

MASTER EN INGENIERÍA Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

**Módulo:
Contaminación de los Suelos y Aguas Subterráneas**

MATERIA: INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

AUTOR: *GABRIEL CONDE*

Sumario

Introducción.....	1
Contaminación difusa del suelo.....	2
Contaminación puntual del suelo: Concepto de suelo contaminado.....	3
Modos de formación de suelos contaminados.....	4
Tipos de suelos contaminados.....	5
Principales contaminantes.....	6
Comportamiento de los contaminantes vertidos en el suelo.....	7
Mecanismos de transporte.....	7
Atenuación natural de la contaminación.....	10
Consecuencias de la contaminación del suelo.....	12
Actuación sobre el problema de los suelos contaminados.....	13
Actuación primaria o preventiva.....	14
Actuación secundaria o correctiva.....	14
Identificación y detección.....	14
Caracterización.....	14
Evaluación de riesgos.....	15
Estudio de soluciones.....	16
Diseño e implantación de la solución idónea: saneamiento.....	16
Actuación terciaria o de alerta.....	16
Panorámica de la situación a nivel mundial.....	17
Situación en la Unión Europea.....	18
Principales actuaciones.....	18
Instrumentos jurídicos y técnicos.....	20
Propuesta de Directiva para la protección de las Aguas Subterráneas frente a la Contaminación (Doc. COM(2003) 550).....	20
La Estrategia Temática Europea para la Protección del Suelo (Doc. COM(2006) 231 final).....	20
Directiva sobre Responsabilidad Medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales (Directiva 2004/35/CE).....	21
Situación en España.....	21
El Inventario Nacional de suelos contaminados.....	22
El Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (1995-2005).....	22
II Plan Nacional de Suelos Contaminados.....	26
Objetivos cualitativos:.....	26
Objetivos cuantitativos:.....	26
Medidas previstas.....	26
Otras actuaciones importantes del Ministerio y las Comunidades Autónomas.....	27
Legislación española sobre suelos contaminados.....	28
Ley 10/1998.....	28
Obligaciones de las C.C.A.A.:.....	28
Obligaciones de los causantes de la contaminación.....	28

Autor: *Gabriel Conde*

©: Quedan reservados todos los derechos (Ley de Propiedad Intelectual de 17 de noviembre de 1987 y Reales decretos)
Documentación elaborada por el autor para EOI
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita de EOI

Obligaciones de las actividades potencialmente contaminadoras	29
Declaración de un suelo como contaminado	30
¿Cuándo un suelo deja de estar contaminado?	30
Inscripción en el Registro de la Propiedad	30
Ayudas para las actuaciones de limpieza y recuperación.....	30
Real Decreto 9/2005	31
Listado de actividades potencialmente contaminantes.....	31
¿Cuándo un suelo ha de ser objeto de una evaluación de riesgos?	31
Criterios para considerar un suelo como contaminado.....	32
Niveles genéricos de referencia (NGR).....	32
Terrenos de Defensa	34
Disciplinas profesionales que intervienen en las actuaciones sobre los suelos contaminados.....	34

APENDICE I. Principales contaminantes potenciales para las distintas actividades industriales

APENDICE II. II Plan nacional de recuperación de suelos contaminados

APENDICE III. Título V de la Ley 10/1998 de residuos

APENDICE IV. Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se fija la relación de actividades potencialmente contaminantes de suelos y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados

Introducción

Generalmente se define el suelo como la capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso inalterado y la superficie¹. En consecuencia, no se limita al denominado suelo edáfico sino que también incluye el material que se encuentra en la subsuperficie a través de la cual los contaminantes pueden llegar hasta las aguas subterráneas.

El suelo está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y constituye la interfaz entre la tierra (geosfera), el aire (atmósfera) y el agua (hidrosfera). No tendrán tal consideración aquellos permanentemente cubiertos por una lámina de agua superficial. Desempeña una serie de funciones clave tanto medioambientales como sociales y económicas, que resultan fundamentales para la vida. La agricultura y la silvicultura dependen del suelo para el suministro de agua y nutrientes así como para su soporte físico. La capacidad de almacenaje, filtración, amortiguación y transformación convierte al suelo en uno de los principales factores para la protección del agua y el intercambio de gases con la atmósfera. Además, constituye un hábitat y una reserva genética, un elemento del paisaje y del patrimonio cultural así como una fuente de materias primas.

Para que el suelo pueda desempeñar sus numerosas funciones, es necesario mantenerlo en buen estado. No obstante, el suelo está cada vez más amenazado por una serie de actividades humanas que podrían contribuir a su degradación. El suelo se enfrenta, entre otras, a las siguientes amenazas: erosión, disminución de la materia orgánica, contaminación difusa y puntual, sellado, compactación del suelo, pérdida de biodiversidad y salinización. En el presente módulo nos centraremos en la contaminación del suelo.

La introducción de agentes contaminantes en el suelo puede tener como resultado daños al suelo o bien la pérdida de algunas de las funciones del mismo y la posible contaminación cruzada de las aguas, en particular de las subterráneas. La concentración de contaminantes peligrosos en el suelo por encima de ciertos niveles entraña un gran número de consecuencias negativas para la cadena alimentaria y por ende para la salud humana, así como para todo tipo de ecosistemas y otros recursos naturales. Por ello, los suelos contaminados constituyen el problema más urgente e importante todavía sin resolver en materia ambiental.

El objetivo del presente módulo es presentar una información básica sobre las actividades que incluyen los programas de actuación frente a la problemática de la contaminación del suelo y las medidas y tecnologías aplicables para su saneamiento. Al mismo tiempo, se pretende destacar las oportunidades que se presentarán para la

¹ Esta definición de suelo coincide con la dada por la Comisión Europea en la Comunicación de la Estrategia Temática para la Protección del Suelo: COM (2006) 231 final.

actividad profesional y empresarial, cuando se movilizan en España los medios necesarios para actuar con eficacia sobre este nuevo reto ambiental, que los países más desarrollados empezaron a afrontar en la década de los 90.

Contaminación difusa del suelo

La contaminación difusa está generalmente relacionada con la deposición atmosférica, determinadas prácticas agrícolas y el reciclaje inadecuados de los lodos de depuración de aguas residuales y, especialmente, de los purines de las granjas de cerdos.

La deposición atmosférica está originada por las emisiones de la industria, el tráfico y la agricultura. La deposición de contaminantes atmosféricos introduce en el suelo agentes contaminantes acidificantes (por ejemplo: SO₂, NO_x), metales pesados (por ejemplo: cadmio, plomo-arsénico y mercurio) y diversos compuestos orgánicos (por ejemplo: dioxinas, policlorobifenilos, hidrocarburos aromáticos policíclicos).

Los contaminantes acidificantes reducen gradualmente la capacidad de amortiguación del suelo, hasta llegar en algunos casos a sobrepasar la carga crítica, lo que conlleva una repentina emisión de grandes cantidades de aluminio y otros metales tóxicos al medio acuático. Además, la acidificación contribuye a la pérdida de nutrientes y, en consecuencia, al declive de la fertilidad del suelo así como a posibles problemas de eutrofización en el agua y al exceso de nitratos en el agua potable. Asimismo, puede dañar a los microorganismos beneficiosos del suelo ralentizando la actividad biológica .

El amoníaco y demás depósitos de nitrógeno (provenientes de las emisiones de la agricultura, el tráfico y la industria) causan el enriquecimiento en nitrógeno del suelo y, por consiguiente, el declive de la biodiversidad tanto de los bosques como de los pastizales de alto valor natural.

Los sistemas de producción agraria que no alcanzan un equilibrio entre la cantidad de nutrientes entrante y saliente, conducen a un exceso de la masa disponible de éstos en el suelo, que tiene como consecuencia la contaminación de las aguas tanto subterráneas como de superficie. La extensión de los problemas derivados de los nitratos en Europa pone de relieve la gravedad de dicho desequilibrio.

Los plaguicidas son compuestos tóxicos que pueden acumularse en el suelo o bien filtrarse en las aguas subterráneas o evaporarse y posteriormente volver a depositarse en el suelo. La acumulación en el suelo es un hecho, especialmente en el caso de compuestos actualmente prohibidos en la UE.

La aplicación al suelo de los lodos de depuración de aguas residuales urbanas y los purines, constituye también motivo de preocupación, porque puede causar un

aumento de la concentración de metales pesados, nutrientes y microorganismos patógenos en el suelo, lo que comporta un riesgo para los microorganismos edáficos, la flora, la fauna y los seres humanos.

También hay zonas en las que el propio terreno posee concentraciones elevadas de elementos tóxicos de origen natural, que son derivados de la composición de la roca madre. Por ello, es importante distinguir el nivel de fondo geoquímico natural, que en estas zonas constituye una anomalía geogénica, de la contaminación antropogénica, antes mencionada.

Contaminación puntual del suelo: Concepto de suelo contaminado

La contaminación puntual va unida generalmente a la minería, las instalaciones industriales, los vertederos incontrolados y otras instalaciones, tanto en funcionamiento como tras su cierre.

Se denomina suelo contaminado todo aquel cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente².

Es necesario resaltar que no se incluye en este concepto la contaminación difusa, que suele estar asociada a concentraciones de contaminantes relativamente pequeñas y generalmente se produce sobre una gran extensión de terreno, de forma que sus orígenes y formas de gestión son muy distintas a los de la contaminación puntual. Tampoco se incluyen, las zonas con concentraciones anormalmente altas de elementos peligrosos debidas a causas naturales (geoquímica), aún cuando pueda establecerse una situación de riesgo inaceptable.

² Definición del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Comparando esta definición con la dada por la Ley 10/98, de Residuos, en la que se dejaba patente la posibilidad de que puedan darse diferentes tipos de contaminación (física, química o biológica), el Real Decreto fija la atención únicamente en la contaminación de carácter químico.

Modos de formación de suelos contaminados

En general los diferentes modos de formación de suelos contaminados son los siguientes:

- **VERTIDO DIRECTO EN SUPERFICIE:**
 - Derrames en operaciones de transporte sobre vehículos
 - Accidentes de circulación
 - Descuido o negligencia durante la carga o descarga
 - Fugas de las conducciones superficiales
 - Vertido voluntario de residuos peligrosos sobre el terreno, como forma de eliminación
 - En terrenos industriales
 - En taludes
 - En márgenes de carreteras
 - En barrancos
 - En márgenes de ríos
 - En escolleras
 - En graveras y canteras abandonadas
 - Derrames sistemáticos en instalaciones industriales
 - Fugas originadas por accidentes industriales

- **VERTIDO SUBTERRANEO:**
 - Fugas de tanques enterrados
 - Fugas de tuberías enterradas
 - Inyección de residuos peligrosos en el terreno
 - Fugas del alcantarillado industrial

- **VERTIDO INADECUADO O MALA GESTIÓN EN VERTEDEROS DE RESIDUOS:**
 - Vertido de residuos peligrosos en vertederos de residuos inertes o residuos urbanos
 - Control deficiente en un depósito de seguridad de residuos peligrosos

- **CONTAMINACION INDIRECTA:**
 - Fondos de ríos contaminados
 - Fondos de los puertos
 - Infiltración de aguas superficiales muy contaminadas por vertidos industriales

Tipos de suelos contaminados

En general, se presentan los siguientes tipos de suelos contaminados:

- Emplazamientos en los que se ha producido el vertido incontrolado de residuos peligrosos.
- Emplazamientos destinados, en principio, al vertido de otro tipo de residuos (urbanos, inertes), en los que también se han depositado residuos peligrosos, si bien en proporción minoritaria.
- Emplazamientos de determinadas actividades industriales en los que, por las actividades que desarrollan y sustancias que manipulan, se ha producido la contaminación del suelo. En este tipo de emplazamientos quedarían incluidas tanto las actividades industriales actualmente en funcionamiento, como aquéllas que fueron abandonadas.
- Emplazamientos de otros tipos de instalaciones de servicios en las que se producen derrames o fugas de sustancias tóxicas, como son las antiguas fábricas de gas, instalaciones de almacenamiento de combustibles, gasolineras, terrenos de desguace de automóviles, etc.
- Emplazamientos de minería, entre los que es posible distinguir, por un lado, aquellas partes de las instalaciones donde se produce el beneficio mineral, así como talleres e instalaciones auxiliares, y, por otro lado, las balsas donde se vierten los lodos resultantes de este beneficio.

El vertido incontrolado de residuos ha constituido una actividad contaminante de primer orden. Hasta la aparición de una legislación respecto a los residuos industriales tóxicos y peligrosos y consecuentemente de instalaciones de tratamiento y eliminación adecuadas, una gran parte de dichos residuos han sido vertidos incontroladamente en el suelo o las aguas, generando situaciones graves de contaminación. Dejando aparte los residuos que han "desaparecido" en las aguas, los que se han integrado en el suelo representan en muchos casos un volumen veinte o treinta veces superior a la generación anual actual, con el agravante de que la mezcla y la difusión en el terreno han multiplicado el alcance final de la contaminación. Los vertederos incontrolados son una de las principales causas de preocupación por el enorme riesgo que lleva implícito el carecer de cualquier tipo de medidas de protección ambiental y de vigilancia. La característica común a todos ellos es su enorme heterogeneidad tanto en sus dimensiones como en la naturaleza de los contaminantes que se pueden encontrar en los mismos.

Las instalaciones industriales constituyen otra de las principales fuentes de contaminación del suelo. Son muchas las zonas contaminadas por accidentes en el

transporte, el almacenamiento, la manipulación o la fabricación de productos químicos. En cuanto a la naturaleza de los contaminantes que es posible encontrar, resulta extremadamente difícil generalizar por cuanto es muy amplio el espectro de sustancias, productos, subproductos y residuos que se pueden manejar en los diferentes procesos industriales.

En el caso de la minería, los principales riesgos de contaminación están relacionados con el uso de ciertos reactivos químicos en el beneficio del mineral (cianuros, mercurio, etc.), el almacenamiento de lodos, la generación de aguas ácidas de mina. En el primer caso el tipo de sustancias contaminantes va a ser de una naturaleza similar a los encontrados en cualquier otra actividad industrial, mientras que en el caso de los lodos los contaminantes potenciales serán metales y otros elementos traza presentes en el residuo. Estos riesgos de contaminación se dan especialmente en la minería del carbón y los metales.

Hay suelos contaminados que actualmente son terrenos abandonados y otros que están en uso, pero los más importantes en tamaño suelen ser vertederos incontrolados de residuos, originados antes de la aparición de la legislación de residuos tóxicos y peligrosos.

Principales contaminantes

En la Tabla 1 se indican los contaminantes, que aparecen con mayor frecuencia en los suelos contaminados, clasificados según sus propiedades más importantes: movilidad y toxicidad.

TABLA 1. PRINCIPALES CONTAMINANTES POTENCIALES

Contaminante	Toxicidad	Movilidad
1. Derivados del petróleo (hidrocarburos alifáticos, gasolinas)	3	1
2. Hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, etc)	2	1
3. Hidrocarburos policíclicos (PCH)	1	3
4. Otros hidrocarburos no halogenados (ftalatos, estirenos, etc)	3	3
5. PCH halogenados, PCB, hidrocarburos clorados cíclicos	1	3
6. Hidrocarburos alifáticos clorados volátiles	2	1
7. Plaguicidas (compuestos organoclorados, no clorados)	1	2
8. EOCl, otros hidrocarburos halogenados	2	2
9. Compuestos organometálicos (Sn, Hg, Si)	1	2
10. Hg, Cd	2	3
11. Pb, As, Sb, Sn, Be, U, Th, Te, Ag	3	3

Contaminante	Toxicidad	Movilidad
12. Zn, Cu, Ni, Cr, Se, Mo, B, V, Ca, Ba, Ti	3	3
13. Fluoruros	4	2
14. Cianuros (libres/en complejos)	2	2
15. Amonio, nitritos, nitratos, compuestos nitrogenados	4	1
16. Compuestos organofosforados (excluidos los plaguicidas)	1	2
17. Fósforo inorgánico (total)	4	2
18. Sulfuros (total)	4	3
19. Sulfatos	4	1
20. Ácidos, bases, sales inorgánicas	4	2

Valor máximo: 1

Por otra parte, en el Apéndice I se presenta una tabla con las actividades industriales potencialmente contaminadoras del suelo y los principales contaminantes potenciales para las distintas actividades.

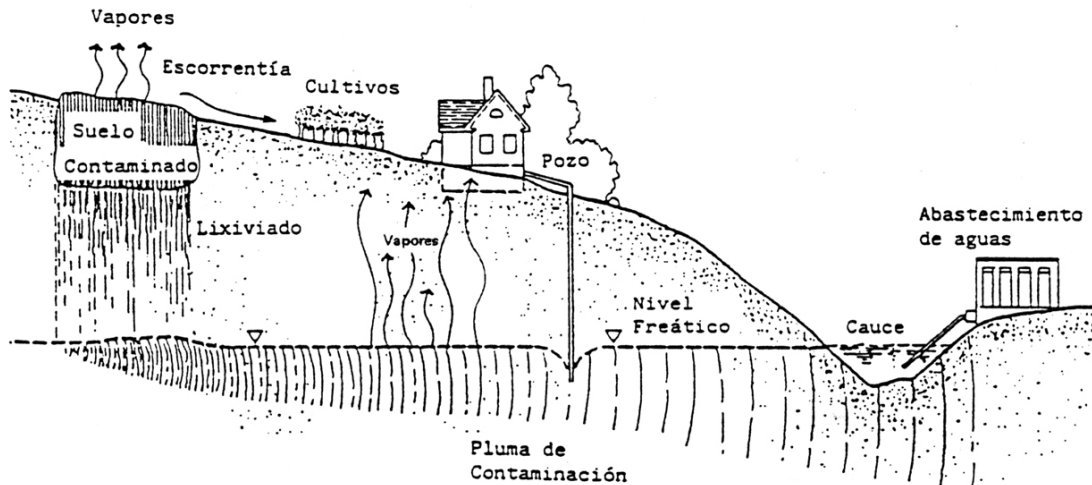
Comportamiento de los contaminantes vertidos en el suelo

La conducta de los contaminantes vertidos en el suelo (dispersión entre los distintos medios: suelo, agua y aire), su permanencia y su posible transporte dependen de las propiedades físicas y químicas de los mismos y de las características del medio.

Mecanismos de transporte

En la Figura 1 se muestran esquemáticamente las diversas rutas de movilización de los contaminantes presentes en un suelo contaminado.

FIGURA 1. RUTAS DE MOVILIZACIÓN DE CONTAMINANTES

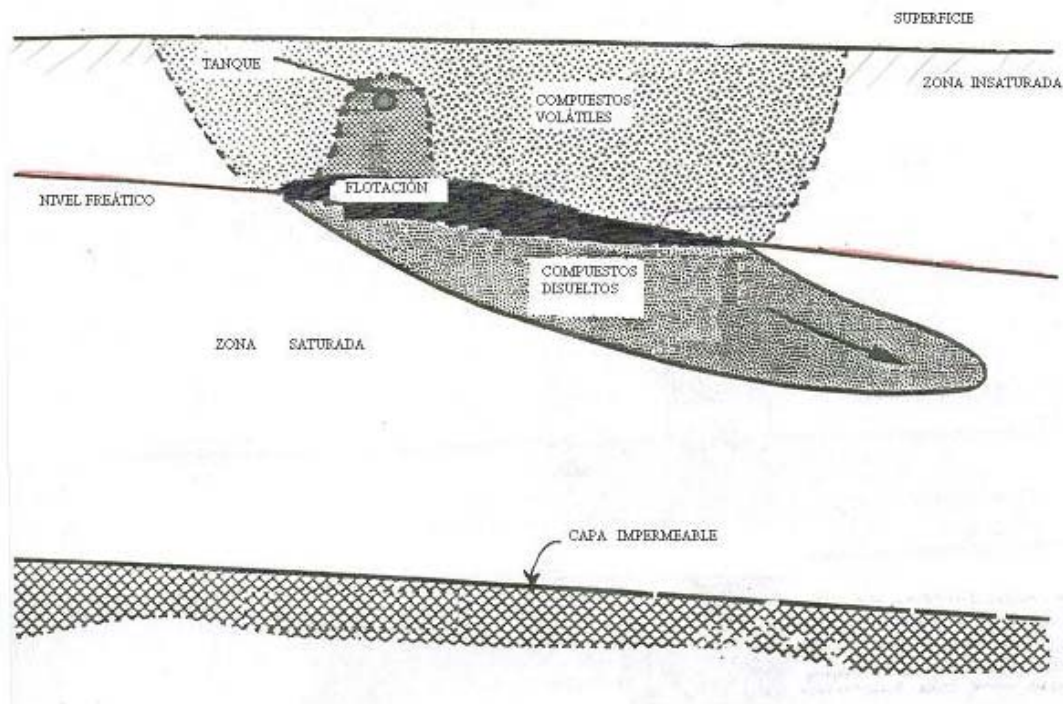


Los mecanismos de transporte se basan en la interacción entre los tres medios: aire, agua y suelo. La contaminación de uno de los medios suele resultar en la contaminación subsecuente de uno o dos de los otros. Por ejemplo, las aguas subterráneas pueden surgir como aguas superficiales en forma de manantiales o descargarse por infiltración en ríos o lagos. También los contaminantes transportados por el viento pueden depositarse en las aguas superficiales y luego ser transportados ulteriormente. Igualmente, los contaminantes volátiles pueden desprenderse de las aguas subterráneas y difundirse a través del suelo, alcanzando frecuentemente la superficie (incluso entrando en el sótano de una casa).

Los contaminantes pueden alcanzar las aguas subterráneas en forma disuelta, por infiltración directa de aguas superficiales y disolución/lixiviación, o bien como un líquido independiente, si se encuentran en este estado. Cuando alcanzan el agua subterránea los contaminantes que puedan disolverse en ella se moverán con ella. Si hay una fuente continua de contaminación entrando en una masa de agua subterránea que se mueve, se puede formar un volumen de agua contaminada que se denomina "pluma". Una combinación de una masa de agua subterránea en movimiento y de una fuente continua de contaminación puede, por tanto, contaminar grandes volúmenes de agua subterránea. Algunas plumas generadas por suelos contaminados tienen varios kilómetros de largo.

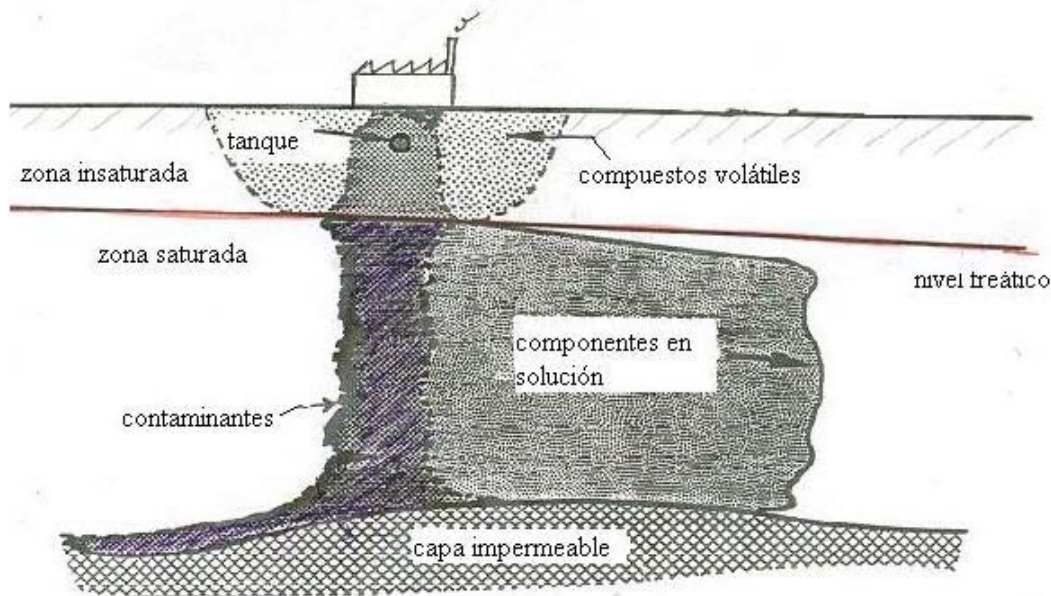
Algunas sustancias peligrosas se disuelven muy lentamente en el agua, como es el caso de muchos compuestos orgánicos. Cuando estas sustancias se infiltran en el suelo hasta las aguas subterráneas, más rápido de lo que pueden disolverse, una parte permanecerá en forma líquida. Si el líquido es menos denso que el agua, flotará sobre la superficie del nivel freático, como el aceite en el agua (ver Figura 2).

FIGURA 2. COMPORTAMIENTO DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS MENOS DENSOS QUE EL AGUA



Si el líquido es más denso que el agua, se infiltrará acumulándose en el fondo del acuífero (ver Figura 3). Esta acumulación continuará contaminando el acuífero, según se va disolviendo lentamente y va siendo transportado por las aguas subterráneas en movimiento. Según el líquido fluye hacia abajo a través del acuífero, pequeñas gotas del mismo pueden quedar atrapadas en los espacios entre las partículas de suelo.

FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS LÍQUIDOS MÁS DENSOS QUE EL AGUA



Las aguas superficiales pueden constituir un mecanismo de transporte rápido y directo para las sustancias químicas en disolución o en suspensión (partículas). En contraste con las aguas subterráneas, las aguas superficiales pueden remover la tierra y movilizar contaminantes. También los lixiviados de un vertedero pueden alcanzar por escorrentía las aguas superficiales. Una vez que han sido arrastrados por las aguas superficiales, los contaminantes pueden depositarse sobre otros suelos o permanecer en el agua, yendo a parar a ríos o lagos.

Los contaminantes pueden ser transportados a través del aire si están expuestos a y son afectados por corrientes de aire. Este transporte se puede producir en fase de vapor, si la presión de vapor de los contaminantes favorece su volatilización, en forma de polvo, si se trata de contaminantes sólidos pulverulentos, o adherido a partículas de suelo, si los contaminantes son líquidos. La maquinaria pesada, los automóviles e incluso el tráfico a pie en una zona de residuos o suelos contaminados expuestos pueden levantar polvo.

Atenuación natural de la contaminación

No se debe olvidar que el destino de los contaminantes no se basa solo en un mero movimiento de materiales, sino que se ve influenciado por numerosos procesos físicos, químicos y biológicos: volatilización, sorción, fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción, biodegradación y bioacumulación.

Algunos de estos procesos contribuyen a la atenuación natural de la contaminación. Pueden reducir la masa de los contaminantes (por medio de procesos destructivos tales como biodegradación y transformaciones químicas), reducir su concentración (mediante dilución o dispersión) o unirlos a partículas de tierra (adsorción), de forma que la contaminación no se propague o no se extienda demasiado. Estos procesos generalmente se producen en los suelos contaminados, pero con diferencias en cuanto a la celeridad y a la eficacia, según el tipo de contaminante y las características físicas, químicas y biológicas del suelo y del agua subterránea.

La biodegradación es un proceso en el cual los microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) descomponen o degradan sustancias peligrosas, transformándolas en sustancias menos tóxicas o inocuas. Los microorganismos, igual que los seres humanos, comen y digieren sustancias orgánicas, de las cuales se nutren y obtienen energía. Ciertos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas, como combustibles o disolventes, que son peligrosas para los seres humanos.

En la mayoría de los entornos subterráneos se produce la biodegradación de contaminantes, tanto en forma aerobia (en presencia de oxígeno) como en forma anaerobia (en ausencia de oxígeno). Los microorganismos descomponen los contaminantes orgánicos en productos inocuos, principalmente dióxido de carbono y agua en el caso de la biodegradación aerobia.

Muchos contaminantes orgánicos pueden ser biodegradados por microorganismos en el entorno subterráneo, por ejemplo, hidrocarburos del petróleo, tales como gasolina, benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, y también disolventes clorados, como tricloroetileno (TCE), pero en este último caso el proceso es menos eficaz.

Los efectos de dilución y dispersión reducen la concentración del contaminante pero no lo destruyen. Se puede filtrar agua relativamente limpia de la superficie del suelo y mezclarse con agua subterránea contaminada, diluyéndola. La dispersión de los contaminantes también lleva a una disminución de la concentración de los mismos, a medida que la pluma contaminada va alejándose de la fuente de contaminación.

La sorción se produce cuando los contaminantes se adhieren a partículas subterráneas. Los hidrocarburos tienden a repeler el agua, igual que la mayoría de las sustancias oleosas. Aprovechan cualquier oportunidad para escaparse del agua subterránea adhiriéndose a materia orgánica y minerales arcillosos que también repelen el agua. Eso es beneficioso, porque puede impedir que los contaminantes fluyan a un lugar donde presenten un riesgo para la salud. La sorción, igual que la dilución y la dispersión, reduce la concentración y la masa de contaminantes en el agua subterránea, pero no los destruye.

Consecuencias de la contaminación del suelo

Los problemas que puede plantear la contaminación del suelo son tan variados como pueden serlo las sustancias presentes en los vertidos y las características del suelo receptor y de su entorno. Pueden producirse daños en el propio emplazamiento (*on-site*) o en su entorno (*off-site*). Esta segunda situación requiere un mecanismo de transporte de los contaminantes y es generalmente más preocupante, porque hay más oportunidades de que se produzca en el caso del hombre, dado que el acceso a los emplazamientos puede estar limitado. Además, la contaminación de la cadena alimentaria suele estar asociada con contaminantes que han migrado al entorno del emplazamiento.

Los efectos perjudiciales van desde los daños por toxicidad a la salud humana, hasta la pérdida de recursos y las consecuentes pérdidas económicas. Son principalmente los siguientes:

- Peligros toxicológicos para la salud humana:
 - Lesiones dérmicas por contacto directo con agua o suelo contaminados
 - Intoxicación por penetración cutánea de sustancias contaminantes, debida a contacto directo con agua o suelo contaminados
 - Intoxicación por inhalación de aire contaminado con partículas o gases
 - Intoxicación por ingestión de agua, suelo o alimentos contaminados
- Peligros ecotoxicológicos:
 - Envenenamiento de las plantas por absorción de contaminantes a través de las raíces o las hojas
 - Intoxicación de animales por ingestión de agua, tierra o forraje contaminados
- Peligros físicos:
 - Fuego y explosión
 - Corrosión o ataque de cimentaciones o infraestructuras
 - Efectos sobre las propiedades mecánicas del suelo
- Peligro de contaminación de otros compartimentos ambientales a proteger (aguas superficiales y subterráneas, atmósfera, sedimentos, etc.)

Las consecuencias de la contaminación de las aguas sobre el abastecimiento público (salud, coste), su uso agrícola (producción, calidad) e industrial (coste), así como sus efectos ambientales, pueden ser muy graves. Sin embargo, es necesario desterrar la idea errónea de que los compuestos químicos son de forma inherente peligrosos a cualquier nivel y que los suelos contaminados constituyen siempre una grave amenaza para la salud. Por ejemplo, si se vierte una pequeña cantidad de una sustancia peligrosa, puede resultar diluida hasta el punto de que no cause daños. Generalmente los problemas derivados de la contaminación del suelo pueden aparecer cuando:

- Se libera una gran cantidad de sustancia peligrosa en un momento
- Se liberan pequeñas cantidades de sustancia peligrosa muchas veces en el mismo lugar
- La sustancia peligrosa no resulta diluida o degradada de forma natural
- La sustancia puede causar daños a muy bajas concentraciones (por ejemplo, una sustancia muy tóxica como el arsénico)

Por otra parte, los efectos de la exposición a las sustancias tóxicas dependen de:

- Quién es expuesto
- Cuál es la concentración o dosis de exposición
- Cómo es la exposición
- Cuánto dura la exposición

En cada caso es necesario identificar los peligros de los contaminantes existentes y establecer los riesgos de un suelo contaminado.

Por otra parte, los problemas originados por los suelos contaminados presentan varias circunstancias agravantes:

- Con la excepción de los vertederos de residuos, en la mayoría de los casos los contaminantes no se ven.
- Aunque se ponga fin a los vertidos sobre el terreno, los efectos de la contaminación del suelo persisten e incluso pueden ir en aumento con el tiempo, si no se toman las medidas oportunas.
- Es difícil aplicar el principio de "quien contamina paga", sobre todo en los casos de vertederos incontrolados, dado que en la mayoría de los casos es difícil imputar responsabilidades de la contaminación, y, si se conoce la empresa responsable, esta es insolvente o no tiene sucesor legal. Por ello, gran parte de las acciones sobre los suelos contaminados exigen una financiación específica que debe estudiarse en cada caso.
- Los daños producidos por los suelos contaminados no están asociados necesariamente a consecuencias sobre la salud y el medio ambiente que puedan ser conocidas y registradas inmediatamente, sino que generalmente tienen un largo período de latencia. Por ello, cuando tras varias décadas se detectan sus efectos, las pérdidas originadas pueden ser ingentes.

Actuación sobre el problema de los suelos contaminados

La gestión de la problemática de los suelos contaminados, supone la adopción de una serie de medidas a tres niveles, que podríamos denominar preventivo, correctivo y de alerta. La recuperación de suelos es una operación difícil de coste muy elevado, por lo que el objetivo principal de cara al futuro debe ser la prevención de la contaminación.

Actuación primaria o preventiva

Evidentemente es necesario evitar que se sigan generando suelos contaminados, para lo cual es necesario que la Administración, por una parte, cree un marco legal y una estructura administrativa adecuados, controlando la gestión de residuos peligrosos, exigiendo un control de la situación del suelo en las actividades potencialmente contaminadoras y exigiendo responsabilidades por la contaminación del suelo y, por otra parte, promueva y apoye la creación de infraestructuras de gestión de residuos peligrosos.

Así mismo, a nivel privado es necesario implantar medidas preventivas en las instalaciones que manejan o almacenan sustancias peligrosas. Tales medidas son:

- ◆ Recubrimiento impermeable del suelo en las zonas de manejo o trasiego de sustancias peligrosas
- ◆ Construcción de cubetos de retención para fugas de los tanques de almacenamiento de sustancias peligrosas

Actuación secundaria o correctiva

Los países que han actuado sobre la problemática de los suelos contaminados generados en el pasado, han seguido un proceso que incluye las etapas que se describen a continuación.

Identificación y detección

En primer lugar es necesario identificar y detectar los suelos que presentan indicios de estar contaminados.

Caracterización

- Investigación preliminar
A continuación, se realiza una investigación preliminar que suele incluir dos actividades:
 - Recopilación y análisis de información disponible sobre el sitio y su entorno. Esta tarea permite, en base a un conjunto limitado de datos, distinguir entre sitios que plantean una amenaza pequeña o nula para el medio ambiente y la

salud humana y sitios que pueden plantear una amenaza y requieren investigación ulterior.

- Inspección del lugar, para obtener información adicional y confirmar la existencia de contaminación. En ella se recogen muestras de suelos y aguas, para determinar las concentraciones de sustancias tóxicas que están presentes.

Estos trabajos tienen un coste entre 3.000 y 12.000 euros.

En este punto del proceso es conveniente disponer de un sistema que estandarice y acelere el proceso de evaluación de la contaminación y de toma de decisión sobre si se considera que el suelo está contaminado o no. Este sistema se ha de basar en la utilización de unos estándares o valores de referencia de concentración de contaminantes.

- Investigación de detalle

La investigación de detalle o caracterización incluye un conjunto de labores de investigación, medición y toma de muestras en campo y análisis en laboratorio, que se realizan para determinar los parámetros básicos de un suelo contaminado (magnitud, extensión y naturaleza de la contaminación, vías de dispersión, recursos afectados, poblaciones expuestas, etc.), con el fin de poder evaluar su peligrosidad potencial y, en consecuencia, definir las necesidades de actuación.

La investigación de detalle (incluyendo la evaluación de riesgos) puede tener un coste entre 30.000 y 180.000 euros.

Evaluación de riesgos

Se denomina evaluación de riesgos al conjunto de actividades multidisciplinares, mediante las cuales se pretende conocer los riesgos potenciales y reales de efectos negativos, que la contaminación del suelo o su dispersión puede suponer.

El riesgo es la probabilidad de que se manifiesten efectos adversos, debidos a la interacción de los contaminantes presentes en un espacio contaminado con los posibles receptores o recursos a proteger (poblaciones humanas, animales y vegetales, infraestructuras, etc.). Los riesgos son específicos del emplazamiento.

La evaluación de riesgos sirve de base para la toma de decisiones sobre la aceptabilidad del riesgo y las medidas a adoptar. Permite delimitar los aspectos del espacio contaminado que requieren actuación y el nivel de actuación necesario.

Estudio de soluciones

Existen numerosas medidas para mitigar o eliminar los riesgos planteados por los suelos contaminados, pero no hay una solución aplicable de forma general. Por ello, al abordar el problema de un suelo contaminado, es necesario buscar las soluciones más apropiadas, eligiendo específicamente las medidas de saneamiento y adaptándolas al caso considerado. El proceso de búsqueda de medidas de saneamiento será tan complicado como lo sean las características del emplazamiento, puesto que se han de considerar todos los aspectos sobre los que hay que actuar y sus relaciones. Generalmente en la búsqueda de una solución para un suelo contaminado se plantean varias alternativas, que deben ser examinadas y evaluadas para seleccionar la opción idónea.

En algunos casos se realizan, además estudios de tratabilidad a escala de laboratorio o piloto, con el fin de definir los parámetros de diseño del sistema de saneamiento del suelo contaminado.

Diseño e implantación de la solución idónea: saneamiento

Como en cualquier proyecto de ingeniería, las siguientes fases serían el diseño, construcción y operación del conjunto de medidas y tratamientos que se han elegido, con el fin de confinar los contaminantes, disminuir sus concentraciones o eliminarlos. Es decir, en algunos casos sólo se evitan los impactos de la contaminación, mientras que en otros casos puede llegarse a la limpieza total o recuperación del suelo contaminado, dependiendo del uso asignado al suelo, agua y otros recursos afectados, de los riesgos para la salud pública y el medio ambiente y de la disponibilidad de presupuesto.

Actuación terciaria o de alerta

Sería conveniente disponer de un sistema de alerta que permitiera la detección precoz de la contaminación de los recursos hídricos producida por los suelos contaminados, antes de la aparición de daños para sus receptores. Así, podrían realizarse a tiempo medidas de evacuación, aislamiento o sustitución de emergencia, por ejemplo, la sustitución del suministro de agua a una población. Para ello se podría adecuar las redes de vigilancia sanitaria y ambiental (control de calidad de las aguas potables y control de calidad de las aguas en general)

Además, cuando una instalación potencialmente contaminante se encuentra ubicada sobre un acuífero, es conveniente controlar la posible contaminación de las

aguas subterráneas, mediante la instalación de pozos de control, en los que se tomen muestras periódicamente.

Panorámica de la situación a nivel mundial

A raíz de los desastres acaecidos en Europa y Estados Unidos³, que supusieron graves consecuencias y repercusiones para la población humana, la problemática de los suelos contaminados cobró especial relevancia y se ha producido una creciente concienciación de la opinión pública y de los representantes políticos.

Hasta 1983, año en que Holanda tomó la iniciativa, en ningún país de la CEE la legislación había definido explícitamente "suelo contaminado" y consecuentemente no existía una ley uniforme y especial para los suelos contaminados.

Los primeros inventarios realizados en los países con una política de protección ambiental más activa han permitido una constatación internacional de la magnitud de la problemática: existen decenas de miles de casos, de los cuales un número muy elevado requiere alguna forma de saneamiento.

Los países más avanzados en la materia han realizado sus inventarios y estimaciones de forma progresiva, utilizando metodologías y medios más potentes a medida que comprendían que los resultados de sus campañas de detección visual y recopilación de información disponible no daban resultados exhaustivos. Generalmente las cifras finales se han elevado a valores (en número de casos o volumen de suelo

³. El primer caso conocido de suelo contaminado fue el de Love Channel (EEUU). Inicialmente el canal fue utilizado como vertedero de residuos industriales peligrosos (entre ellos PCB y dioxinas). Posteriormente se instaló en la zona una escuela primaria y se creó en su proximidad un área residencial, sin haberse eliminado previamente los residuos presentes. En 1978, como consecuencia de enfermedades adquiridas por residentes de la zona, el problema salió a la luz. Se había producido una migración de los contaminantes del canal hasta alcanzar la cimentación de algunas viviendas. Después de un trabajo de investigación de tres meses, en el que se analizaron aproximadamente 6.000 muestras, se llegó a la conclusión de la necesidad de tomar medidas urgentes, como la evacuación de residentes de las áreas de alto riesgo. La inversión total ascendió a más de 58 millones de dólares, de los cuales 30 se destinaron al realojamiento de unas 800 familias y más de 15 al estudio del impacto sobre el entorno.

A partir de este suceso, el Gobierno de los EEUU desarrolla la primera ley de suelos contaminados en 1980: "CERCLA". Se trata de la "Ley de Respuesta Ambiental Exhaustiva, Compensación y Responsabilidad Pública" (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act), que se encarga de lo relacionado con la limpieza de vertederos de desechos peligrosos y de definir los mecanismos de respuesta a los vertidos de desechos peligrosos.

En Europa, se detecta el primer caso de alerta por la misma época, en 1980. En el entorno de Lekkerkerk (Holanda), había una serie de huecos de extracción de áridos que son rellenados con residuos químicos, hasta que se cubren en su totalidad. Al igual que en Love Canal, el terreno se urbaniza y se construye un barrio, cuyos habitantes sufren una serie de anomalías sanitarias a lo largo del tiempo, hasta que se detecta la contaminación del suelo y la existencia de residuos orgánicos, que emiten gases que los vecinos inhalan. En la limpieza del área afectada se invirtieron 70 millones de dólares. Como consecuencia se aprueba en 1983 la ley holandesa de suelos contaminados: "Soil Clean-Up Act 1983".

contaminado) de tres a cinco veces las de las estimaciones iniciales (véase el caso de Holanda en la Figura 4). Aún actualmente las técnicas de detección e identificación están en desarrollo y en Europa casi no se han aplicado los sensores remotos con este fin, práctica bastante extendida en Canadá y Estados Unidos.

Con respecto a la actuación en materia de saneamiento de suelos contaminados, se han aplicado diversas estrategias en los diferentes países, en función de la magnitud de su problemática, sus imperativos legales y su capacidad técnica y económica.

Por ejemplo, en Estados Unidos se creó en 1986 el denominado “Superfondo”, procedente en su mayoría de impuestos abonados por la industria. Este fondo incluía 8.500 millones de dólares para la recuperación de vertederos de residuos peligrosos abandonados y 500 millones más para la limpieza de terrenos contaminados por depósitos subterráneos de hidrocarburos. La página de Internet de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (www.epa.gov) contiene una enorme cantidad de documentos sobre el tema de suelos contaminados.

Situación en la Unión Europea

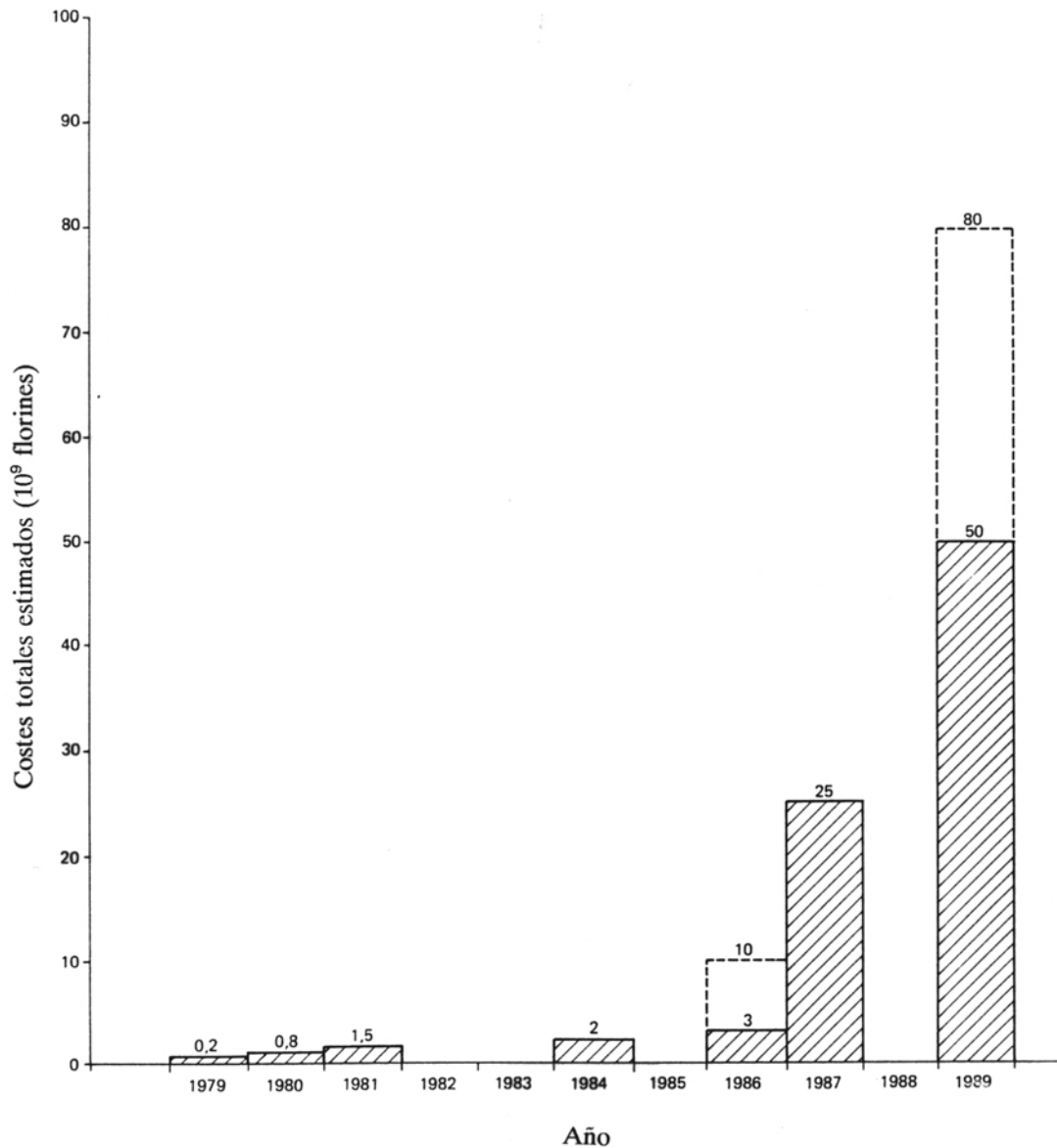
Principales actuaciones

El gasto realizado en descontaminación varía mucho entre los Estados miembros de la Unión Europea. En 2000, los Países Bajos invirtieron 550 millones de euros en trabajos de descontaminación, Austria 67 y España 14. Estas disparidades muestran las diferentes percepciones de la gravedad de la contaminación, las diferentes políticas y objetivos de recuperación y las diferentes fórmulas de estimación de gastos. La Agencia Europea de Medio Ambiente ha calculado que el coste total para la recuperación de terrenos contaminados en Europa oscila entre 59 y 109 miles de millones de euros.

Se han desarrollado dos importantes programas de acción concertada financiados y apoyados por la Comisión Europea:

- CLARINET (Contaminated Land Rehabilitation Network): www.clarinet.at
- CARACAS (Concerted Action on Risk Assessment for Contaminated Sites): www.caracas.at

FIGURA 4. EVOLUCIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LOS COSTES TOTALES DE SANEAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS EN HOLANDA



En la página de Internet <http://europa.eu.int/comm/environment/> se puede encontrar información de interés en relación con el desarrollo de la política de protección del suelo. La Comisión Europea, en aras de la transparencia, pretende que la información se difunda a través de la red, para lo cual hará uso del CIRCA (Communication and Information Resource Centre Administrator), cuya página de Internet es: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/home>

Instrumentos jurídicos y técnicos

Propuesta de Directiva para la protección de las Aguas Subterráneas frente a la Contaminación (Doc. COM(2003) 550)

En este proyecto de directiva se acuña el concepto de vertido indirecto como el resultado de una filtración a través del suelo hasta las aguas subterráneas (Art. 6) para, más tarde, señalar la obligación de los Estados Miembros de proponer un programa de medidas para su prevención, señalando la necesidad de dar prioridad a las posibles acciones correctoras de acuerdo a sus consecuencias medioambientales.

En su artículo 5 se plantea la obligación de llevar a cabo evaluaciones de tendencia para sustancias peligrosas identificadas en terrenos contaminados, a fin de garantizar la no dispersión de la contaminación. Es este un elemento novedoso que requerirá de un desarrollo reglamentario futuro, en el que habrá de tenerse en cuenta toda la información técnica y científica disponible relativa a la interfase suelo/agua subterránea.

La Estrategia Temática Europea para la Protección del Suelo (Doc. COM(2006) 231 final)

En respuesta a lo contenido en el VI Programa de Acción en materia de Medio Ambiente la Comisión Europea ha presentado, para su tramitación en el Consejo de Ministros y el Parlamento europeos, una propuesta de Estrategia Temática para la Protección del Suelo. Este documento se enmarca también en el mandato que el propio Consejo de Ministros dio a la Comisión, en su Consejo de junio de 2002 celebrado en España, en el que le solicitaba la elaboración de una estrategia específica para la protección del suelo en la UE que abarcara todas las amenazas y riesgos a que está sometido este recurso.

En este documento de la Comisión se contemplan y analizan una diversidad de procesos que inciden en la degradación de los suelos a escala comunitaria: la contaminación es uno de ellos.

Junto con la Estrategia se presenta asimismo, como uno de sus elementos centrales, la propuesta de una Directiva por la que se establece un marco para la protección del suelo. Esta pieza contempla, entre otras cosas:

- el establecimiento de un marco armonizado para la evaluación de riesgos ambientales,
- la adopción de un criterio común para la declaración de un suelo como contaminado,

- la elaboración de un inventario nacional de suelos contaminados así como planes nacionales de recuperación de suelos contaminados.

Ambas propuestas de la Comisión Europea se han publicado a mediados del mes de Septiembre de 2006. La evolución previsible de estas propuestas apunta a un proceso de negociación que, probablemente, culminará en un texto consensuado adoptado como directiva.

Directiva sobre Responsabilidad Medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales (Directiva 2004/35/CE)

La contaminación del suelo es uno de los daños incluidos en el ámbito de la Directiva. Asimismo, en su anexo II –reparación de los daños- se señalan los criterios que han de seguirse en la reparación de terrenos contaminados que, en términos generales, es coincidente con los criterios establecidos en la legislación española de aplicación. Sin embargo, se debe mencionar que se plantea la posibilidad de considerar la atenuación natural como una de las opciones posibles. Considerando este extremo, independientemente de lo que se pueda decidir al respecto en situaciones específicas, será de gran interés establecer criterios generales de aceptabilidad de esta alternativa de descontaminación y profundizar en los mecanismos de detoxificación natural genéricos o específicos.

Por otra parte, debe señalarse la importancia que en esta Directiva se da a la relación entre uso del suelo y contaminación, indicando la necesidad de estudio de posibles afecciones ante un cambio de uso del mismo y la necesidad de contar con esta realidad en la ordenación del territorio.

Situación en España

En España, los primeros casos de contaminación detectados, son de 1989, relacionados en su mayoría con vertidos de residuos peligrosos, hidrocarburos o hexaclorociclohexano (HCH)⁴, pero la preocupación se desató con una explosión

⁴ El caso del residuo de HCH procedente de la fabricación de Lindano en Vizcaya y Huesca ilustra perfectamente los antecedentes en relación a los suelos contaminados en la península. El Lindano se comenzó a utilizar a finales de los 50 como pesticida en agricultura, veterinaria, etc., porque es un insecticida de amplio espectro. Su peligro procede de que es tóxico, posible cancerígeno y tiene la capacidad de ser almacenado en los seres vivos, siendo dañino para la salud humana y el medio ambiente. Además, la relación entre producto comercial y residuo es de 1 a 9, por lo que por 1 kg de Lindano producido y vendido, se originan 9 kg de residuos de HCH.

A lo largo de 40 años en Vizcaya hubo dos empresas que fabricaban lindano y que vertían los residuos de HCH sin ningún control, tratamiento ni medida de seguridad. Se calcula que se vertieron y mezclaron con tierras y residuos unas 82.000 t vertidas incontroladamente en 35 puntos, unos 345.000 m². A partir de los años 80 las autoridades tomaron cartas en el asunto exigiendo el cumplimiento de la ley de residuos y prohibiéndoles sacar materia de su

ocurrida en un taller de automóviles de Gernika en la que murieron dos personas y que había sido causada por la absorción del terreno de grandes cantidades de gasolina de una estación de servicio colindante.

El Inventario Nacional de suelos contaminados

En 1989 se aprobó el Plan Nacional de Residuos Industriales, que contenía un “Programa de control y recuperación de zonas afectadas por vertidos de residuos tóxicos y peligrosos”. La puesta en marcha del Plan y en concreto de este Programa, dio lugar a la ejecución durante los años 1991 y 1992 del primer Inventario de Suelos Contaminados, abarcando todo el territorio nacional. Este Inventario se basó en la identificación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo (se inventariaron un total de 18.142 actividades industriales que, por su tamaño, tipo de actividad, sistemas de almacenamiento y toxicidad de las sustancias que utilizaban, podían generar emplazamientos contaminados) y de los vertederos incontrolados de residuos, donde presuntamente había residuos tóxicos y peligrosos.

De los 4.532 emplazamientos identificados como potencialmente contaminados por el tipo, concentración de contaminantes y potencial de dispersión de los mismos, 250 fueron sometidos a un proceso completo de caracterización en campo y evaluados en función del riesgo que presentaban, evaluando los riesgos que planteaban para la salud pública, recursos naturales y el medio ambiente y estudiando las soluciones aplicables y sus costes.

Durante los años 1994 y 1995 el Ministerio contrató una segunda fase de caracterización de otros 115 emplazamientos inventariados.

Posteriormente se ha realizado en varias Comunidades Autónomas una mejora del inventario, que ha llevado, en alguna de ellas, a multiplicar por 20 el número de emplazamientos, pues se incluyen también las estaciones de servicio (antes no contempladas).

El Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (1995-2005)

planta, por lo que una de ellas empezó a almacenarla dentro hasta el cierre definitivo a finales de los años 80, permaneciendo en estado puro 4.500 t de residuos en su interior, siendo 12.000 m² la superficie afectada. El Gobierno Vasco realizó un plan especial de Lindano con un presupuesto de más de 13.000 millones de pesetas para sanear el terreno y confinar los residuos en celdas de seguridad, haciendo desaparecer la producción de este compuesto químico, pero teniendo que asumir un pasivo medioambiental que todavía permanece.

El Inventario estableció un orden de prioridad de actuación de los espacios contaminados, en base a los riesgos que planteaban y permitió la elaboración de un programa de actuación, que se plasmó en el Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (1995-2005), aprobado en 1995. En ese Plan se establecía un esquema de financiación conjunta, entre el entonces MOPTMA (cuyas competencias en esta materia son hoy del Ministerio de Medio Ambiente) y las Comunidades Autónomas, de las obras para la recuperación de estos terrenos cuando sean de titularidad pública; ambas Administraciones participarían aportando el 50% del presupuesto cada una de ellas.

En aplicación de este primer Plan se han llevado a cabo en el periodo 1995-2005 inversiones por ambas Administraciones en una cuantía significativa. En total se han invertido por las Administraciones Públicas unos 170 millones de euros para recuperar 270 emplazamientos contaminados. Aunque no se dispone de datos concretos, se estima que el sector privado podría haber invertido una cantidad del orden de 115 ó 120 millones de euros en terrenos de propiedad privada (especialmente estaciones de servicio y terrenos adquiridos por empresas extranjeras). En la Tabla 2 se detallan esas inversiones, por CCAA y años.

Por otra parte, en el mismo periodo 1995-2005 algunas CCAA han destinado parte de sus fondos FEDER a la recuperación o remediación de emplazamientos contaminados. En la Tabla 3 se indican esas inversiones.

Una comparación entre el montante de las inversiones y el número de emplazamientos descontaminados da una idea del alto costo unitario de este tipo de operaciones.

Cabe mencionar, finalmente, que en su mayor parte el Plan se desarrolló sin un marco jurídico de referencia claro y, en buena medida, con cierto voluntarismo de sus ejecutores.

TABLA 2.

Inversiones del MMA, en las CCAA que se indican, en el marco del IPNSC, en M€. (1)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	
Andalucía		275,32		1.502,53	420,71	294,50	276,47	210,35				2.979,8
Aragón	1.443,33	210,96	490,01	258,25		512,36	345,58		450,76		924,32	4.635,5
Asturias		303,51		480,81			781,32	2.160,64	1.803,04	601,01		6.130,3
Baleares				180,30	8,17		664,12	234,39	195,33			1.282,3
Canarias			112,69		173,93		49,94	39,18				375,7
Cantabria	0,00											0,0
C. La Mancha								1.309,52 (8)	1.141,99 (8)	1.992,69 (8)	1.969,34 ³⁷ 1.948,45 ³⁸	6.413,54 (8) 1.948,45 (8)
C. y León	56,80	179,16	21,28	186,31	97,72	16,47		0,00				557,7
Cataluña	1.081,82		1.141,92	1.562,63	1.622,73	1.135,91	973,64	811,37		1.100,00	1.500,00	10.930,0
Valencia		19,35	110,17	113,77	153,74			2.137,44	1.502,53	1.502,53		5.539,5
Extremadura				216,36		0,00	195,33	276,47	372,63			1.060,7
Galicia	149,95	120,20	366,14	526,79	1.337,55	3.650,85	2.800,72	1.687,45	1.472,48	1.807,41	1.800,00	15.719,5
Madrid			150,25	148,75	45,20	60,10	345,58	407,19	270,46	72,24		1.499,7
Murcia	178,80	487,36	143,28	1.197,04	112,39	601,01		601,01	601,01			3.921,9
Navarra (2)												0,0
País Vasco (2)			2.485,19									2.485,1
La Rioja			83,36	67,19	47,00		300,51	150,25	150,25		352,03	1.150,5
TOTAL	2.910,70	1.595,86	5.104,29	6.440,73	4.019,14	6.271,20	6.733,21	10.025,26	7.960,48	7.075,88	8.494,14	66.630,8

(1) Las cantidades que se indican son las aportadas por el MMA, a través de convenios con las CCAA quienes aportaron cantidades iguales. (2) Estas CCAA tienen un régimen foral y económico específico, por lo que no se firmaron convenios para recuperación de suelos. Fuente: MMA.

TABLA 3.

Inversiones realizadas por algunas CCAA, con cargo a los Fondos FEDER, en recuperación de suelos contaminados.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	M€
Andalucía (1)			7.054,14	7.955,06	3.365,67	59,81	25,63					18.460,30
Aragón												
Asturias												
Baleares												
Canarias												
Cantabria												
C. La Mancha											1.948,45	1948,45
C. y León	1.152,44			74,04								1.226,49
Cataluña												
Valencia	48,92	513,20	530,87	2.121,45								3.214,45
Extremadura												
Galicia (1)						4.843,42	11.845,47	5.077,88				21.766,77
Madrid												
Murcia				3.077,30								3.077,30
Navarra								2.295,00				2.295,00
País Vasco			2.404,05									2.404,05
La Rioja												0,00
TOTAL		1.201,36	9.971,39	11.637,28	5.487,12	4.903,23	11.871,07	7.372,88			1.948,45	54.392,81

(1) Fondos de Cohesión

II Plan Nacional de Suelos Contaminados

En el Apéndice

Objetivos cualitativos:

- La protección de la calidad y usos potenciales de los suelos y de las aguas subterráneas
- Aplicación de la escala de responsabilidad jurídica establecida en el Art. 27 de la Ley 10/1998, de Residuos

Objetivos cualitativos:

- Fomento de la prevención.
- Elaboración del Inventario Nacional de Suelos Contaminados, declarados como tales, de acuerdo con el RD 9/2005, antes de 2016.
- Confección del Mapa Nacional de Suelos Contaminados antes de 2016.
- Aprobación de una Estrategia Nacional de Rehabilitación de Suelos Contaminados antes de 2011.
- Plena puesta en práctica del RD 9/2005.

Medidas previstas

- Acentuación del factor prevención de la contaminación del suelo en la definición de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) de referencia en España, en consonancia con el artículo 7.2. de la Ley de Residuos. Inclusión del factor contaminación del suelo en la Ley 16/2002 (mediante la que transpone la Directiva IPPC) entre los de obligada y prioritaria consideración en la definición de las MTD.
- Ampliación de los catálogos EPER a las emisiones al suelo.
- Redacción y aprobación de un Plan de Prevención de la Contaminación del Suelo.
- Promoción de Acuerdos Voluntarios con empresas que se comprometan a la puesta en práctica de medidas para evitar este tipo de contaminación.
- Redacción y publicación de un manual de prevención de la contaminación del suelo.
- Creación de una base de datos y de un Inventario Nacional de suelos contaminados.
- Creación de una base de datos y sobre tecnologías para la descontaminación y recuperación ambiental de suelos.
- Creación de un sistema de transmisión de datos entre los Inventarios de las CCAA y entre éste y los Registros de la Propiedad.
- Clasificación de todos los informes preliminares recibidos en función de su riesgo inherente y la urgencia de su recuperación, utilizando un instrumento de decisión normalizado que el MMA pondrá a disposición de las CCAA.
- Elaboración y aprobación de un programa de descontaminación, en el que se distinguirán los procedimientos técnicos y administrativos a aplicar en el caso de los

terrenos de titularidad pública, los de titularidad privada y los terrenos en los que la responsabilidad ambiental sea de dudosa atribución.

- Elaboración de un Programa y calendario de la ejecución de las obras de descontaminación.
- Revisión y puesta al día periódica del RD 9/2005, a medida que se vaya disponiendo de mas y mejor información.
- Constitución de un Grupo de Trabajo Técnico sobre Suelos Contaminados, entre técnicos de las administraciones, dependiente de la Conferencia Sectorial.
- Constitución de un Grupo de Trabajo Técnico encargado de analizar las relaciones e interfase entre calidad del suelo/calidad del agua.
- Propuesta de posible desgravación fiscal a determinadas tecnologías de recuperación de suelos que se consideren MTD, de acuerdo con los criterios indicados más arriba.
- Realización de campañas de concienciación ciudadana.
- Continuación, y ampliación del presupuesto de los Programas de ayudas a I+D e I+D+i a proyectos encaminados a mejorar la gestión de los suelos contaminados.
- Elaboración de un programa de formación de personal técnico en suelos contaminados.

Otras actuaciones importantes del Ministerio y las Comunidades Autónomas

El Ministerio de Medio Ambiente, con el objeto de hacer frente a las actuaciones encaminadas a desarrollar una política de protección del suelo a nivel comunitario, ha creado el Centro Nacional de Referencia de Suelos, cuyo funcionamiento ha sido encomendado al Instituto Geológico y Minero de España. Para facilitar la puesta en práctica de este RD, el MMA, en colaboración con las CCAA, ha estado llevando a cabo estudios y los siguientes documentos técnicos:

- Un instrumento técnico para ordenar los informes preliminares que reciban las CCAA, de mayor a menor riesgo, y en consecuencia de mayor a menor prioridad o urgencia de recuperación.
- Un manual interpretativo del propio Real Decreto 9/2005 (véase el apartado de legislación más adelante), en el que se incide en sus aspectos más técnicos y la aplicación en la práctica en los casos mas frecuentes.
- Una aplicación informática para facilitar la confección de un inventario de suelos contaminados en cada Comunidad Autónoma, de manera que permita disponer de un Inventario Nacional.

Las Comunidades Autónomas más activas en el campo de suelos contaminados han sido hasta el momento Cataluña y el País Vasco. Sus organismos responsables del

tema tienen páginas en Internet con mucha información interesante. Estos organismos son:

- Agencia Catalana de Residuos: <http://www.arc-cat.net>
- IHOBE: <http://www.ihobe.es>

Legislación española sobre suelos contaminados

Ley 10/1998

La *Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos*, es la primera ley de carácter nacional que incorpora el problema de los suelos contaminados y su gestión (Título V, artículos 27 y 28).

Obligaciones de las C.C.A.A.:

1. Declarar que un suelo está contaminado y que un suelo ha dejado de estar contaminado una vez comprobado que se han realizado las actuaciones necesarias para proceder a su limpieza y recuperación.
2. Hacer un inventario de los suelos contaminados de su territorio.
3. Establecer una lista de prioridades de actuación en función del mayor o menor riesgo que presenten los suelos contaminados para la salud humana y el medio ambiente.
4. Establecer la forma y plazos en que se ha de proceder para recuperar los suelos contaminados
5. Establecer los criterios que permitan definir la periodicidad para la elaboración de los informes de situación del suelo que haya sido declarado contaminado y por tanto, que posibilite su seguimiento por la Administración.

Obligaciones de los causantes de la contaminación

Realizar las actuaciones necesarias para proceder a la limpieza y recuperación, en la forma y plazos en que determinen las respectivas Comunidades Autónomas, previo requerimiento de las mismas.

En caso de que los causantes de la contaminación no pudiesen responder ante esta obligación (porque ser insolventes, se ha disuelto la sociedad, están en quiebra, etc.), se consideran como obligados subsidiarios:

- A. los poseedores de los suelos contaminados (pueden ser, el usufructuario, el arrendatario, el depositario, etc.)
- B. los propietarios no poseedores (por ejemplo el arrendador, etc.), en el orden expuesto.

Estas obligaciones y las descritas en el apartado siguiente no se aplicarán al acreedor que en ejecución forzosa de su crédito se convierta en propietario de un suelo contaminado, siempre que lo enajene en el plazo de un año a partir de la fecha en que accedió a la propiedad. (Por ejemplo bancos y Administración que dispongan temporalmente de bienes con destino a la subasta para el cobro de deudas).

¿Cómo afecta al propietario del terreno con suelo contaminado la venta del mismo?

Aunque se efectúe la transmisión del título de propiedad del terreno, por venta, cesión, donación, el propietario mantiene todas las responsabilidades legales referentes a la contaminación causada.

¿Cómo afecta al comprador del terreno su posible contaminación?

Tiene una clara repercusión en la depreciación del valor del terreno y además en el acto de la compra, el comprador adquiere responsabilidades ambientales. Por ejemplo en caso de que los causantes de la contaminación no pudiesen responder ante las obligaciones de limpieza y recuperación, el comprador podría ser considerado como un obligado subsidiario según la ley de residuos. Así pues, es fundamental que antes de proceder a la compra de un terreno se investigue la posible contaminación del suelo.

Obligaciones de las actividades potencialmente contaminadoras

1. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna actividad potencialmente contaminante del suelo estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública.
2. Los titulares de estas actividades deberán remitir periódicamente a la Comunidad Autónoma correspondiente informes de situación en los que figuren los datos relativos a los criterios que sirvan de base para la declaración de suelos contaminados.

Declaración de un suelo como contaminado

Serán las propias Comunidades Autónomas quienes declararán un suelo como contaminado y las que, en aplicación del principio "quien contamina paga", obligarán a los responsables de dicha contaminación a la realización de las actuaciones necesarias para su limpieza y recuperación ambiental en los plazos y términos que determinen.

¿Cuándo un suelo deja de estar contaminado?

Los suelos contaminados perderán esta condición cuando se realicen las actuaciones de descontaminación que garanticen, en función de los usos actuales o futuros, que han dejado de suponer un riesgo inadmisibile para la salud de las personas o los ecosistemas y siempre que sea firme la resolución administrativa que lo declare, previa comprobación de las actuaciones de recuperación practicadas.

Inscripción en el Registro de la Propiedad

La declaración de un suelo como contaminado será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad, a iniciativa de la respectiva Comunidad Autónoma. Esta nota marginal se cancelará cuando la Comunidad Autónoma correspondiente declare que el suelo ha dejado de tener tal consideración. Así mismo, se anotará en el Registro el hecho de que se haya realizado o se realice alguna de las actividades potencialmente contaminantes.

Ayudas para las actuaciones de limpieza y recuperación

Las actuaciones de limpieza y recuperación de los suelos declarados como contaminados podrán llevarse a cabo mediante convenios de colaboración entre los obligados a realizar dichas operaciones y las Administraciones públicas competentes. Los convenios de colaboración podrán concretar incentivos económicos que puedan servir de ayuda para financiar los costes de limpieza y recuperación de suelos contaminados. En todo caso, sólo se podrán recibir ayudas previo compromiso de que las posibles plusvalías que adquieran los suelos revertirán en la cuantía subvencionada en favor de la Administración pública que haya financiado las citadas ayudas.

Real Decreto 9/2005

El *Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*, aprobado recientemente, garantiza la protección eficaz del suelo de cualquier tipo de contaminación provocada por las actividades potencialmente contaminantes y, en el caso de los ya contaminados, permite identificarlos y caracterizarlos mediante una metodología normalizada y aceptada, para evitar el posible riesgo que tendrían para la salud de las personas y los ecosistemas y, finalmente, para diseñar su remediación. Su texto íntegro se incluye como Anexo V.

Este Real Decreto vincula el riesgo potencial de un suelo contaminado al futuro uso que se le pretende dar, relacionando la función de soporte de actividad del suelo como factor de ponderación en el obligatorio análisis de riesgo; todo ello para asegurar un elevado nivel de protección para las personas y el medio ambiente.

Listado de actividades potencialmente contaminantes

En su anejo I se establece el listado de actividades potencialmente contaminantes, de tipo industrial o comercial, en las que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas o por la generación de residuos, puede contaminarse el suelo. También figuran aquellas empresas que producen, manejan o almacenan más de diez toneladas por año de una o varias sustancias incluidas en el Real Decreto de 1995 sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, y los almacenamientos de combustible propio con un consumo anual medio superior a 300.000 l y con un volumen total de almacenamiento igual o superior a 50.000 l.

Para los suelos que albergan o han albergado estas actividades, consideradas como potencialmente contaminantes, será obligatorio remitir al órgano competente de la Comunidad Autónoma un informe preliminar, cuyo alcance y contenidos se determinan, con el objeto de poder valorar la posibilidad de que se haya producido o se produzcan contaminaciones significativas. El grado de contaminación de un suelo se podrá evaluar con estos informes y otros datos o análisis que se estimen oportunos por parte de la Comunidad Autónoma, como Administración competente a la hora de realizar un análisis de riesgo y declarar un suelo contaminado.

¿Cuándo un suelo ha de ser objeto de una evaluación de riesgos?

Estarán sujetos a la realización de un análisis de riesgos los suelos que:

- presenten una concentración de hidrocarburos totales de petróleo superiores a 50 mg/kg.
- presenten una concentración de alguna sustancia por encima del nivel genérico de referencia correspondiente a su uso actual o previsto (sea para la protección de la salud humana o de los ecosistemas)

Criterios para considerar un suelo como contaminado

Se considerará un suelo como contaminado cuando, se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- La concentración de alguna de las sustancias recogidas en el anexo II excede en 100 o más veces los niveles genéricos de referencia establecidos en el mismo para la protección de la salud humana, de acuerdo a su uso.
- La concentración en el suelo de cualquier otro contaminante químico no recogido en el anexo II para ese suelo excede 100 o más veces el nivel de referencia calculado de acuerdo con los criterios establecidos en el anexo III
- Se detectan riesgos inaceptables para la salud humana debido a la presencia de alguna de las sustancias recogidas en el anexo II, o de cualquier otro contaminante químico para ese suelo.

Niveles genéricos de referencia (NGR)

Se define Nivel Genérico de Referencia (NGR) como la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que genera el mayor nivel de riesgo admisible para la salud humana y, en su caso, los ecosistemas. Los valores calculados de los NGR nos facilitan la declaración de un suelo como no contaminado o contaminado.

Se calculan para cada uno de los supuestos usos genéricos del suelo indicados a continuación:

- **SUELO DE USO INDUSTRIAL:** aquel que tiene como principal función de uso la de servir de soporte a las actividades industriales, excluidas las agrarias y ganaderas.
- **SUELO DE USO URBANO:** aquel que tiene como principal función de uso la de servir de soporte a viviendas, oficinas, equipamientos y dotaciones de servicio, actividades recreativas y deportivas.

- SUELO SIN RESTRICCIONES DE USO: aquel que, no siendo ni urbano ni industrial, es apto para soportar actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

Se denomina Estándares al conjunto de Niveles Genéricos de Referencia (NGR) establecidos para:

- cada uno de estos supuestos de uso del suelo en el caso de la protección de la salud humana
- cada uno de los grupos de organismos en el caso de protección de los ecosistemas

Estos Niveles Genéricos de Referencia (NGR), que se utilizarán para la evaluación de la contaminación del suelo por determinadas sustancias, se establecen en función de dos factores:

1. LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA: Los NGR correspondientes vienen descritos en el anexo II.
2. LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS: Los NGR correspondientes vienen descritos en el anexo III.

Respecto a las sustancias para las que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia en los casos 1 y 2, cabe mencionar:

- Son de naturaleza orgánica.
- La formulación y cuantificación de sus NGR se basa en la idea de que, en su inmensa mayoría, son de origen sintético y, por lo tanto, pueden ser calificadas como sustancias de origen antropogénico (producidas por el hombre) cuya presencia en los suelos atiende a algún tipo de proceso contaminante.
- Por este motivo puede establecerse una relación entre la concentración de estas sustancias en el suelo y el NGR correspondiente, que será aquel que no implique ningún riesgo para la salud humana ni para los ecosistemas (se determina experimentalmente).

Respecto a la determinación y cuantificación de los Niveles Genéricos de Referencia para metales, hay que decir:

- Es más compleja, ya que los metales se encuentran en la naturaleza y, además, formando distintos compuestos y con distinto grado de biodisponibilidad. Por otro lado, y como aspecto más destacado, la distribución de concentraciones de metales en los suelos depende del ámbito geológico que se considere y por lo tanto de la composición del suelo.

- Los NGR para metales deben quedar definidos en el ámbito de cada Comunidad Autónoma siendo éstas las que deberán establecerlos. Para ello se determinan primeramente los Niveles de Fondo de los suelos y a partir de éstos los NGR para metales. Se denominan Niveles de Fondo a las concentraciones de los distintos metales existentes en los suelos no contaminados.
- En ausencia de NGR para metales las Comunidades Autónomas pueden adoptar, con carácter provisional, los resultados de sumar a la concentración media el doble de la desviación estándar de las concentraciones existentes en suelos de zonas no contaminadas y con substratos geológicos de similares características.

¿Cómo afecta la contaminación del suelo a sus posibles usos?

Supongamos que en un suelo de uso industrial se va a proceder a su cambio de uso porque por ejemplo, se van a construir viviendas, para ello es necesario disponer de la correspondiente autorización administrativa. La obtención de esta autorización estará supeditada a la comprobación de que la calidad del suelo lo hace apto para el nuevo uso, en este caso urbano.

Supongamos otro caso en que un suelo declarado como contaminado y en el que se han efectuado las técnicas de descontaminación pero no se han alcanzado los niveles de calidad adecuados para que sea apto a todos los posibles usos. El organismo competente de la Comunidad Autónoma, podrán anotar esta condición de restricción de uso en el Registro de la Propiedad.

Terrenos de Defensa

Respecto a los suelos destinados a instalaciones o actividades militares, se establece un plazo de dos años desde la entrada en vigor del Real Decreto para que el Ministerio de Defensa, previa conformidad del Ministerio de Medio Ambiente, apruebe un plan de descontaminación.

Disciplinas profesionales que intervienen en las actuaciones sobre los suelos contaminados

Como se ha comentado, la actuación sobre el problema de los suelos contaminados es una tarea compleja, que debe ser abordada caso por caso y requiere una evaluación crítica de las condiciones ambientales, de los riesgos reales y potenciales y de los requerimientos, opciones y costes del saneamiento. Únicamente de esa forma se adoptarán decisiones capaces de asegurar a largo plazo la inexistencia de riesgos para la población y el medio ambiente.

Las distintas actividades que componen el proceso de actuación sobre los suelos contaminados han de ser realizadas por un equipo de técnicos de las siguientes especialidades profesionales:

- Biología
- Química
- Geología
- Ingeniería civil
- Ingeniería industrial
- Toxicología
- Estadística