participación de las autoridades sanitarias con competencia en la materia, puesto que de acuerdo con la Ley General de la Salud y los textos constitucionales, corresponde a ellas definir dichos niveles.

6.6.4. Sustentación de la toma de decisiones por las autoridades competentes

La autoridad competente deberá establecer los criterios para determinar los niveles de prioridad que deberán asignarse a los sitios contaminados con residuos peligrosos, en función del riesgo que representen para la población, el ambiente o los bienes y las medidas a adoptar en cada caso.

Tratándose de sitios contaminados con residuos sólidos urbanos o industriales no peligrosos y peligrosos, la autoridad federal correspondiente, deberá proceder de la misma manera en que se indica en el párrafo anterior, cuando los riesgos trasciendan la esfera local; en caso contrario, deberá brindar asesoría a los gobiernos locales para determinar lo que procede de conformidad con los mecanismos de coordinación establecidos en un ordenamiento como éste.

La autoridad competente deberá promover la integración de grupos de trabajo y consejos de asesores, formados por especialistas en materia de caracterización de suelos contaminados y su remediación, así como en evaluación de riesgos a la salud y a los ecosistemas, quienes le apoyarán en la sustentación de sus dictámenes y en la formulación y evaluación de las acciones y programas respectivos.

6.6.5. Determinación de niveles de limpieza de sitios contaminados

Los niveles de prevención o reducción de la contaminación de sitios contaminados con materiales o residuos, se deberán determinar considerando el uso del suelo previsto en los planes de ordenamiento ecológico y desarrollo urbano correspondientes, con base en los cuales se definirán los riesgos que deberán evitarse o las restricciones que al efecto impongan la autoridad federal competente y autoridades ambientales de las entidades federativas y de los municipios.

La autoridad competente, con el apoyo de los grupos de trabajo y consejos asesores a los que se hace referencia, deberá establecer los criterios a seguir para determinar los niveles de limpieza de los sitios contaminados, para lo cual:

- I. Podrá fijar de manera genérica niveles máximos permisibles de sustancias tóxicas contaminantes, o
- II. Requerirá que dichos niveles se establezcan de manera específica caso por caso, tomando en cuenta las características de los contaminantes, del sitio y la vulnerabilidad del entorno.

La autoridad competente deberá determinar, conforme a los resultados de la caracterización de los sitios contaminados, las acciones a seguir para remediar el suelo contaminado, y emitir su resolución notificándola a los interesados de acuerdo a las disposiciones que resulten aplicables.

En caso de que la resolución sea que el sitio se remedie hasta alcanzar los niveles de limpieza a los que se refiere la fracción I antes señalada, y el responsable o propietario del sitio contaminado considere que dichos niveles son demasiado estrictos, éste podría estar facultado a promover una evaluación de riesgos ambientales apegándose a lo indicado en un ordenamiento como el que aquí se describe, para sustentar la propuesta de límites de limpieza alternativos.

Los resultados que deriven de esta evaluación, deberían ser sometidos a los grupos de trabajo y consejos asesores que se conformen para tal fin, de manera a proveer a la autoridad Federal competente y a los Gobiernos de las Entidades Federativas, según corresponda, los elementos para tomar una nueva decisión al respecto.

Al remediar un sitio se deberá aplicar el principio de equidad, a fin de que los sitios se limpien con los mismos criterios basados en los conceptos de vulnerabilidad y riesgo, sin discriminar a las poblaciones afectadas por consideraciones que no se fundamenten en tales criterios y conceptos.

6.6.6. Utilización de sitios remediados

La autoridad Federal y los Gobiernos de las Entidades Federativas y los Municipios, conforme a sus respectivas competencias, deberán poder establecer en forma debidamente motivada y fundada, restricciones a la ocupación o utilización de un sitio contaminado que haya sido sujeto a medidas de remediación, cuando el riesgo ambiental que esto conlleve lo haga necesario.

En estos casos, conforme a lo dispuesto en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se podrían establecer instrumentos económicos que compensen las desventajas económicas que de ello pudiera resultar, independientemente de las sanciones y medidas de seguridad que resultaran aplicables.

Cuando un sitio sujeto a remediación, vaya a ser empleado para la realización de obras o actividades que requieren sujetarse al procedimiento de evaluación del impacto ambiental, el interesado debería estar obligado a incluir la información relativa a la remediación del sitio en los estudios y documentación que correspondan.

6.6.7. Tecnologías y empresas involucradas en la remediación

Para todos los efectos legales a que haya lugar, se debería considerar de utilidad pública la remediación de sitios contaminados con materiales o residuos.

La autoridad competente con el apoyo de grupos de trabajo y la opinión de consejos de asesores formados por especialistas en la materia, deberá establecer los criterios que deben reunir las tecnologías a aplicar en los sitios contaminados con fines de remediación.

Las empresas involucradas en la remediación de sitios contaminados que deseen ofrecer servicios a terceros deberán estar registradas ante la autoridad Federal competente y reunir los requisitos que se establezcan en el Reglamento de la Ley que aquí se somete a consideración.

Los suelos contaminados que se remuevan para tratarlos en un lugar distinto, deberán ser considerados como residuos peligrosos para fines de transporte o manejo por parte de empresas autorizadas.

En la remediación de suelos contaminados se debe prohibir transferir contaminantes de un medio a otro a través de procesos que liberen al aire, agua o suelos sustancias tóxicas en concentraciones por arriba de las permisibles o que puedan constituir un riesgo para las poblaciones y ecosistemas vecinos. Si los procesos de tratamiento empleados tienen emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales o generan nuevos residuos peligrosos, deberán someterse a autorización por parte de la autoridad competente y sujetarse a las normas oficiales mexicanas aplicables.

Quienes intervienen en la caracterización, evaluación y remediación de los sitios contaminados deberán ser considerados responsables solidarios junto con los que ocasionaron la contaminación, de las consecuencias que deriven de sus actos e intervención, según corresponda.

6.6.8. Gestión ambiental

Todos los aspectos relacionados con la caracterización y remediación de sitios contaminados deben de quedar asentados en los formatos que para tal fin se establezcan en el Reglamento de la Ley que aquí se describe y la autoridad competente deberá organizar una base de datos con la información derivada de las acciones que se lleven a cabo en materia de caracterización y remediación de sitios, para crear, mantener actualizada y

difundir una memoria nacional del comportamiento de los contaminantes, la vulnerabilidad de los sitios contaminados, el desempeño de las tecnologías de remediación, los resultados obtenidos y los costos asociados.

6.6.9. Aspectos económicos

La autoridad Federal, conjuntamente con los Gobiernos de las Entidades Federativas y de los Municipios, deberá determinar los instrumentos económicos y de otra índole a aplicar a fin de asegurar el financiamiento de la remediación de sitios contaminados con residuos sólidos urbanos y de manejo especial que representen un riesgo inminente a la salud de la población y al ambiente, para contar con recursos que permitan realizar oportunamente dicha remediación, particularmente tratándose de tiraderos a cielo abierto de basura municipal activos o abandonados.

En todos los casos, se deberá buscar remediar los sitios contaminados para recuperar su valor y aprovecharlos en actividades que sean compatibles con las características de los sitios remediados.

La autoridad correspondiente, con el concurso de las autoridades competentes, deberá establecer un fideicomiso al que se destinen los recursos que se recaben por concepto de las sanciones que se apliquen por el incumplimiento de las disposiciones contenidas en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven, relacionadas con la generación y manejo de residuos peligrosos, a fin de contar con recursos financieros para solventar los costos que implique la remediación de sitios contaminados con ellos que constituyan riesgos inminentes a la salud de la población o a los ecosistemas.

El fideicomiso al que se hace referencia en el párrafo anterior se deberá constituir en un Fondo Ambiental, con el propósito de apoyar las acciones gubernamentales destinadas a identificar, caracterizar y remediar los sitios contaminados con residuos y a fortalecer la capacidad de gestión en

la materia de los municipios afectados. Los recursos para constituir dicho fondo podrían incluir:

- a Recursos fiscales.
- b Derechos provenientes de permisos y autorizaciones relacionadas con la gestión ambiental.
- c Aportaciones voluntarias de personas y organismos públicos, privados y sociales, nacionales y extranjeros.
- d Multas provenientes de infracciones a la normatividad ambiental.
- e Conmutaciones de infracciones a la normatividad ambiental.
- f Otros que sean pertinentes.

6.6.10. Limpieza de sitios contaminados como consecuencia de accidentes

Tratándose de sitios que se contaminen de manera súbita con materiales o residuos peligrosos como resultado de accidentes en su transporte, no deberá requerirse la realización de una evaluación de su impacto o riesgo ambiental, sino proceder de inmediato a la contención de su fuga o derrame. En un segundo tiempo, los responsables de la contaminación deberán proceder a realizar la limpieza del sitio, conforme a lo que se disponga en la Ley que aquí se considera y en los demás ordenamientos que de ella deriven.

Las compañías propietarias de los materiales y residuos peligrosos que sean transportados por cualquier medio, así como las transportistas, de conformidad con esta Ley y otros ordenamientos aplicables, deberán:

- I. Conocer y contar con los medios para contender con fugas o derrames que puedan sobrevenir durante un accidente.
- II. Establecer y someter a la aprobación de la autoridad competente, los procedimientos correspondientes para contener fugas o derrames de sus materiales o residuos peligrosos, neutralizar o estabilizar los contaminantes, y para realizar la limpieza de los sitios que contaminen accidentalmente, tomando en cuenta la peligrosidad y riesgo de los mismos.
- III. Contar con personal debidamente capacitado y equipado para hacer frente a un accidente que involucre a los materiales y residuos peligrosos transportados, y llevar a cabo las acciones para contener las fugas o derrames de los mismos.
- IV. Notificar de inmediato a las autoridades competentes la ocurrencia del accidente, sin perjuicio de llevar a cabo la notificación correspondiente al Sistema Nacional de Protección Civil y otras autoridades.
- V. Registrar las causas y consecuencias de la fuga o derrame de los materiales o residuos peligrosos, especificando éstos y la forma como se contuvo su dispersión y se llevó a cabo la limpieza del sitio, para presentar un informe al respecto a la autoridad competente. Tratándose de fugas o derrames que ocurran en la zona marítima o costera, durante el transporte marítimo de materiales o residuos peligrosos, aplicarán también las disposiciones legales que en la materia estén establecidas y las medidas que dicten las demás autoridades competentes.

Cuando las fugas o derrames de materiales peligrosos ocurran en ductos perforados dolosamente, las compañías propietarias de los mismos deberán intervenir de inmediato en la contención de éstos, con sus equipos, materiales y personal especializado, sin perjuicio de que se identifique y atribuya la responsabilidad a quienes cometieron el acto doloso y se les obligue a resarcir los daños correspondientes. Tanto para la contención de las fugas o derrames, como para la limpieza de los sitios que se contaminen con los materiales peligrosos, las compañías que transportan éstos por ductos, elaborarán los procedimientos

correspondientes y los someterán a la consideración y aprobación de la autoridad competente conforme a lo establecido en este ordenamiento.

La autoridad competente deberá conformar Grupos de Trabajo Técnicos en los que tomen parte representantes de las empresas que transportan materiales y residuos peligrosos por los distintos medios, así como especialistas en la materia de instituciones académicas o de otra índole, para evaluar y sustentar la aprobación de los procedimientos para contener fugas o derrames y limpiar los sitios contaminados a los que se hace referencia.

La autoridad competente deberá poder de manera fundada y motivada requerir que se realice una evaluación de los riesgos ambientales de un sitio contaminado y limpiado tras la ocurrencia de un accidente en el transporte de materiales o residuos peligrosos, cuando por causas supervenientes exista la sospecha de que pueden presentarse riesgos inminentes o inaceptables para la población o el ambiente que hagan necesaria una remediación más profunda de la contaminación que de dicho accidente hubiere resultado. En este caso, corresponderá a los responsables de la contaminación llevar a cabo dicha evaluación y, de ser necesario, realizar la remediación del sitio de conformidad con lo que se prevea en los ordenamientos legales aplicables.

Cuando la fuga o derrame accidental de materiales o residuos peligrosos contamine propiedades privadas, los responsables de la contaminación deberán limpiar el sitio para dejarlo como estaba antes y resarcir los daños que por esta causa se hubieren producido.

Conclusiones

Es urgente en México contar con una legislación marco para llevar a cabo la remediación de sitios contaminados, que se desarrolle con base en el conocimiento científico, técnico y de otra índole pertinente en la materia, así como en las experiencias nacionales e internacionales en este campo, y que responda a las necesidades y circunstancias de este país, así como que sea factible de llevar a la práctica de manera costo-efectiva.

Para consultar los **ANEXOS** descargarlos de [aquí](#)