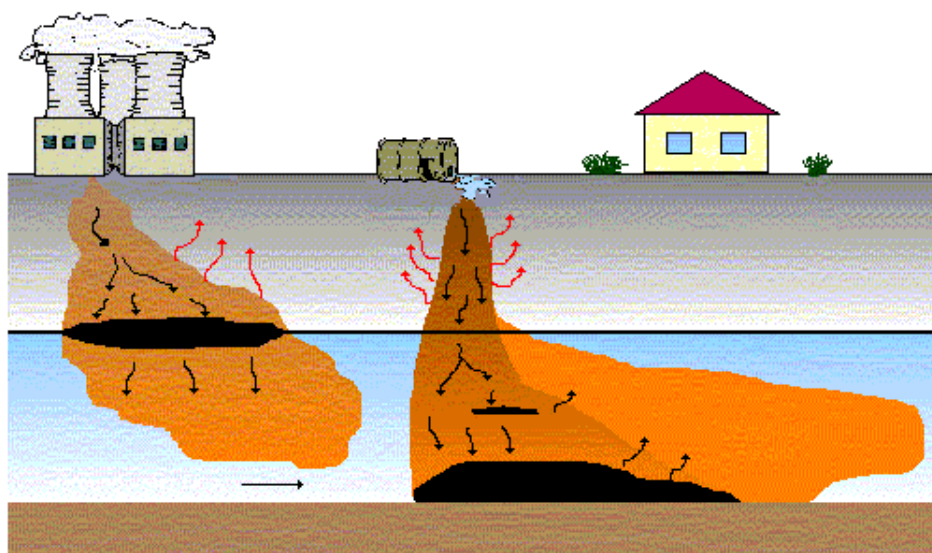


Guía sobre suelos contaminados



Guía sobre suelos contaminados



Con la colaboración de



Autores:

M^a del Carmen Sabroso González

Ana Pastor Eixarch

Zaragoza, 2004.

INDICE:

	Pág.
Prólogo	5
Listado de preguntas	7
1. El suelo: estructura y composición.	8
2. ¿Qué es un suelo contaminado?	12
3. Tipos y fuentes de contaminación	17
4. Buenas prácticas	42
5. Efectos de los contaminantes	44
6. Claves para detectar suelos contaminados	57
7. ¿Cómo caracterizarlos?: muestreo y análisis	66
8. Evaluación del riesgo	72
9. Descontaminación de los suelos	81
10. Cambios de uso del suelo	90
11. Legislación aplicable	92
12. Casos reales	98
Anexo I: Legislación	102
Anexo II: Listado de contaminantes prioritarios y niveles genéricos de referencia en función del uso del suelo. Riesgo para la salud humana	104
Anexo III: Listado de contaminantes prioritarios y niveles genéricos de referencia para protección de los ecosistemas	106
Direcciones de interés	108

PRÓLOGO

La regulación del Derecho Ambiental en suelos contaminados es muy reciente y todavía escasa. No fue hasta la aprobación de la **Ley 10/1998 de residuos**, que nuestro país legisló, aunque de manera muy elemental, en materia de suelos contaminados. Entre otros aspectos la Ley establece la realización de Inventarios de Emplazamientos Contaminados, la elaboración de una Lista de Actividades Potencialmente Contaminadoras y la aprobación de unos Criterios de Calidad de Suelos aplicables a todo el territorio nacional.

La trascendencia de la declaración de un suelo contaminado conforme a esta ley es notable al llevar implícito una disminución en el valor del terreno, que supone inevitablemente a una devaluación del activo de la empresa. Los altos costos, además, de las operaciones de limpieza y recuperación del suelo a que obliga el artículo 27 de la Ley de residuos, son un argumento de peso para que las empresas que lean esta guía puedan comenzar a realizar un diagnóstico de su situación.

Por ello, y en espera de la publicación del Reglamento que desarrolle el Título V de la ley de residuos, presentamos esta guía como una herramienta de carácter formativo y de diagnóstico, sin suponer, como otras publicaciones de esta organización, una identificación de requisitos legales, que se concretarán cuando el mencionado reglamento sea desarrollado. Hasta la fecha ha sido publicado el borrador del Real Decreto por el que se fija la relación de actividades potencialmente contaminantes de suelos y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados y que ha sido utilizado para la realización de este documento

Esta guía está destinada por un lado, para que los técnicos de pymes puedan conocer de forma sencilla aspectos de la composición del suelo y la evaluación de riesgos y, por otro, conocer si la actividad que desarrollan puede considerarse potencialmente contaminadora, descubrir las principales claves para detectar si el suelo está contaminado y las responsabilidades que puedan derivarse en su caso.

Dada la complejidad del tema, hemos introducido al inicio de este manual un listado de las preguntas más frecuentes, con el fin de facilitar la

lectura de la guía en el orden de que el lector considere según los aspectos de su interés. Al final de la misma se ha incluido la normativa existente sobre suelos contaminados de origen industrial.


CEPYME ARAGON se planteó la realización de esta guía, ante la falta de publicaciones y manuales en los que se estudiaran los suelos desde los aspectos de la contaminación de origen industrial y ante la inminente publicación del reglamento de suelos contaminados. Además esta publicación forma parte de la colección de guías formativas medioambientales dirigidas a las pymes: "Requisitos Empresariales de la Ley de Envases y Residuos de Envases", "Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en las pymes", "Manual para elaborar estudios de minimización de Residuos Peligrosos", "Guía para la aplicación de la Norma UNE-EN ISO:14001 en la PYME", "Las energías renovables aplicadas a las pymes", "Guía para la medida de la ecoeficiencia en el sector metal", "Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad en la PYME aragonesa" y la "Normativa Básica Medioambiental, volúmenes I, II, III, IV y V".

Agradecemos a los redactores de la guía y especialmente a ENTECSA el esfuerzo en hacernos ameno, claro e instructivo un tema tan complejo, y sin embargo de tanta trascendencia, como es éste.

CEPYME ARAGON

LISTADO DE PREGUNTAS

A continuación se recoge la serie de preguntas que se han recibido sobre los suelos contaminados.

Se indica la/s página/s en la que se encuentra la respuesta, indicándose con este símbolo,  junto con el número a la que hace referencia.

1. ¿Puede estar mi suelo contaminado?	57
2. ¿Tengo una actividad de riesgo?	23
3. ¿Cómo puedo detectar un suelo contaminado?	57
4. ¿Qué actuaciones (manipulaciones, accidentes,...) pueden provocar riesgos?	41
5. ¿Qué pasos tengo que dar para investigar si existe posibilidad de que el suelo sobre el que esta instalada mi empresa está contaminado?	57
6. ¿Qué legislación aplica a mi actividad industrial en suelos?	92
7. ¿Cómo diferenciar las características de composición de un suelo como potencialmente contaminado de las características originales del mismo?	77
8. ¿Mi empresa es responsable de una contaminación causada por otra actividad asentada en el mismo emplazamiento con anterioridad	93
9. ¿Qué quiere decir potencialmente contaminado?	13
10. ¿Qué fuentes de contaminación puedo detectar en mi empresa?	40
11. ¿Qué posibles contaminantes puede tener mi actividad?	17, 19, 21, 22, 23
12. ¿Qué instalaciones hay en mi empresa que puedan ser posibles fuentes de contaminación?	40
13. ¿Cómo se realiza una evaluación de riesgos cuando tengo localizado un determinado contaminante?	79
14. ¿Qué es un NGR? ¿Quién los establece?	78
15. ¿Cuánto me puede costar descontaminar un suelo?	81
16. ¿Qué ejemplos de casos reales de contaminación de suelos se conocen?	98

1

EL SUELO: ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN

DEFINICIÓN GENERAL DE "SUELO"

Se define el suelo, desde el punto de vista medioambiental, como la fina capa superior de la corteza terrestre (litosfera), situada entre el lecho rocoso y la superficie. Está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos.

El suelo es uno de los componentes fundamentales del medio ya que constituye la parte de la superficie terrestre sobre la que se asienta la vida vegetal y sobre la cual se implanta la mayor parte de las actividades humanas, siendo, además, la interfaz entre la tierra, el aire y el agua lo que lo confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso.

FORMACIÓN DEL SUELO

El suelo se forma a través de un conjunto de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar sobre el medio rocoso original, produciendo la meteorización del mismo.

La meteorización es la erosión producida en una roca por los agentes atmosféricos, los cambios de temperatura y en general por la intemperie. Se dice que es de tipo físico cuando se produce la disgregación de la roca por procesos mecánicos que las trituran mediante grietas o fisuras, y se dice que es de tipo químico cuando la descomposición de la roca se produce por procesos químicos (disolución, hidratación, hidrólisis, carbonatación y oxidación), que atacan los minerales que las constituyen transformándolos en otros.

En la formación del suelo intervienen, igualmente, otros factores como son los geológicos (naturaleza de la roca madre, erosión, sedimentación, etc.), climatológicos (temperatura, lluvia, viento, humedad, etc.) y biológicos (vegetación, fauna, etc.). Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- **LA LLUVIA**, que regula la humedad, el contenido del aire y el grado de lixiviación del suelo. El agua, en forma de una fina capa, rodea

las partículas edáficas y tiene una importancia decisiva para el desarrollo de los procesos químicos en el medio natural, ya que en ella tienen lugar los fenómenos de disolución del suelo.

- LA ATMÓSFERA, que en función de los factores climatológicos se interrelaciona con el suelo a través del balance entre la lluvia y la evaporación. La lluvia aporta al suelo agua con una cierta concentración de solutos mientras que en la evaporación se transfiere sólo agua al medio atmosférico. Dependiendo del balance evaporación-lluvia puede tener lugar la infiltración del agua hacia capas más profundas alimentando los acuíferos subterráneos, en un proceso en el que el agua interacciona con el suelo intercambiando elementos (lixiviación).

Igualmente, el suelo tiene una relación indirecta con los gases atmosféricos, ya que se establece un intercambio de gases entre la atmósfera y el aire del suelo.

ESTRUCTURA DEL SUELO

Debido, sobretodo, a la infiltración del agua edáfica, que produce una cierta meteorización química, y a la actividad orgánica se desarrolla una estructura secuencial en capas distintas en el suelo según la profundidad. A estas capas se les denomina horizontes y constituyen el perfil del suelo.

Básicamente en un suelo se distinguen, visualmente, tres horizontes en orden decreciente con características físicas, químicas, biológicas y funcionales diferentes:

- "HORIZONTE A" U ORGÁNICO Y DE LAVADO: compuesto por partículas minerales y materia orgánica (humus) que le confiere una coloración oscura. Los materiales finos y solubles son arrastrados por las aguas de infiltración (lixiviación) a los niveles inferiores (principalmente las sales de Fe, Al y Mn) y tiene lugar, conjuntamente, una transferencia de compuestos orgánicos.
- "HORIZONTE B" O DE ACUMULACIÓN: se produce la acumulación de los compuestos de lixiviación procedentes del horizonte A. En esta capa tiene lugar la oxidación de la materia orgánica y una

lixiviación moderada. Tiene coloración pardo rojiza por contener arcillas y óxidos (principalmente de Fe III).

- **"HORIZONTE C" O DE TRANSICIÓN HACIA LA ROCA MADRE:** es una capa fronteriza que separa la roca en proceso de meteorización de la roca sin alterar.

COMPOSICIÓN DEL SUELO

La composición química de un suelo viene determinada, en buena parte, por el tipo de material originario (roca), puesto que es el material base a partir del cual se forma el suelo.

Junto a este material se va añadiendo, en el transcurso del tiempo que dura la formación de un suelo, materia orgánica procedente de organismos vivos. El contenido mineral de un suelo es el que determina su fertilidad.

Básicamente son tres los tipos de rocas que pueden ser material original del suelo:

- **ÍGNEAS:** formadas por solidificación de un material fundido (lava). Tienen como término medio un 50 % de óxido de silicio (SiO_2).
- **SEDIMENTARIAS:** formadas por sedimentación de materiales depositados por el viento, el agua, el hielo o la gravedad (areniscas (SiO_2), lutitas y arcillas), o por procesos químicos o bioquímicos (evaporitas y calizas).
- **METAMÓRFICAS:** formadas por recristalización de rocas ígneas o sedimentarias en condiciones de elevada presión y/o temperatura.

Por término medio, un suelo tiene la siguiente composición volumétrica:

- ✍ 50% de materia sólida: 45 % mineral y 5 % orgánica
- ✍ 20-30 % disolución acuosa
- ✍ 20-30 % aire

Los constituyentes del suelo son de dos tipos:

- **COMPONENTES INORGÁNICOS:** son los productos derivados de la meteorización y, según su tamaño y naturaleza, se clasifican en gravas, arenas y arcillas (la cantidad relativa de cada una de ellas

constituye la textura). Están constituidos por partículas minerales. En los poros y cavidades que existen entre las partículas también hay agua y aire.

Se puede considerar que existen dos componentes mayoritarios en todo tipo de suelos: los silicatos y los óxidos.

- COMPONENTES ORGÁNICOS O HUMUS: son resultado de la descomposición de los restos de seres vivos por acción de las bacterias y los hongos. Su presencia da calidad al suelo, retiene el agua y sirve como fuente de alimento de microorganismos que fertilizan el suelo.

2

¿QUÉ ES UN SUELO CONTAMINADO?

CONTAMINACIÓN

La contaminación, desde un punto de vista medioambiental, es la alteración de las características físicas, químicas o biológicas de los factores medioambientales en grado tal que supongan un riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas.

DEFINICIÓN DE SUELO CONTAMINADO

La Ley 10/1998, de 21 de abril de residuos, define como SUELO CONTAMINADO todo aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en concentración tal que comporte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los estándares que se determinen por el Gobierno.

Por lo tanto será necesario conocer cuales serán los estándares de contaminación del suelo para declarar, legalmente, un suelo como contaminado.

¿QUÉ EFECTOS Y PELIGROS SUPONEN?

Los suelos contaminados pueden tener efectos muy diversos, desde el riesgo tóxico para la salud humana hasta pérdidas de recursos naturales y económicos.

Los principales peligros que puede suponer un suelo contaminado son:

- Peligro toxicológico para la salud humana:
 - ✍ Por inhalación: problemas alérgicos y respiratorios desde leves hasta muy graves.
 - ✍ Por ingestión: por desconocimiento al cultivar suelos contaminados.
 - ✍ Por contacto directo con la piel: alergias y problemas cutáneos en trabajadores que manipulan este tipo de suelos.

- Peligro de contaminación de aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, sedimentos de río, del aire interior de las instalaciones, etc.
- Peligro físico: explosión o fuego, corrosión de estructuras o efectos en las propiedades mecánicas del suelo en las excavaciones.
- Peligro de utilización de agua de abastecimiento contaminada.
- Peligro de contaminación de los alimentos cultivados y animales de granja por utilización de agua subterránea contaminada.

Hay que tener en cuenta que los efectos causados por un suelo contaminado son, en general, a largo plazo y en ocasiones las consecuencias no se detectan de inmediato por lo que los peligros potenciales pueden tardar décadas en manifestarse con efectos de gran magnitud.

¿QUÉ CRITERIOS CONSIDERAN UN SUELO COMO POTENCIALMENTE CONTAMINADO?



9 Se consideran suelos potencialmente contaminados o sospechosos de contaminación aquellos que cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- Sirven de soporte a actividades que comportan la utilización, almacenamiento o producción de sustancias de carácter peligroso susceptibles de contaminar el suelo. Igualmente, aquellos que soportan actividades de almacenamiento y/o de gestión de residuos peligrosos.

En el capítulo 3 se incluye un listado de actividades potencialmente contaminadoras.

- Presentan concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo superiores a 50 mg/Kg.
- Existen evidencias analíticas de que la concentración de alguna de las sustancias recogidas en el anexo II excede el nivel genérico de referencia correspondiente a su uso, actual o previsible.

- Existen evidencias analíticas de que la concentración de cualquier contaminante químico, no recogidas en el anexo II para ese suelo es superior al nivel genérico de referencia calculado de acuerdo con unos criterios establecidos (no incluidos en esta guía).
- La concentración de alguna de las sustancias recogidas en el anexo III excede los niveles genéricos de referencia establecidos en el mismo para el o los grupos de organismos a proteger en cada caso: organismos del suelo, organismos acuáticos y/o vertebrados terrestres.
- Existen evidencias analíticas de que la concentración de cualquier contaminante químico, no recogido en el anexo III para ese suelo es superior al nivel genérico de referencia calculado de acuerdo con unos criterios establecidos (no incluidos en esta guía).
- Se observa toxicidad en los bioensayos con suelo o con lixiviado en muestras no diluidas. (Los bioensayos coinciden con los descritos en el apartado siguiente referido a los suelos contaminados).
- Se detectan riesgos potenciales para la salud del hombre o de los ecosistemas debidos a la presencia de contaminantes físicos o biológicos o a la contaminación de las aguas subterráneas.

¿QUÉ CRITERIOS CONSIDERAN 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.
- Se detectan riesgos inaceptables para la salud humana debido a la presencia de contaminantes físicos o biológicos en el suelo o la contaminación de las aguas subterráneas.
- La concentración letal o efectiva media CL50 ó CE50, para organismos del suelo obtenida en los ensayos de toxicidad es inferior a 10 mg de suelo contaminado/gramo de suelo. Los ensayos que se realizarán para esta determinación serán:
 - ✍ ensayo de emergencia y crecimiento de semillas en plantas terrestres, según método OCDE 208
 - ✍ ensayo de toxicidad aguda en lombriz de tierra, según método OCDE 207
 - ✍ ensayo de mineralización de nitrógeno en suelos, según método OCDE 216
 - ✍ ensayo de mineralización de carbono en suelo, según método OCDE 217
 - ✍ aquellos otros que se consideren equivalentes para ese propósito por el Ministerio de Medio Ambiente.

Concentración efectiva media (CE 50) es la concentración obtenida estadísticamente o estimada gráficamente, que causa un efecto determinado en el 50% de un grupo de organismos, bajo condiciones específicas.

Concentración letal media (CL 50) es la concentración obtenida estadísticamente o estimada gráficamente, que causa la muerte del 50% de un grupo de organismos bajo condiciones específicas.

- La concentración letal o efectiva media, CL50 ó CE50, para organismos acuáticos obtenida en los ensayos de toxicidad, es inferior a 10 ml de lixiviado/litro de agua. Los ensayos se realizarán sobre los lixiviados obtenidos por el procedimiento normalizado DIN-38414 y serán los siguientes:
 - ✍ ensayo de inhibición del crecimiento en algas, según método OCDE 201
 - ✍ ensayo de inhibición de la movilidad en Daphnia magna, según método OCDE 202
 - ✍ ensayo de toxicidad aguda en peces, según método OCDE 203
 - ✍ aquellos otros que se consideren equivalentes para ese propósito por el Ministerio de Medio Ambiente.
- Se detectan riesgos inaceptables para la salud humana o para los ecosistemas debidos a la presencia de contaminantes físicos o biológicos o a la contaminación de las aguas subterráneas.

3

TIPOS Y FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Se considera contaminante toda sustancia que tiene el potencial de presentar un riesgo de dañar a la salud humana o cualquier otro valor medioambiental.

La clasificación de agentes contaminantes según su efecto primario:

- Contaminación física: aquellos que originan variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad.
- Contaminación biológica: aquellos que inducen a la proliferación de especies ajenas a los microorganismos presentes en el suelo de forma natural.
- Contaminación química: aquellos que por su presencia o por su elevada concentración alteren la composición originaria del suelo.

En este capítulo nos vamos a referir a la contaminación química, por ser la más predominante y estar directamente relacionada con las actividades industriales

LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS

Hoy en día la cantidad y variedad de productos potencialmente contaminantes de un suelo es prácticamente inabarcable, por lo que a continuación se indicaran los grupos más característicos y peligrosos de contaminantes químicos.

● METALES

Los metales se encuentran de forma natural como constituyentes del terreno en muy pequeñas cantidades (cantidades traza), como consecuencia de la propia geoquímica de los materiales de los que proceden.

Se consideran contaminantes cuando superan las cantidades naturales en el suelo.



11

Los principales usos industriales de los metales se presentan en la siguiente tabla:

METAL	USOS
Ag Plata	Fotografía, conductores eléctricos, soldadura, galvanización, acuñación, baterías, catalizador.
Al Aluminio	Construcción, transporte, envasados, industrias eléctrica y farmacéutica
As Arsénico	Medicina, veterinaria, aleaciones, pirotecnia, esmaltes, insecticidas, pigmentos, pintura, productos electrónicos, tintes
Cd Cadmio	Galvanización, pigmentos, baterías, aleaciones de bajo punto de ebullición
Co Cobalto	Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización.
Cr Cromo	Metalurgia, materiales refractarios, galvanización, curtidos, pinturas, conservación de madera, industria química.
Cu Cobre	Industrias eléctrica y automovilística, construcción, fontanería, latón, algicidas, conservación de madera.
Fe Hierro	Industrias del hierro y acero
Hg Mercurio	Producción de cloruro y sosa cáustica, insecticidas, industrias farmacéutica y metalúrgica, odontología, catalizador en producción de polímeros sintéticos.
Mn Manganeso	Metalurgia, baterías, industria química, cerámica.
Mo Molibdeno	Metalurgia, pigmentos, catalizador, fabricación de vidrio, aditivo en aceites lubricantes.
Ni Níquel	Metalurgia, baterías, equipos solares, galvanización, catalizador en la producción de aceite combustible.
Pb Plomo	Baterías, gasolina, pigmentos, munición, soldadura, pintura, industria automovilística
Sb Antimonio	Plásticos, cerámica, vidrios, pigmentos, productos químicos incombustibles.
V Vanadio	Metalurgia, catalizador, pigmentos.
Zn Cinc	Aleaciones, bronce y latón, galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, cosméticos y medicinales

● **COMPUESTOS INORGÁNICOS**

Los contaminantes inorgánicos presentes en los suelos de forma natural se encuentran en concentraciones regulados por los ciclos biológicos del propio suelo. La sobresaturación de algunos de ellos hace que se alcancen concentraciones consideradas como contaminantes.



11 Algunos de estos contaminantes y sus usos mas frecuentes en la industria se indican en la siguiente tabla:

COMPUESTO	USOS
CN cianuros	Industria química, minería, siderurgia, pesticidas.
F fluoruros	Industria del vidrio, la madera, esmaltes, soldaduras, óptica, etc.
Br bromuros	Síntesis orgánica de plaguicidas, aditivo de combustibles, ignífugos, colorantes, medicamentos, emulsiones fotográficas y medios de contraste
S sulfatos, sulfitos y sulfuros	Agentes blanqueantes y conservantes, fertilizantes, celulosa , manufactura de caucho, colorantes, pólvora, medicamentos, insecticidas, preparación de derivados químicos, etc.
P fósforo	Industria química, preparación de detergentes, acondicionadores, preservadores alimenticios, farmacéuticos, tintas, fertilizantes, retardadores de combustión y otros.
N Amonio, nitratos, nitritos	Industria electrónica, industria del petróleo, industria alimentaria, como propelente de aerosoles y extintores, sus compuestos son numerosísimos y se encuentran en alimentos, venenos, fertilizantes , explosivos etc.

● **COMPUESTOS ORGÁNICOS**

Los contaminantes orgánicos constituyen un grupo formado por un elevadísimo número de sustancias, en su mayoría producidas por el hombre, siendo muchas de ellas altamente tóxicas. Entre ellos se encuentran:

✍ **PLAGUICIDAS:**

Son sustancias o compuestos químicos que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos, del hombre y su ambiente.

De acuerdo con su naturaleza química podemos clasificarlos en seis grupos:

TIPOS	USOS	EJEMPLOS
Organoclorados		
Derivados halogenados de hidrocarburos alifáticos	Fumigantes	Metilbromuro 1,2-dicloropropano
Derivados halogenados de hidrocarburos alicíclicos	Insecticidas Fungicidas	HCH Clordano Aldrin Dieldrin Endrin
Derivados halogenados aromáticos	Insecticidas Acaricidas Herbicidas Fungicidas	DDT DDD Metoxiclor Hexaclorobenceno
Organofosforados	Insecticidas	Paratión Metilparatión Malatión Forano
Carbamatos	Insecticidas Herbicidas	Aldicarb Vapán
Derivados de la urea	Herbicidas	Fenurón Monurón Linurón
Compuestos heterocíclicos	Herbicidas	Simazina Clorazina

TIPOS	USOS	EJEMPLOS
Compuestos inorgánicos	Acciones diversas	Compuestos de Cu, S, Hg, halogenados alifáticos, ácido cianhídrico, óxido de metileno, fosfina, anhídrido sulfuroso, etc.

✍ HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs)

Es el nombre genérico que reciben compuestos aromáticos con sistemas cíclicos condensados. Siendo el Benzo [a] pireno el hidrocarburo aromático policíclico más estudiado y cuyos efectos se pueden extrapolar a los demás compuestos del grupo, por lo tanto se acostumbra a expresar los impactos ocasionados por los hidrocarburos aromáticos policíclicos en términos de equivalencia con el Benzo [a] pireno.

Los HAPs son un grupo de compuestos presentes en el petróleo, y se consideran los más tóxicos de los hidrocarburos junto con los monoaromáticos

Los HAPs son componentes naturales de materias primas orgánicas, como petróleos crudos, están generados por pirólisis de materia orgánica. Se emplea en la formación de algunos compuestos como el alquitrán de hulla (0,65%), el alquitrán para pavimento (0,51-1%), el aceite de motor (nuevo 0,008-0,27 mg/kg), así como en combustible, brea y también está presente en el petróleo crudo

✍ BENCENO Y SUS DERIVADOS

El benceno está presente en la naturaleza en bajas concentraciones y forma parte del petróleo crudo (máx. 0,4 g/l). El benceno se procesa en la industria como benceno puro, normalmente a partir del petróleo. Se puede encontrar en forma de diferentes compuestos comerciales (bencina, benzol, benzol de petróleo, gasolina, aceite de hulla o ciclohexatrieno).



 11

El benceno puro es la base de productos aromáticos intermedios utilizados en la elaboración de material plástico, caucho sintético, colorantes, pinturas, resinas, barniz, detergentes y plaguicidas. Son fuentes emisoras de benceno los vehículos a motor, las coquerías, calefacción de edificios e incineradoras, refinerías e industria química, así como también las gasolineras y depósitos de combustible.

 BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)

Son los microcontaminantes orgánicos más persistentes. El grupo de los bifenilos policlorados consta de 209 compuestos isoméricos y homólogos.

 11

Los bifenilos policlorados encuentran aplicación como refrigerantes y materiales aislantes, aceites para transformadores y fluidos hidráulicos, como plastificantes para material sintético y como impregnantes para madera y papel. Para el sector eléctrico poseen propiedades casi ideales y, además, tienen alta resistencia al envejecimiento.

Su producción industrial se realiza desde 1930. Desde 1976, los bifenilos policlorados solamente pueden usarse en la Comunidad Europea en los llamados *sistemas cerrados*. En EEUU, la producción de estas sustancias está prohibida desde 1977, en Alemania, desde 1983.

ACTIVIDADES INDUSTRIALES / COMERCIALES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

Las actividades industriales han sido tradicionalmente una de las principales fuentes de la contaminación de los suelos

Aunque se considera por la gran complejidad de las actividades potencialmente contaminantes, un análisis de los casos de contaminación conocidos permite obtener algunas conclusiones importantes:

- Una gran cantidad de actividades humanas es potencialmente capaz de generar importantes cargas *contaminantes*, aunque

solamente unas pocas son responsables por la mayoría de los casos de contaminación de los suelos.

- El volumen de sustancias químicas usadas en una actividad no tiene una relación directa con su presencia en los suelos.
- La intensidad de la contaminación no es una función directa del tamaño de la actividad industrial. Muchas veces pequeñas actividades, como talleres mecánicos y pequeñas industrias, pueden causar gran impacto en los suelos.
- En zonas urbanizadas, la situación agravante en muchos casos es que las áreas contaminadas acaban teniendo otros usos, muchas veces incompatibles con el grado de contaminación existente en el suelo.
- Pequeñas cantidades de compuestos químicos pueden generar gran contaminación

Es posible, entonces, percibir que algunas actividades industriales, asociadas a ciertos tipos de contaminantes, tendrán mayor probabilidad de contaminar un suelo, pero esto se producirá como resultado de una incorrecta gestión medioambiental.



2

A continuación se presenta a modo de guía una relación entre las actividades industriales potencialmente contaminantes del suelo clasificadas por CNAE y los contaminantes propios de cada actividad. Esto no significa que



11

necesariamente los emplazamientos de estas actividades estén contaminados, pero sí que existe un riesgo de contaminación mayor que en otro tipo de actividades.

Por otra parte no pretende ser una lista exhaustiva, sino como se ha mencionado simplemente una guía, pudiendo existir emplazamientos contaminados por otras actividades de las aquí incluidas.



EXTRACCIONES DE PETROLEO Y GAS NATURAL

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
11.10	Extracción de crudos de petróleo y gas natural	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos Totales ⌘ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. <i>Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno</i>) antraceno, fenol, fenantreno ⌘ Ácidos (Ej. <i>Sulfúrico</i>) ⌘ Alcalis ⌘ Metales (Ej. <i>Plomo, Zinc, Cobre, Niquel, Cromo, Cadmio, Bario, Arsénico, Mercurio</i>) ⌘ Cianuros ⌘ Compuestos de azufre orgánico
11.20	Servicios relacionados con las explotaciones petrolíferas y de gas excepto actividades de prospección.	



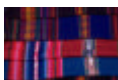
EXTRACCION DE MINERALES METALICOS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
13.20	Extracción de minerales metálicos no férreos, excepto minerales de uranio y torio	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Ácidos ⌘ Alcalis ⌘ Floculantes (Ej. <i>Sulfato, Cianuros</i>) ⌘ Metales (Ej. <i>Cobre, Mercurio</i>) ⌘ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. <i>Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno</i>) ⌘ Hidrocarburos policíclicos aromáticos (derivados del benceno y de la naftalina) ⌘ Hidrocarburos Totales



INDUSTRIA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y BEBIDAS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
15.40	Fabricación de grasas y aceites (vegetales y animales).	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos aromáticos ⌘ Hidrocarburos halogenados ⌘ Amoníaco ⌘ Ácidos (Ej. <i>Sulfúrico, clorhídrico, fosfórico</i>) ⌘ Alcalis (Ej. <i>Sosa Cáustica</i>) ⌘ Metales (Ej. <i>Cadmio, Niquel</i>)



INDUSTRIA TEXTIL

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
17.30	Acabado de textiles	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Metales (Ej. Cadmio, Cromo, Titanio, Zinc, Aluminio, Estaño) ✗ Ácidos (Ej. Sulfúrico) ✗ Alcalis (Ej. Sosa Cáustica) ✗ Hidrocarburos Clorados (Ej. Percloroetileno) ✗ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno) ✗ Pesticidas Organoclorados (Ej. Dieldrin, Aldrin) ✗ Hipoclorito Sódico ✗ Fenoles
17.542	Fabricación de tejidos impregnados, endurecidos o recubiertos en materias plásticas	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos aromáticos (Ej. benceno, tolueno) ✗ Hidrocarburos no halogenados (Ej. estirenos) ✗ Hidrocarburos clorados (Ej. percloroetileno)



INDUSTRIA DE LA CONFECCIÓN Y DE LA PELETERÍA

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
18.301	Preparación, curtido y teñido de pieles de peletería	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos aromáticos (Ej. benceno, tolueno) ✗ Hidrocarburos no halogenados (Ej. estirenos) ✗ Hidrocarburos clorados (Ej. percloroetileno) ✗ Metales (Ej. cromo) ✗ Aceites y grasas ✗ Sulfuros alcalinos y sulfuros alcalinotérreos



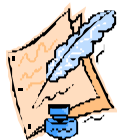
INDUSTRIA DEL CUERO Y DEL CALZADO

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
19.10	Preparación, curtido y acabado del cuero	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno) ✗ Hidrocarburos no halogenados (Ej. cetonas) ✗ Hidrocarburos Clorados (Ej. Tricloroetileno) ✗ Metales (Ej. cromo) ✗ Aceites y grasas ✗ Sulfuros y sulfatos ✗ Bases (Ej. cal, hidróxido de sodio) ✗ Sales (Ej. carbonatos, cloruros, bicarbonatos) ✗ Ácidos (Ej. ácido fórmico, ácido sulfúrico)



INDUSTRIA DE LA MADERA Y DEL CORCHO

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
20.10	Aserrado y cepillado de la madera, preparación industrial de la madera	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos aromáticos ✗ Hidrocarburos alifáticos (Ej. metanol)
20.20	Fabricación de chapas, tableros, contrachapados, alistonados, de partículas aglomeradas, fibras y otros tableros de paneles.	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Clorofenoles (Ej. Pentaclorofenol) ✗ Fenoles (Ej. o-fenilfenol, Parametacresol, Benzilfenol) ✗ PCB's ✗ Plaguicidas (Ej. carbamato, permetrina) ✗ Metales (Ej. cromo, cadmio) ✗ Ácidos y bases



INDUSTRIA DEL PAPEL

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
21.1	Fabricación de pasta papelera, papel y cartón	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos alifáticos (Ej. olefinas) ⌘ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno) ⌘ Hidrocarburos Policíclicos ⌘ Hidrocarburos clorados (Ej. percloroetileno) ⌘ Metales (Ej. cadmio) ⌘ Sulfuros ⌘ Bases (Ej. sosa cáustica)
21.24	Fabricación de papeles pintados	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno) ⌘ Hidrocarburos no halogenados (Ej. alcoholes, cetonas) ⌘ Hidrocarburos clorados (Ej. percloroetileno) ⌘ Metales (Ej. cobre, cromo) ⌘ Ácidos y bases



EDICION, ARTES GRÁFICAS Y REPRODUCCIÓN DE SOPORTES GRABADOS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
22.2	Artes gráficas y actividades de los servicios relacionados con las mismas	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos aromáticos (Ej. benceno y sus derivados) ⌘ Hidrocarburos no halogenados (Ej. etanol, metanol, formaldehído) ⌘ Hidrocarburos clorados (Ej. cloruro de metileno, percloroetileno) ⌘ Compuestos Amoniacales ⌘ Sales (Ej. bromuro potásico, tiocianatos, carbonatos) ⌘ Metales (Ej. cromo, plata, cinc) ⌘ Ácidos y Bases



COQUERIAS, REFINO DE PETROLEO Y TRAT. DE COMBUSTIBLES NUCLEARES

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
23.10	Coquerías	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno, antraceno) ✍ Hidrocarburos alifáticos (Ej. aceite parafínico, nafta) ✍ Hidrocarburo no halogenados (Ej. xilol) ✍ Hidrocarburos Policíclicos ✍ Hidrocarburos clorados ✍ Metales ✍ Fluoruros ✍ Cianuros ✍ Sulfuros y sulfatos ✍ Ácidos ✍ Bases ✍ Sales
23.20	Refino de petróleo	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Hidrocarburos en general ✍ Bases ✍ Ácidos ✍ Azufre ✍ Compuestos nitrogenados ✍ Metales (Ej. cobalto, molibdeno, níquel) ✍ Fluoruros ✍ Cianuros



INDUSTRIA QUÍMICA

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
24.1	Fabricación de productos químicos básicos	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno) ✗ Hidrocarburos alifáticos (Ej. olefinas) ✗ Hidrocarburo no halogenados (Ej. alcoholes) ✗ Hidrocarburos Policíclicos ✗ Hidrocarburos halogenados ✗ Metales ✗ Ácidos y Bases ✗ Sales: Fluoruros, Cianuros ✗ Sulfuros y sulfatos ✗ Fósforo
24.20	Fabricación de pesticidas y otros productos agroquímicos	<p style="text-align: center;">Fertilizantes</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Metales (Ej. boro, cadmio, cobre, molibdeno) ✗ Fosfato Cálcico, Sulfato Cálcico, Nitratos, Sulfato amónico ✗ Potasio <p style="text-align: center;">Pesticidas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Metales (Ej. arsénico, plomo) ✗ Pesticidas Organoclorados ✗ Pesticidas Organofosforados ✗ Carbamatos ✗ Disolventes (Ej. xileno) ✗ Hidrocarburos clorados ✗ Hidrocarburos halogenados ✗ Fenol <p style="text-align: center;">Fungicidas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Carbamatos ✗ Metales (Ej. cobre, cromo, cinc) ✗ Sulfuro <p style="text-align: center;">Herbicidas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ Tiocianato de Amonio ✗ Carbamatos ✗ Pesticidas Organoclorados ✗ Pesticidas Organofosforados ✗ Herbicidas (Ej. triacina) ✗ Metales (Ej. arsénico, mercurio)
24.30	Fabricación de pinturas, barnices y revestimientos similares; tinta imprenta y masillas	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Metales (Ej. arsénico, bario, cadmio, cromo, cobalto, plomo, manganeso, cinc, mercurio, selenio, titanio) ✗ Disolventes (Ej. tolueno) ✗ Aminas aromáticas ✗ Alcoholes (Ej. propanol, etanol) ✗ Cresoles, ✗ Éter glicólico, ✗ Hidrocarburos clorados



INDUSTRIA QUÍMICA (Cont.)

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
24.4	Fabricación de productos farmacéuticos	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Hidrocarburos aromáticos (Ej. tolueno) ✍ Hidrocarburos alifáticos (Ej. olefinas) ✍ Hidrocarburo no halogenados (Ej. etanol, isopropanol, butanol) ✍ Hidrocarburos Policíclicos ✍ Hidrocarburos halogenados ✍ Metales ✍ Fluoruros ✍ Compuestos nitrogenados ✍ Fósforo ✍ Sulfatos y sulfuros ✍ Ácidos ✍ Bases ✍ Sales
24.5	Fabricación de jabones y detergentes y otros artículos de limpieza y abrillantamiento. Fabricación de perfumes y productos de belleza e higiene	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Hidrocarburos aromáticos ✍ Hidrocarburos no halogenados (Ej. alcoholes, esteres) ✍ Hidrocarburos clorados ✍ Metales ✍ Sales (Ej. fosfatos) ✍ Bases (Ej. hidróxido de sodio) ✍ Ácidos (Ej. sulfúrico, esteárico) ✍ Aceites
24.6	Fabricación de otros productos químicos	<p style="text-align: center;">Adhesivos/Resinas</p> <ul style="list-style-type: none"> ✍ Acetato de Polivinilo (Ej. adhesivos) ✍ Fenol ✍ Formaldehído (Ej. resinas) ✍ Esteres <p style="text-align: center;">Floculantes</p> <ul style="list-style-type: none"> ✍ Metales (Ej. aluminio)
24.70	Fabricación de fibras artificiales y sintéticas	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Metales (Ej. cinc, magnesio) ✍ Hidrocarburos aromáticos ✍ Hidrocarburos halogenados ✍ Tetracloruro de carbono ✍ Aceites ✍ Fosfatos ✍ Ácidos acético, oxalico ✍ Formaldehído



INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL CAUCHO Y MATERIAS PLÁSTICAS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
25.1	Fabricación de productos de caucho	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Metales (Ej. plomo, cinc) ⌘ Sulfuros ⌘ Monómeros Reactivos (Ej. isopreno, isobutileno) ⌘ Ácidos (Ej. sulfúrico, clorhídrico) ⌘ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. xileno, tolueno) ⌘ Disolventes



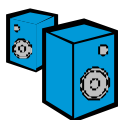
INDUSTRIA DE OTROS PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
26.1	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Fluoruros ⌘ Metales (Ej. hierro, cromo, níquel, manganeso, cobalto, cobre, Selenio, cadmio, oro, plata) ⌘ Hidrocarburos aromáticos ⌘ Hidrocarburos alifáticos ⌘ Tetracloroetileno
26.21	Fabricación de artículos cerámicos de uso doméstico y ornamental	
26.3	Fabricación de azulejos y baldosas de cerámica	
26.65	Fabricación de fibrocemento	⌘ Asbesto
26.8	Fabricación de productos minerales no metálicos diversos	⌘ Asbesto



FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METALICOS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
27.10	Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones.	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Metales (Ej. bario, cromo, molibdeno, vanadio) ☒ Flúor ☒ Sulfatos ☒ Formaldehído ☒ Fenol ☒ Cianuro ☒ Aceites de taladrar y de corte ☒ Sales de nitrito ☒ Hidrocarburos clorados volátiles,
27.21	Fabricación de tubos de hierro	
27.22	Fabricación de tubos de acero	
27.3	Otros procesos de primera transformación del hierro y del acero.	
27.41	Producción y primera transformación de metales preciosos	
27.42	Producción y primera transformación de aluminio	
27.43	Producción y primera transformación de plomo, cinc y estaño	
27.44	Producción y primera transformación de cobre	
27.45	Producción y primera transformación de otros metales no féreos	
27.5	Fundición de metales	



FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METALICOS EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPO

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
28.1	Fabricación de elementos metálicos para la construcción	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Hidrocarburos alifáticos ☒ Fenol ☒ Metales (Ej. cobre, cromo, cinc) ☒ Disolventes halogenados (Ej. Tricloroetileno, Tetracloroetileno, diclorometano) ☒ Cianuros ☒ Acidos (Ej. ácido sulfurico, nítrico, clorhídrico) ☒ Freón 113 ☒ Xileno ☒ Acetona ☒ Fluidos de corte ☒ Nitrito sodico ☒ Alquifenoles ☒ Ácido cresílico ☒ Hidrocarburos clorados ☒ Boro ☒ Hidrocarburos aromáticos policíclicos
28.2	Fabricación de cisternas, grandes depósitos y contenedores de metal; Fabricación de radiadores y calderas para calefacción central	
28.3	Fabricación de generadores de vapor	
28.4	Forja, estampado y embutición de metales, metalurgia en polvo	
28.5	Tratamiento y revestimiento de metales Ingeniería mecánica general por cuenta de terceros	
28.63	Fabricación de cerraduras y herrajes	
28.7	Fabricación de productos metálicos diversos excepto muebles	
29.1	Fabricación de máquinas, equipos y material mecánico	
29.2	Fabricación de máquinas, equipo y material mecánico de uso general	
29.3	Fabricación de maquinaria agraria	
29.4	Fabricación de máquinas herramientas	
29.5	Fabricación de maquinaria diversa para usos específicos	
29.6	Fabricación de armas y municiones	
29.71	Fabricación de aparatos electrodomésticos	



INDUSTRIA DE MATERIAL Y EQUIPO ELECTRONICO, ELECTRICO Y OPTICO

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
30.0	Fabricación de máquinas de oficina y equipos informáticos	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Lodo de galvanización con contenido en cobre, cinc, níquel, cobalto, cromo y metales preciosos ⌘ Acumuladores ⌘ Metales (Ej. antimonio, cadmio, cobalto, plomo, manganeso, níquel, mercurio, plata, cinc) ⌘ Ácidos (Ej. sulfúrico, clorhídrico) ⌘ Disolventes de limpieza (Ej. tricloroetileno, CFC-113, tricloroetano) ⌘ Grabado químico (Ej. ácidos) ⌘ Ensamblado (Ej. cloruro de metileno, acetona, hidrocarburos) ⌘ PAHs
31.1	Fabricación de motores eléctricos, transformadores y generadores	
31.2	Fabricación de aparatos de distribución y control eléctricos	
31.3	Fabricación de hilos y cables eléctricos aislados	
31.4	Fabricación de acumuladores y pilas eléctricas	
31.5	Fabricación de lámparas eléctricas y aparatos de iluminación	
31.6	Fabricación de otro equipo eléctrico.	
32.1	Fabricación de válvulas, tubos y otros componentes electrónicos	
32.2	Fabricación de transistores de radiodifusión y televisión y de aparatos para radiotelefonía y radiotelegrafía con hilos.	
32.3	Fabricación de aparatos de recepción, grabación y reproducción de sonido e imagen	
33.1	Fabricación de equipos e instrumentos médico-quirúrgicos y de aparato ortopédico	
33.2	Fabricación de instrumentos y aparatos de medida, verificación, control, navegación y otros fines, excepto equipos de control para procesos industriales.	
33.3	Fabricación de equipos de control de procesos industriales	



FABRICACIÓN DE MATERIAL DE TRANSPORTE

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
34.20	Fabricación de carrocerías para vehículos de motor, remolques y semirremolques.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Metales (Ej. cinc, plomo) ⚡ Aceites usados ⚡ Disolventes de limpieza (Ej. tricloroetileno, tricloroetano) ⚡ Lubricantes
34.30	Fabricación de partes, piezas y accesorios no eléctricos para vehículos de motor	
35.1	Construcción y reparación naval	
35.20	Fabricación de material ferroviario	
35.30	Construcción aeronáutica y espacial	
35.4	Fabricación de motocicletas y bicicletas	



INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DIVERSAS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
36.1	Fabricación de muebles	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Disolventes (Ej. tolueno, xileno, acetona, alcohol butílico, alcohol etílico) ⚡ Nafta ⚡ Hidrocarburos
36.63	Fabricación de otros artículos.	



INDUSTRIA DEL RECICLAJE

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
37.10	Reciclaje de chatarra y desechos de metal	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Metales ⚡ Hidrocarburos
37.20	Reciclaje de desechos no metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Hidrocarburos



PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS, VAPOR Y AGUA

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
40.1	Producción y distribución de energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Aceites minerales ⌘ Bifenilos policlorados (PBC) ⌘ Hidrocarburos ⌘ Clorobenceno ⌘ Metales pesados
40.2	Producción de gas y distribución de combustibles gaseosos por conductos urbanos excepto gaseoductos.	



TALLERES DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE VEHÍCULOS A MOTOR, VENTA AL POR MENOR DE COMBUSTIBLES

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
50.20	Mantenimiento y reparación de vehículos a motor	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Disolventes ⌘ Hidrocarburos Totales ⌘ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. tolueno, xileno, white Spirit) ⌘ Fenol ⌘ Clorofluorocarbonos ⌘ Metales (Ej. cobre, cromo, plomo, cinc) ⌘ Alcalis ⌘ Ácidos (Ej. sulfúrico, fosfórico)
50.40	Venta, mantenimiento y reparación de motocicletas y ciclomotores y de sus repuestos y accesorios (excepto venta).	
50.50	Venta al por menor de carburantes para la automoción	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ Hidrocarburos totales ⌘ Hidrocarburos aromático (Ej. benceno, fenoles) ⌘ Cianuros



COMERCIO AL POR MAYOR E INTERMEDIARIOS (EXCEPTO VEHICULOS A MOTOR)

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
51.12	Intermediarios del comercio de combustibles, minerales, metales y productos químicos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Cualquier sustancia peligrosa presente en el producto comercializado
51.51	Comercio al por mayor de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos y productos similares	
51.52	Comercio al por mayor de metales y materiales metálicos	
51.532	Comercio al por mayor de pinturas y barnices	
51.551	Comercio al por mayor de fertilizantes y productos químicos para la agricultura	
51.57	Comercio al por mayor de chatarra y productos de desecho	



COMERCIO AL POR AL POR MENOR (EXCEPTO VEHICULOS A MOTOR)

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
52.486	Comercio al por menor de combustibles	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Hidrocarburos totales ⚡ Hidrocarburo aromático (Ej. benceno, fenoles)



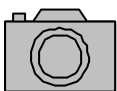
TRANSPORTE TERRESTRE, TRANSPORTE POR TUBERÍAS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
60.10	Transporte por ferrocarril	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Disolventes ⚡ Hidrocarburos Totales ⚡ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. tolueno, xileno, white Spirit) ⚡ Fenol ⚡ Clorofluorocarbonos ⚡ Metales (Ej. cobre, cromo, plomo, cinc) ⚡ Álcalis ⚡ Ácidos (Ej. sulfúrico, fosfórico)
60.2	Otros tipos de transporte terrestre	
60.3	Transporte por tubería.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Cualquier sustancia peligrosa presente en el producto



ACTIVIDADES ANEXAS A LOS TRANSPORTES

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
63.122	Depósito y almacenamiento de mercancías peligrosas.	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Cualquier sustancia peligrosa presente en el producto almacenado.
63.22	Otras actividades anexas de transporte marítimo.	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos Totales ✗ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) ✗ Metales (Ej. aluminio, cromo, plomo, magnesio) ✗ Disolventes
63.23	Otras actividades anexas de transporte aéreo.	



LABORATORIOS Y ESTUDIOS FOTOGRÁFICOS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
74.811	Laboratorios de revelado, impresión y ampliación fotográfica (excepto comercio al por menor)	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Amoniaco ✗ Cianuros ✗ Sulfatos ✗ Fosfatos ✗ Metales (Ej. plata, cromo, arsénico) ✗ Fenol



ADMINISTRACION PÚBLICA, DEFENSA Y SEGURIDAD SOCIAL OBLIGATORIA

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
75.22	Defensa	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hidrocarburos Totales ✗ Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos (Ej. benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) ✗ Metales (Ej. aluminio, cromo, plomo, magnesio)



ACTIVIDADES DE SANEAMIENTO PÚBLICO

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
90.01	Recogida y tratamiento de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Lodos procedentes de la precipitación o disolución con aditivos específicos ⚡ Sales con contenido en cianuro ⚡ Sales de mercurio
90.02	Recogida y tratamiento de otros residuos.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Hidrocarburos alifáticos ⚡ Metales (Ej. plomo, cinc)
90.03	Actividades de saneamiento, descontaminación y similares, excepto terrenos en los que se realicen labores de descontaminación a terceros.	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Cualquier sustancia peligrosa presente.



TINTORERIAS

CNAE	ACTIVIDAD	POSIBLES CONTAMINANTES
93.01	Lavado limpieza y teñido de prendas textiles y de piel (excepto comercio al por menor)	<ul style="list-style-type: none"> ⚡ Disolventes (Ej. tricloroetileno, tetracloroetileno, cloruro de metileno)



10

¿CUALES SON LAS PRINCIPALES CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN?

En las actividades industriales los suelos contaminados se generan principalmente por:



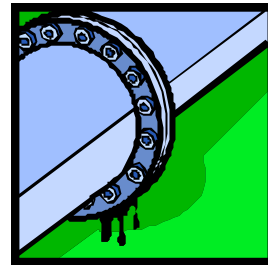
- Mala gestión de residuos: vertidos incontrolados, acumulaciones incorrectas, ruinas industriales, etc.
- Malas prácticas en instalaciones industriales: fugas, almacenamiento incorrecto, etc.
- Accidentes en el transporte, almacenamiento y manipulación de productos o residuos peligrosos.
- Escapes y fugas debidas al mal estado de determinadas infraestructuras.



12

¿CUALES SON LAS INSTALACIONES POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACIÓN?

- Fosos sin revestimientos
- Trincheras de los procesos
- Bombas, válvulas y accesorios
- Balsas para tratamiento de agua residual
- Áreas para almacenamiento de productos
- Tanques y patios de tanques
- Tuberías enterradas o aéreas
- Áreas de carga y descarga
- Instalaciones de mantenimiento

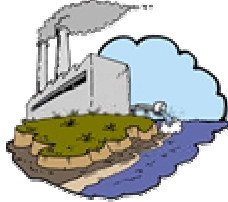




4

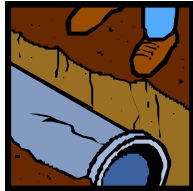
¿CUALES SON LAS PRINCIPALES ACCIONES QUE GENERAN CONTAMINACIÓN?

• Vertidos directos a superficie:



- Derrames en operaciones de transporte y de carga y descarga
- Fugas de conducciones superficiales
- Derrames sistemáticos en instalaciones industriales
- Fugas por accidentes industriales

• Vertidos subterráneos



- Fugas de tanques enterrados
- Fugas de tuberías enterradas
- Fugas del alcantarillado industrial

• Incorrecta gestión de residuos peligrosos



- Acopios de residuos peligrosos a la intemperie
- Abandono de residuos peligrosos sobre el terreno: taludes, barrancos...
- Enterramientos de residuos peligrosos.

4 BUENAS PRÁCTICAS

Un buen diseño de las instalaciones y las correctas prácticas ambientales evitan la contaminación del suelo. La correcta disposición de los productos y almacenes de sustancias contaminantes facilita el mantenimiento del suelo en perfectas condiciones, las siguientes recomendaciones pueden evitar la contaminación del suelo:

- Almacenar de productos en almacenes situados en edificaciones, al abrigo de la lluvia
- Protección de todos los tanques y depósitos con cubetos de retención
- Tanques y depósitos con sistemas de detección de fugas.
- Utilización de productos sólidos o pulverulentos en vez de disoluciones acuosas
- Pavimentado e impermeabilización de las superficies y redirección de las aguas a instalaciones de tratamiento
- No almacenar residuos al aire libre
- Evitar las operaciones de carga y descarga al aire libre
- Realizar todas las operaciones protegidos por cubetos de retención de fugas
- Proteger las instalaciones con sistemas de protección a la corrosión
- No reutilizar los bidones y contenedores para productos diferentes sin una limpieza previa
- Limpiar y recoger inmediatamente cualquier vertido o fuga
- Disponer de instrucciones por escrito sobre las operaciones de almacenamiento y trasvase de líquidos
- Disponer de redes de control de vapores presentes en el suelo
- Realizar controles de stock frecuentes y por métodos fiables

- Disponer de un procedimiento de actuaciones frente a fugas y vertidos.

5

EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

En este capítulo se indican los principales efectos que producen los contaminantes del suelo sobre la salud humana y los ecosistemas.

METALES

EFECTO	PLATA (Ag)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? La absorción por el organismo del polvo de plata o sus sales provoca la precipitación la plata en estado metálico en los tejidos y no puede eliminarse del organismo. La reducción a estado metálico por la acción de la luz tiene lugar en las partes expuestas de la piel y las membranas mucosas visibles, dando lugar a una afección denominada "argiria".</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? El nitrato de plata y el óxido de plata presentan riesgo de incendio y explosión</p>

EFECTO	ALUMINIO (Al)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Los compuestos alquilados de Al presentan riesgo de toxicidad y quemaduras. Reaccionan con el aire, la humedad y los compuestos que contienen hidrógeno activo. El humo de óxido de Al puede producir fibrosis intersticial no nodular (enfermedad de Shaver), a menudo mortal. Niveles altos de Al en el organismo pueden producir daños en el tejido nervioso y daños graves en el cerebro en algunos fatales.</p> <p>? La Agencia Internacional para la investigación sobre el cáncer ha clasificado la producción de Al como una situación del Grupo 1: exposición humana cancerígena conocida.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: medio</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: bajo</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: reacciona con el agua. Riesgo de formación de vapores explosivos sobre la superficie del agua. Los compuestos alquilados de Al presentan riesgo de toxicidad y de incendio.</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	ARSÉNICO (As)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Los compuestos inorgánicos de As se consideran venenos muy potentes. Los compuestos trivalentes son los más tóxicos. Tóxico letal con dosis entre 70-180 mg.</p> <p>? La absorción de los compuestos de As inorgánico en el tracto gastrointestinal tras la ingestión o inhalación, o por contacto con la piel, es casi completa. Se biotransforma en el organismo excretándose por la orina y el pelo.</p> <p>? <u>Intoxicación aguda (dosis elevadas)</u>: varían en función de la dosis. Irritación de las mucosas, conjuntivitis, bronquitis, disnea, gastrointestinal (vómito y diarrea), seguido de edema facial, calambres, daño neuronal, reacciones cardiovasculares que pueden provocar shock vascular, coma y hasta la muerte en unas horas (de 24 horas a 7 días).</p> <p>? <u>Secuelas</u>. Se pueden presentar síntomas y signos de daño al sistema nervioso periférico y al sistema hematopoyético (hepatomegalia)</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)</u> a As III y As V: puede provocar lesiones específicas en la piel (hipertrofia e hiperpigmentación de la capa córnea de la piel palmo-plantar, verrugas y melanosís), la mucosa del tracto respiratorio, perforación del tabique nasal, anemia, riñón, sistema cardiovascular, neuropatía periférica (pérdida de sensibilidad en pies y manos con parálisis gradual meses o años después de iniciarse la exposición), gingivitis (inflamación de la encía), estomatitis (inflamación de los tejidos blandos de la boca), debilidad muscular, cáncer pulmonar (en trabajadores que producen y utilizan plaguicidas con As III, en los de las fundidoras de cobre y en los de procesos metalúrgicos) y cáncer en la piel (en población que ingiere habitualmente agua contaminada con As</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: medio</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	CADMIO (Cd)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? El cadmio se acumula en el organismo. 50% de la cantidad acumulada se deposita en el hígado y en los riñones. La excreción de cadmio se produce preferentemente a través de la orina. El tiempo de vida media biológica del cadmio en el cuerpo humano oscila entre 15 y 25 años.</p> <p>? <u>Intoxicación aguda (dosis elevadas)</u>: la inhalación provoca neumonitis y edema pulmonar. La ingestión provoca vómitos, diarrea y dolor abdominal</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)</u>: los humos o polvo de óxido de Cd y estearatos de Cd provocan insuficiencia renal, anemia, alteraciones del metabolismo del calcio como osteoporosis (desosificación con disminución del tejido óseo) y osteomalacia (reblandecimiento óseo generalizado) en la población femenina multipara de más de 40 años, enfisema (alteración anatómica de los pulmones) y proteinuria. Afección a los pulmones.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Plantas</u>: Además de disminuir el rendimiento, la mayor amenaza reside en la contaminación de (acumulación en) las plantas de cultivo, dado que es así como el cadmio ingresa a la cadena alimentaria como toxina de acumulación.</p> <p>? <u>Agua</u>: Su toxicidad para los peces depende, entre otros factores, del contenido de calcio del agua. En general, cuanto mayor el contenido de calcio en el agua, tanto menor será el efecto tóxico del cadmio sobre los peces.</p> <p>? <u>Suelo</u>: El horizonte de acumulación para el cadmio es la rizosfera (raíces).</p>

EFECTO	COBALTO (Co)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión.</p> <p>? <u>Intoxicación</u>: Afecta al contenido hemoglobínico. Insuficiencia cardíaca y del miocardio.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: medio</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	CROMO (Cr)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea.</p> <p>? Existe como Cr III y Cr VI, éste más peligroso y se absorbe rápidamente (cromatos y dicromatos). Casi todo el Cr VI existente es generado en actividades humanas. Es irritante y corrosivo.</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo a Cr VI (intoxicación crónica)</u>: afecta principalmente a la piel y el tracto respiratorio. Ulceración y perforación del tabique nasal, rinitis, broncoespasmo, neumonía, cáncer bronquial, dermatitis y úlceras dérmicas, daño del tracto gastrointestinal, shock cardiovascular, calambres musculares, coma, nefritis tóxica y cáncer de pulmón por inhalación.</p> <p>? <u>Exposición prolongada a Cr III</u>: dermatitis, alergias en la piel y úlceras dérmicas.</p> <p>? <u>Secuelas</u>: necrosis (muerte del tejido celular) hepática y renal.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: medio</p>

EFECTO	COBRE (Cu)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea.</p> <p>? <u>Intoxicación aguda (dosis elevadas)</u>: la ingestión de sulfato de cobre en altas cantidades (gramos) produce náuseas, vómitos, diarrea, sudoración, hemólisis intravascular y posible fallo renal en aras ocasiones convulsiones, coma y muerte. La ingestión de agua en contacto con recipientes de cobre puede producir irritación del tracto gastrointestinal. La inhalación de polvos, humos o nieblas de sales de Cu puede causar congestión nasal y de las mucosas y ulceración con perforación del tabique nasal.</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)</u>: los efectos tóxicos sólo parecen existir en personas que padecen la enfermedad de Wilson (heredada genéticamente) manifestando en casos de intoxicación lesiones en hígado, riñones, sistema nervioso central, huesos y ojos.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Riesgos ecológicos</u>: no se dispone de datos ecotóxicos.</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	HIERRO (Fe)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? La inhalación de polvo o humos de hierro produce irritación de los pulmones y el tracto gastrointestinal y neumoconiosis. La exposición prolongada a una mezcla de polvo de Fe y otros metales puede afectar a la función pulmonar.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: baja</p>

EFECTO	MERCURIO (Hg)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Se distribuye en todo el organismo y se acumula en el sistema nervioso central.</p> <p>? <u>Intoxicación aguda (dosis elevadas)</u>: irritación y edema pulmonar, afección tracto gastrointestinal e insuficiencia renal. Gingivitis, estomatitis, fiebre alta, afección al sistema nervioso, temblores, pérdida de memoria y demencia. Dermatitis.</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)</u>: ansiedad, depresión, irritabilidad, insomnio, excitabilidad, dolor abdominal, náuseas, diarrea, dificultad respiratoria e insuficiencia renal, lesión hepática, ataxia (incoordinación en la actividad muscular voluntaria), disminución de la agudeza visual pudiendo llegar a la ceguera, retardo mental, afección al sistema nerviosos central, espasmos, convulsiones, sordera y parálisis cerebral entre otros.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: alto</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	MANGANESO (Mn)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación e ingestión.</p> <p>? Se concentra en pulmones, hígado, riñones, intestino, corazón, huesos y cerebro. El óxido de Mn se concentra en los ganglios basales del cerebro y en el cerebelo.</p> <p>? <u>Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)</u>: síntomas neurológicos, cambios de conducta, debilidad general y problemas respiratorios.</p> <p><u>Intoxicación crónica severa</u>: manifestaciones psicológicas de inestabilidad emocional e irritabilidad. Cambios psicomotores como anorexia (ausencia de apetito), astenia (pérdida de la fuerza), hiposexualidad y hipertonia muscular. Cambios neurológicos como disartría (trastorno en la articulación de las palabras), insomnio, adinamia (pérdida de la fuerza vital o muscular), posturas anómalas, temblores y voz monótona. Se puede llegar a desarrollar un síndrome similar a la enfermedad de Parkinson (afección al sistema nervioso general) y encefalopatía mangánica (la llamada locura mangánica). Afecciones pulmonares: neumonitis y bronquitis. <u>Exposición al polvo de óxido de Mn</u>: irritación de nariz y garganta y neumonitis.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: baja</p>

EFECTO	MOLIBDENO (Mo)
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? <u>Intoxicación aguda (dosis elevadas)</u>: irritación gastrointestinal, diarrea, coma y muerte por insuficiencia cardíaca. Neumoconiosis. Algunos compuestos producen irritación ocular y de las mucosas, anemia. Puede producir gota.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: muy tóxico (compuestos solubles)</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	NÍQUEL (Ni)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? <u>Intoxicaciones</u>: el polvo de Ni inhalado puede producir cáncer bronquial. El contacto dérmico produce dermatitis.</p> <p>? Alergias, rinitis, sinusitis y enfermedades respiratorias.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Plantas</u>: Diversas especies ven reducido su crecimiento con concentraciones superiores a 20 mg/Kg</p>

EFECTO	PLOMO (Pb)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Se acumula en el tejido óseo (huesos y dientes)</p> <p>? <u>Intoxicación aguda</u> : ataxia, malestar general, confusión, dolor de cabeza, irritabilidad, disfunción motriz, disminución de la capacidad intelectual, convulsiones, cambios de personalidad, debilidad de las extremidades y parestesis (sensación de hormigueo o de quemaduras de la piel) de manos y pies, insuficiencia renal, cólicos (cólico saturnino que conlleva trastornos digestivos, dolores musculares, calambres y presión arterial elevada), interferencias en el metabolismo de la vitamina B (en niños), problemas cardiovasculares, trastornos digestivos, anemia y líneas azules en las encías.</p> <p>? <u>Intoxicación crónica</u>: anemia (el plomo inhibe la síntesis del grupo hemo de la hemoglobina), alteraciones del sistema nervioso central y periférico, hígado, riñón y tejido óseo.</p> <p>? El contacto con la piel y los ojos puede causar irritación, efecto abrasivo, posible daño corneal.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: muy tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alta</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: alta</p>

METALES (Cont.)

EFECTO	ANTIMONIO (Sb)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? <u>Intoxicación crónica</u>: síntomas semejantes a los del arsénico, pero con vómitos más violentos y continuos. Debilidad general. Colapso con respiración lenta o irregular y descenso de la temperatura.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: medio</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: bajo</p>

EFECTO	VANADIO (V)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? <u>Intoxicación</u>: la exposición al polvo de V₂O₅ incluye conjuntivitis, nasofarinitis y tos persistente.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Agua</u>: Algunos compuestos forman mezclas tóxicas, otros desprenden vapores tóxicos e irritantes que flotan como niebla blanca sobre la superficie de las aguas.</p> <p>? Los compuestos de vanadio son asimilados por las plantas e incorporados a sus procesos de crecimiento. Así el vanadio es extraído del suelo e ingresa a la cadena alimentaria.</p>

EFECTO	ZINC (Zn)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Irritación del tracto gastrointestinal, dermatitis y úlceras cutáneas</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Plantas</u>: Produce necrosis y clorosis e inhibe el crecimiento. La fitotoxicidad predomina sobre los efectos adversos que el cinc produce en otros organismos.</p> <p>? <u>Suelo</u>: Se puede detectar acumulación de cinc en los suelos hasta un radio de varios kilómetros de distancia de las plantas metalúrgicas del cinc. En las cercanías inmediatas de tales establecimientos no es posible la explotación agrícola.</p>

COMPUESTOS INORGÁNICOS

EFECTO	CIANUROS (CN ⁻)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea.</p> <p>? Efectos mortales por cualquier vía de exposición. Síntomas del envenenamiento: adormecimiento, pulso rápido, piel enrojecida, náuseas, vómitos inconsciencia, paro respiratorio y muerte.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: muy tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: alto</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: ataca a las raíces de las plantas impidiendo su crecimiento</p>

EFECTO	FLUORUROS (F ⁻)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Las personas afectadas por disfunción pulmonar y renal pueden ser particularmente susceptibles a la intoxicación por fluoruros</p> <p>? <u>Intoxicación</u>: disminución de la hemoglobina. Dosis pequeñas de fluoruro (1 mg/litro en agua potable) favorecen la salud dental, sin embargo las dosis altas son tóxicas para el hombre si se ingieren por un largo período, con debilitamiento de la formación de colágeno, y afección a los huesos.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: no se dispone de datos</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: se acumulan en las plantas y animales en huesos y caparazón</p>

EFECTO	BROMUROS (Br ⁻)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Irritación, dolor en ojos, en vías respiratorias, en la piel y tracto gastrointestinal. Profundas y dolorosas necrosis en piel y mucosas. En altas concentraciones: edema de glotis y laringe, edema pulmonar y pulmonía.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: alto</p>

COMPUESTOS INORGÁNICOS (Cont.)

EFEECTO	SULFATOS, SULFITOS Y SULFUROS
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? La exposición a los óxidos: opacamiento de la córnea (queratitis), problemas respiratorios, edema pulmonar, bronquitis, paro cardíaco y colapso circulatorio.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: extremadamente tóxico (Ac. Sulfúrico y óxidos de azufre)</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto (Ac. Sulfúrico y óxidos de azufre)</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: alto (Ac. Sulfúrico y óxidos de azufre)</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: son componentes de la lluvia ácida acidificando el suelo</p>

EFEECTO	NITRÓGENO
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación</p> <p>? <u>Enfermedades de las vías respiratorias</u>: bronquitis. En concentración alta: asfixia</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: tóxico a muy tóxico dependiendo del compuesto nitrogenado.</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: medio (depende del compuesto nitrogenado)</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: bajo (depende del compuesto nitrogenado)</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: favorece la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) de los ríos y acuíferos</p>

EFEECTO	NITRATOS Y NITRITOS Y COMPUESTOS NITROSOS
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación</p> <p>? Conversión de la hemoglobina en metahemoglobinemia en edad infantil (transformación de los nitratos en nitritos).</p> <p>? Los nitritos reaccionan con las aminas secundarias formando nitrosaminas con posibles efectos carcinogénicos en humanos y poderosos efectos carcinogénicos en animales.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: de extremadamente a altamente tóxico dependiendo del compuesto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio acuático</u>: alto a medio dependiendo del compuesto</p> <p>? <u>Riesgo para el medio terrestre</u>: medio</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: favorece la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) de los ríos y acuíferos</p>

COMPUESTOS INORGÁNICOS (Cont.)

EFECTO	FÓSFORO
SOBRE LA SALUD HUMANA	? <u>Vías de penetración</u> : inhalación, ingestión y penetración cutánea ? Algunos compuestos de fósforo pueden provocar irritación del tracto respiratorio superior, ojos, piel
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	? <u>Ecotoxicidad</u> : extremadamente tóxico ? <u>Riesgo para el medio acuático</u> : alto ? <u>Riesgo para el medio terrestre</u> : medio ? <u>Otros efectos</u> : favorece la eutrofización (crecimiento excesivo de algas) de los ríos y acuíferos

COMPUESTOS ORGÁNICOS

EFECTO	PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Daños degenerativos en hígado y riñón, problemas cardiovasculares, disnea, taquicardia, anemia y opresión. Acumulación en organismos vivos incluido el hombre y el feto. Tienen efecto carcinogénico potencial.</p> <p>? <u>Intoxicación aguda</u>: síntomas gastrointestinales, encefalopatía</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Otros efectos</u>: son persistentes en el ambiente y se acumulan en los organismos vivos. Su fijación en el suelo contribuye al descenso de la fertilidad. Su fotodescomposición o hidrólisis origina compuestos tóxicos para el suelo.</p>

EFECTO	PLAGUICIDAS ORGANOFOSFORADOS
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? <u>Intoxicación aguda</u>: visión borrosa, miosis, problemas respiratorios y cardiovasculares.</p> <p>? Irritante y corrosivo.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Otros efectos</u>: son persistentes en el ambiente y se acumulan en los organismos vivos.</p>

EFECTO	CARBAMATOS
<p>SOBRE LA SALUD HUMANA</p>	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Efectos neurotóxicos que puede llevar a la muerte.</p>
<p>SOBRE LOS ECOSISTEMAS</p>	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: muy tóxico</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: no se acumulan en los organismos vivos</p>

COMPUESTOS ORGÁNICOS (Cont.)

EFECTO	HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (HAPs)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Son los más tóxicos de los hidrocarburos. La exposición en periodos prolongados ha desarrollado casos de cáncer y algunos ejercen efectos mutagénicos. El benzo (a) pireno es cancerígeno.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Otros efectos</u>: lenta degradación, acumulación en los sedimentos, suelos, plantas acuáticas y terrestres, peces e invertebrados.</p>

EFECTO	BENCENO Y SUS DERIVADOS
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Depresión del sistema nervioso central, inconsciencia a menudo mortal (sólo bajo altas concentraciones). Dermatitis. Dolor abdominal y de garganta.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Ecotoxicidad</u>: muy tóxico</p> <p>? <u>Otros efectos</u>: Riesgo de inflamabilidad y explosión.</p>

EFECTO	BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs)
SOBRE LA SALUD HUMANA	<p>? <u>Vías de penetración</u>: inhalación, ingestión y penetración cutánea</p> <p>? Posibles efectos cancerígenos y teratogénicos. Atacan al hígado, produciendo coma hasta la muerte.</p>
SOBRE LOS ECOSISTEMAS	<p>? <u>Otros efectos</u>: Inhiben el crecimiento de las plantas. Baja degradación y alta persistencia en el suelo.</p>

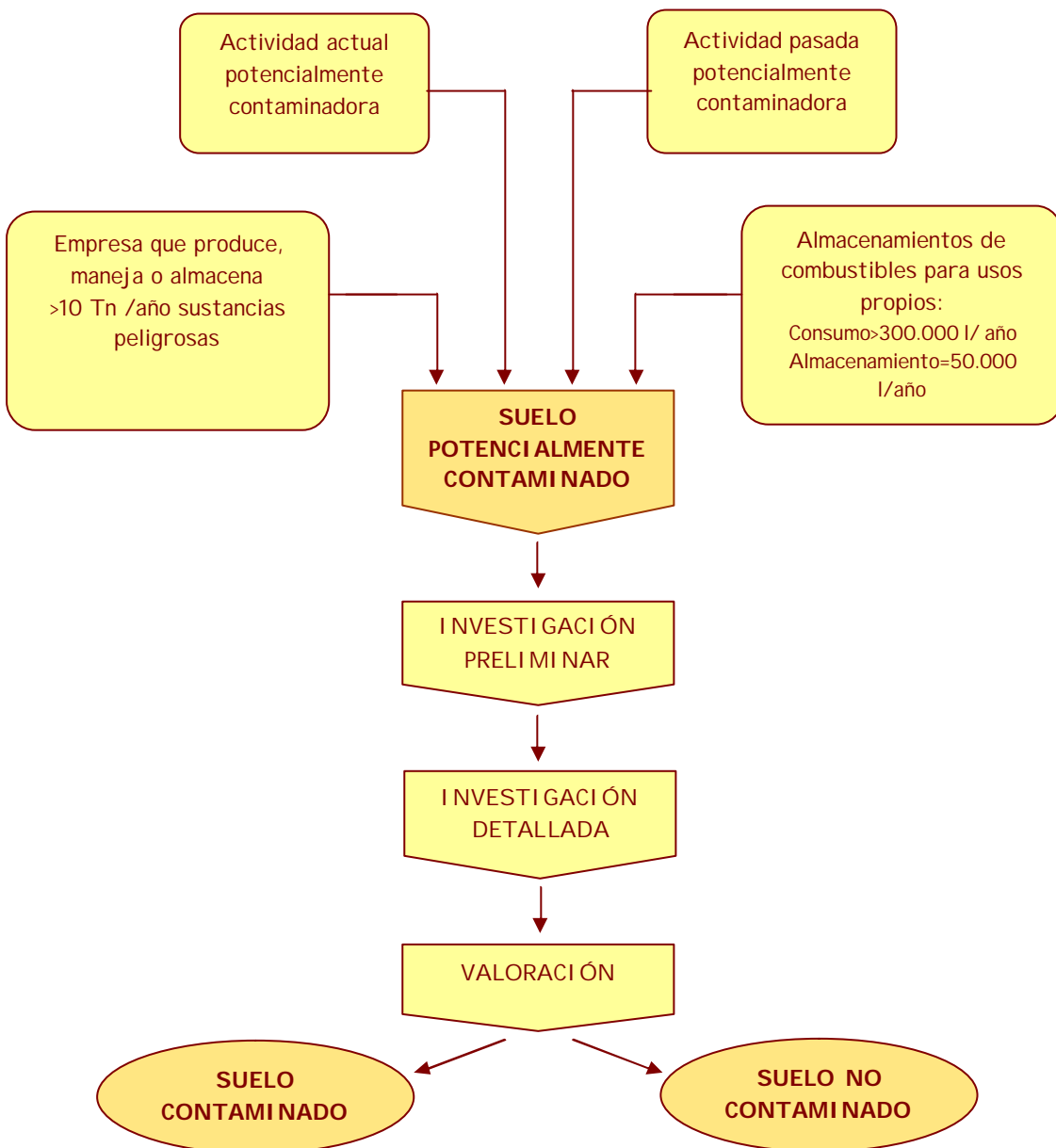
6

CLAVES PARA DETECTAR SUELOS CONTAMINADOS

1 A continuación se describe un posible protocolo a seguir para que una actividad sepa si en su terreno puede existir suelo sospechoso de contaminación, es decir, potencialmente contaminado.

5 También se indican las diferentes etapas que tienen lugar hasta obtener

3 una valoración final del suelo: está o no contaminado.



ACTIVIDAD ACTUAL POTENCIALMENTE CONTAMINADORA

Son actividades industriales o comerciales que, por el manejo de sustancias peligrosas (materias primas, productos, subproductos) o la generación de residuos peligrosos, pueden contaminar los terrenos que ocupan actualmente.

Para saber si la actividad es potencialmente contaminadora hay que comprobar si el Código CNAE de la actividad actual esta o no incluido en el listado que aparece en el capítulo 3.

La actividad se clasifica como potencialmente en caso de que esté incluido, aunque hay que recordar, como ya se comentó en el capítulo 4, que esta lista no es excluyente, es decir, si una actividad ha provocado la contaminación de un suelo se considera lógicamente potencialmente contaminadora a pesar de no estar recogida en la lista.

ACTIVIDAD PASADA POTENCIALMENTE CONTAMINADORA

Son actividades industriales o comerciales que se desarrollaron en el pasado en el emplazamiento actual y, por el manejo de sustancias peligrosas (materias primas, productos, subproductos) o la generación de residuos peligrosos, pudieron contaminar los suelos que se ocupan actualmente.

Para saber si en el emplazamiento actual se desarrolló alguna actividad potencialmente contaminadora es necesario realizar una recopilación de datos históricos:

Una buena fuente es consultar el Registro de la Propiedad.

Si alguna de las actividades anteriores desarrolladas en el emplazamiento está incluida en el listado que aparece en el capítulo 3, estamos ante un suelo potencialmente contaminado.

Cuando se consulte la lista mencionada es necesario no fijarse únicamente en los códigos CNAE, ya que estos corresponden a los del año 1993, y puede ser que las actividades pasadas no estén codificadas de igual forma dependiendo de la antigüedad. Es por lo tanto conveniente comprobar la descripción de la actividad que aparece en la tabla.

EMPRESA QUE PRODUCE, MANEJA o ALMACENA MAS DE 10 Tn DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Son todas aquellas empresas que independientemente de su actividad, están produciendo, manejando o almacenando, una cantidad de sustancias peligrosas superior a 10 Tn al año.

¿QUÉ SUSTANCIAS DEBEN CONSIDERARSE COMO PELIGROSAS?

Se consideran sustancias peligrosas aquellas que están incluidas en el R.D. 363/95, es decir, las siguientes sustancias y preparados:

- **EXPLOSIVOS:** las sustancias y preparados sólidos, líquidos, pastosos, o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno atmosférico, puedan reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento parcial, explotan.
- **COMBURENTES:** las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
- **EXTREMADAMENTE INFLAMABLES:** las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y un punto de ebullición bajo, y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presión normales, sean inflamables en contacto con el aire.
- **FÁCILMENTE INFLAMABLES:** las sustancias y preparados:
 1. Que puedan calentarse e inflamarse en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía, o
 2. Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente, o

3. Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo, o
4. Que, en contacto con el agua o con el aire húmedo, desprendan gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.

- **INFLAMABLES:** las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo.
- **MUY TÓXICOS:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeña cantidad puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **TÓXICOS:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **NOCIVOS:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.
- **CORROSIVOS:** las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
- **IRRITANTES:** las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.
- **SENSIBILIZANTES:** las sustancias y preparados que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilidad, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o preparado dé lugar a efectos negativos característicos.
- **CARCINOGENÉTICOS:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan producir cáncer o aumentar su frecuencia.
- **MUTAGÉNICOS:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir alteraciones genéticas hereditarias o aumentar su frecuencia.

- **TÓXICOS PARA LA REPRODUCCIÓN:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o a la capacidad reproductora.
- **PELIGROSOS PARA EL MEDIO AMBIENTE:** las sustancias y preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.

¿CÓMO SABER SI UNA SUSTANCIA ES PELIGROSA?

1. Consultando la ficha de datos de seguridad de la sustancia.

Debemos fijarnos en el apartado:

- ✍ Información reglamentaria: Figura la clasificación (Ej. Tóxico), acompañada de las frases de riesgo (R) y consejos de prudencia (S).

Esta ficha se entrega de forma gratuita por el fabricante, el importador o el distribuidor, con la primera entrega de la sustancia y siempre que se produzcan revisiones originadas por la aparición de nuevos conocimientos significativos relativos a la seguridad y a la protección de la salud y del medio ambiente

2. Mediante el etiquetado de la sustancia.

En las etiquetas de las sustancias peligrosas, aparecen los símbolos y las indicaciones de peligro de forma que nos permiten identificar cual es su característica de peligrosidad.

A continuación se muestran los símbolos y pictogramas de peligrosidad que identifican las sustancias peligrosas.



COMBUSTIBLES PARA USOS PROPIOS:

Se incluyen solamente aquellos que cumplan una de estas dos condiciones, o ambas a la vez:

- Consumo anual medio superior a los 300.000 litros de combustible
- Volumen total de almacenamiento igual o superior a 50.000 litros de combustible.

y además que:

- Sean para uso propio
- Estén regulados por el RD 1523/99, que se modifica el Reglamento de instalaciones petrolíferas, aprobado por Real Decreto 2085/1994.

Los almacenamientos que están regulados por el RD 1523/99 son:

- Las refinерías de petróleo, plantas petroquímicas integradas en las mismas y sus parques de almacenamiento anejos.
- Instalaciones y parques de almacenamiento destinados a la distribución y suministro de productos petrolíferos de la clase B
 - ✍ Hidrocarburos cuyo punto de inflamación es inferior a 55 °C y no están comprendidos en la clase A como son la gasolina,

naftas, petróleo, etc. Según su punto de inflamación, se dividen, a su vez, en otras dos subclases.

- Instalaciones y parques de almacenamiento destinados a la distribución y suministro de productos petrolíferos de la clase C
 - ✍ Hidrocarburos cuyo punto de inflamación esté comprendido entre 55 °C y 100 °C, tales como el gasoil, fuel-oil, diesel-oil, etc.
- Instalaciones y parques de almacenamiento destinados a la distribución y suministro de productos petrolíferos de la clase D
 - ✍ Hidrocarburos cuyo punto de inflamación sea superior a 100 °C, como asfaltos, vaselinas, parafinas y lubricantes.
- Las instalaciones de almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos para su consumo en la propia instalación.
- Instalaciones para suministro de carburantes y combustibles líquidos a vehículos

No se incluyen:

- Las instalaciones de almacenamiento de productos cuyo punto de inflamación sea superior a 150 °C.
- Instalaciones y parques de almacenamiento destinados a la distribución y suministro de productos petrolíferos de la clase A.
 - ✍ Hidrocarburos licuados cuya presión absoluta de vapor a 15 °C sea superior a 98 kPa (un kilogramo/centímetro cuadrado, manométrica), tales como el butano, propano y otros hidrocarburos licuables.

INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

El objetivo de esta fase es poder valorar la situación de los suelos del emplazamiento donde se desarrolla la actividad. En definitiva evaluar el grado de contaminación del suelo.

Se debe investigar y documentar todo aquello que se considere necesario para realizar mejor la valoración del estado de los suelos sobre los que se asientan las actividades.

Los datos que deben recogerse son:

- Histórico de actividades anteriores a la actual que se desarrollaron en el emplazamiento.
- Sustancias peligrosas que se producen, consumen, o generan incluidos los residuos peligrosos de forma que tenga una primera aproximación de la naturaleza de los posibles contaminantes.
- Instalaciones susceptibles de producir contaminación en los suelos
- Inspección visual del emplazamiento.
- Medidas preventivas existentes de tipo constructivo y organizativo.

En esta fase no es imprescindible realizar ensayos o análisis.

Ahora bien, se deben tener en cuenta que cuanto mas información se disponga mejor se realizará la valoración del grado de contaminación del suelo y además en caso de sospechas lo único esclarecedor son los resultados analíticos.

INVESTIGACIÓN DETALLADA

Si como resultado de la fase anterior considera que hay indicios de contaminación en el suelo es necesario ampliar la investigación.

El objetivo de esta fase de investigación detallada es disponer de toda la información necesaria para evaluar los riesgos asociados a la salud humana y los ecosistemas y, con esta información, realizar una correcta evaluación del grado de contaminación del suelo

Es conveniente que las acciones a realizar en esta fase sean marcadas por un técnico especialista en la contaminación de los suelos.

¿QUE INFORMACIÓN PUEDE SER NECESARIA?

Aunque la decisión al respecto reside en los técnicos, de forma general se pueden establecer las siguientes pautas:

- Estudio del medio físico.
- Muestreo y análisis químico general orientado a confirmar o descartar las sospechas de contaminación.
- Muestreo y análisis químico detallado orientado a delimitar la extensión de la contaminación.
- Recopilación de datos para realizar el análisis de riesgos existentes que se desarrolla en el capítulo 8.
- Cualquier otra **fuentes** de información disponible.

VALORACIÓN

La valoración es el dictamen sobre el estado de contaminación del suelo:

- Suelo contaminado
- Suelo no contaminado

En último término esta valoración la realiza el Organismo Competente de la Comunidad Autónoma, en base a toda la información recopilada en las fases anteriores.

La declaración de un suelo como contaminado exige que éste haya sido declarado como tal mediante resolución expresa, y obliga a la realización de las actuaciones necesarias para proceder a su recuperación ambiental en los términos y plazos dictados por el Organismo Competente.

7

¿COMO CARACTERIZARLOS? Muestreo y análisis

El muestreo y trabajo analítico para la caracterización de los suelos contaminados son costosos; sin embargo, más costosa aún puede resultar la restauración de suelos con daño ambiental o su eliminación cuando el daño excede a las concentraciones aceptables. El muestreo podría ahorrar mucho trabajo en la restauración de tierra o eliminación del suelo si se establecen fronteras y límites precisos de las áreas contaminadas.

Aunque este capítulo se centra en la caracterización del suelo exclusivamente, hay que considerar que dependiendo de los usos del emplazamiento y de los objetivos puede ser necesario también muestrear todos o alguno de los siguientes medios:

- ✍ Aguas superficiales
- ✍ Aguas subterráneas
- ✍ Vegetación y fauna
- ✍ Población humana

PLAN DE MUESTREO DEL SUELO

Existen tres enfoques básicos para el muestreo:

- **Selectivo:** consiste en escoger sitios para el muestreo en base a diferencias obvias o típicas. Tales diferencias se determinan según la experiencia del muestreador y generalmente incluyen factores tales como la visibilidad del área de un derrame de químicos, los cambios en el color del suelo, las áreas de perturbación física anterior o las áreas sin vegetación o con vegetación muerta.
- **Sistemático:** es un método mediante el cual los puntos de muestreo seleccionados se ubican a distancias uniformes entre sí. En los sitios con derrames de químicos líquidos o con deposición aérea de contaminantes, este método es útil para documentar probables gradientes de concentración.

- **Al azar:** el muestreo al azar se basa en la teoría de probabilidades y la necesidad de un riguroso análisis estadístico. El muestreo al azar permite toda combinación posible de unidades de muestras a seleccionarse y el número de combinaciones posibles está sólo limitado por el tamaño de la muestra.

Una combinación de muestreo selectivo, sistemático y al azar es a menudo el enfoque más factible.

ENFOQUE	Nº RELATIVO DE MUESTRAS	DESVIACIÓN RELATIVA	CRITERIOS SELECCIÓN
SELECTIVO	El más pequeño	La mas amplia	La mas amplia historia previa, evaluación visual o criterio técnico
SISTEMATICO	Mayor	Mas pequeña	Rejilla o patrón consistente
AL AZAR	El máximo	La menor de todas	Simple selección al azar

LA SEGURIDAD EN EL MUESTREO

Los emplazamientos contaminados contienen concentraciones de sustancias químicas que pueden ser dañinas a las personas, incluyendo aquéllas que recogen las muestras en dichos sitios. Consecuentemente, en el desarrollo de cualquier plan de muestreo se deberá tomar siempre en cuenta la salud y la seguridad.



EQUIPOS DE MUESTREO

Los dispositivos de muestreo de suelo deben escogerse luego de considerar la profundidad de la muestra a tomarse, las características del suelo, el contenido de humedad, la textura, etc., y la naturaleza del análisis de interés (por ejemplo, orgánico o inorgánico, volátil o no volátil).

El muestreo de superficie se podrá escoger para derrames o contaminación recientes y para tasas reducidas de migración de contaminantes. Si los contaminantes han estado en contacto con el suelo por

un período prolongado de tiempo, podrá ser necesario el muestreo a mayores profundidades.

A continuación se presenta una tabla que incluye una lista de los sistemas comúnmente utilizados para la toma de muestras sólidas, indicando su aplicación y las ventajas e inconvenientes.

SISTEMA	APLICACIÓN AL DISEÑO DE MUESTREO	VENTAJAS Y DESVENTAJAS
CALICATAS	Suelo de superficie suave, 0-100 cm	Barato; fácil para usar, capacidad de profundidad limitada.
SONDEOS MANUALES	Suelo duro, 0-100 cm	Relativamente fácil de usar; capacidad de profundidad limitada; costes bajos.
SONDEOS SEMIMECÁNICOS	Suelo rocoso o arenoso, hasta 10 m	Buen rango de profundidad; puede requerir de dos a más operadores; costes medios.
SONDEOS MECÁNICOS	Todo tipo de suelo, grandes profundidades	Buen rango de profundidad, generalmente empleado para ganar acceso a horizontes de suelo más profundos; requiere de mano de obra experimentada, costo más elevado.

También existen dispositivos específicos de muestreo para muestras de naturaleza líquida y gaseosa.

PRESERVACION DE LAS MUESTRAS



El tiempo transcurrido entre la toma de las muestras y su posterior análisis ha de ser el mínimo posible con objeto de que las propiedades de las muestra permanezcan inalteradas.

Es habitual el uso de aditivos o refrigeración para garantizar la estabilidad de las muestras hasta llegar al laboratorio de análisis.

ANÁLISIS DE LOS SUELOS

● ANÁLISIS IN SITU

Los análisis *in situ* son técnicas complementarias a las pruebas de laboratorio se pueden utilizar para estimar la concentración inicial de contaminantes, caracterizar propiedades del suelo o un rápido análisis en el transcurso de una investigación.

● ANÁLISIS EN LABORATORIO

✍ GRUPOS DE CONTAMINANTES

Este tipo de análisis, proporcionan únicamente una información aproximada acerca de la gravedad de la contaminación y no siempre es fácil valorar los resultados obtenidos. Como ventaja evita los altos costes que supone la determinación de los contaminantes de forma individual.

EJEMPLO:

*La determinación de **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)** responde a un análisis de grupo de contaminantes muy amplio porque incluye a todas aquellas sustancias que presentan un punto de ebullición inferior a 200 °C a presión atmosférica.*

A su vez en este gran grupo de contaminantes (COV's) aun se incluyen otros grupos de contaminantes:

***Hidrocarburos aromáticos** (benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y naftaleno)*

***Hidrocarburos alifáticos clorados** como el diclorometano, triclorometano, tetracloruro de carbono, 1, 1,1-tricloroetano, 1,1- y 1,2-dicloroetano, tricloroetileno, tetracloroetileno y clorobenceno*

Conocer la concentración de un grupo de contaminantes, COV's, no permite conocer la concentración de todos y cada uno de los contaminantes incluidos en el grupo: benceno, tolueno, diclorometano, triclorometano, tetracloruro de carbono, etc.

Ahora bien si que sabremos que la concentración de benceno nunca superará a la obtenida para los COV's

Esto último hace que en función de los resultados obtenidos para los grupos de contaminantes (si son valores muy bajos) pueda ser innecesaria la determinación de todos y cada uno de los contaminantes individuales que se incluyen en el grupo.

CONTAMINANTES INDIVIDUALES

Este tipo de análisis, es el que aporta una mayor información cuantitativa a la investigación de la calidad del suelo. Existen publicados una gran variedad de métodos analíticos que permiten la determinación de los contaminantes.

EJEMPLO:

*Conocer cual es la concentración de **tolueno** en un suelo supone la realización de un análisis de tolueno (contaminante individual).*

El análisis de los COV's presentes o incluso de los hidrocarburos aromáticos (recordemos que son grupos de contaminantes entre los que se incluye el tolueno), no permitirá conocer la concentración de tolueno. Ahora bien si que sabremos que la concentración de tolueno nunca superará a la obtenida para los hidrocarburos aromáticos, ni a la de COV's

Para la realización de los análisis químicos es necesario aplicar métodos normalizados, aunque es posible la utilización de metodologías no estandarizadas, siempre y cuando hayan sido adecuadamente validadas.

Los laboratorios que realizan estos análisis garantizando la calidad de los mismos están acreditados por ENAC como Laboratorios de Ensayo, la información puede encontrarse en www.enac.es.

8

EVALUACIÓN DEL RIESGO

Una vez finalizados los trabajos de muestreo y análisis, se nos plantea el problema de la interpretación de los valores analíticos, obtenidos por el laboratorio en las muestras de suelo remitidas al mismo y objeto de estudio, para evaluar el grado de contaminación del suelo.

La contaminación de un suelo supone, como ya hemos comentado en capítulos anteriores, un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, por lo tanto se deberá evaluar y valorar la probabilidad de que la presencia de uno o varios contaminantes en un suelo produzcan o puedan producir efectos sobre la salud humana o el medio ambiente.

¿CÓMO SE EVALÚA EL RIESGO?

El riesgo de que un contaminante presente en un suelo pueda suponer la existencia de contaminación en el mismo se evalúa a partir de la concurrencia de tres factores:

- La concentración de contaminantes en el suelo.
- La exposición a la contaminación de las personas por diferentes vías.
- La toxicidad de las sustancias

De este modo se plantea la siguiente expresión:

$$\text{Riesgo} = \text{Concentración} \times \text{Exposición} \times \text{Toxicidad}$$

Por lo tanto, la evaluación y valoración del riesgo supone determinar cada uno de los factores que intervienen en la anterior expresión y que comentamos a continuación.

¿QUÉ SE ENTIENDE POR RIESGO?

Riesgo para la salud humana o el medio ambiente es la probabilidad de que un contaminante presente en el suelo entre en contacto con algún receptor con consecuencias adversas para la salud de las personas o el medio ambiente.

En términos de protección de la salud humana se asume que:

- Para sustancias cancerígenas una situación de RIESGO ACEPTABLE es aquella en que la frecuencia esperada de aparición de cáncer en la población expuesta no excede en uno por cada cien mil casos.
- Para sustancias con efectos sistémicos (sustancias que afectan órganos o tejidos, por ejemplo el hígado o el riñón, en sitios remotos al del primer contacto del agente causante del daño con el organismo) se asume como una situación de RIESGO ACEPTABLE aquella en que, para cada sustancia, el cociente entre exposición a largo plazo y dosis máxima admisible es inferior a la unidad.

En términos de protección de los ecosistemas se asume como una situación de RIESGO ACEPTABLE aquella en que, para cada sustancia, el cociente entre la exposición y el umbral ecotoxicológico, definido por la concentración máxima para la que no se esperan efectos sobre los ecosistemas es igual a la unidad.

¿QUÉ SE ENTIENDE POR RIESGO ACEPTABLE?

El riesgo aceptable, para cada sustancia contaminante considerada, es función de la dosis admisible por el receptor y de la toxicidad de la sustancia.

$$\text{Riesgo aceptable (a)} = \text{Dosis Aceptable (b)} \times \text{Toxicidad (c)}$$

Sin pretender extendernos en el campo de la Toxicología veremos, a continuación, una serie de definiciones que nos harán comprender mejor este concepto:

- DOSIS es la concentración de la sustancia contaminante que recibe un individuo por diferentes vías de exposición

$$\text{Dosis} = \text{Concentración} \times \text{Exposición}$$

Viene determinada por dos factores:

- ✍ El grado de exposición del individuo medio contaminado por las diferentes vías.

- ✍ La concentración del contaminante en el medio, que en el caso que nos ocupa es el suelo.
- DOSIS aceptable para un contaminante será la concentración de la sustancia contaminante que produce un riesgo aceptable.
- LA TOXICIDAD valora la relación "dosis-respuesta" de una sustancia contaminante en un individuo, es decir, la respuesta del organismo del individuo frente a la exposición a una dosis determinada de una sustancia contaminante. Se determina a través de datos experimentales y de datos obtenidos por otros medios (estudios epidemiológicos, bibliografía, etc.).

Así pues:

- ✍ Si se conoce la toxicidad de una sustancia: (c) y
- ✍ se fija el nivel de riesgo aceptable : (a),
- ✍ es posible determinar, la dosis (b) para la cual se ha fijado ese nivel de riesgo aceptable.

A esta dosis, así calculada, la denominaremos dosis aceptable.

Una vez determinada esta dosis aceptable por un individuo para una sustancia contaminante determinada podremos conocer, mediante métodos teóricos y experimentales, cual es la concentración de esta sustancia en el suelo que hace que un individuo expuesto a ella reciba dicha dosis, o dicho en otros términos podremos conocer la concentración de esa sustancia en el suelo que hace que el riesgo no exceda un determinado valor límite.

¿CÓMO SE FIJA EL NIVEL DE RIESGO ACEPTABLE?

Para fijar el nivel de riesgo aceptable se disponen o establecen una serie de CRITERIOS que nos permiten, en función del riesgo aceptable para la salud humana y el medio ambiente y del uso del suelo, lo siguiente:

1. Valorar la existencia de contaminación o no.
2. Determinar los NIVELES MÁXIMOS DE RIESGO ACEPTABLE para cada contaminante.

De la determinación de estos niveles máximos de riesgo admisible surge el concepto de NIVEL GENÉRICO DE REFERENCIA (NGR), del que hablaremos posteriormente.

¿QUÉ SE ENTIENDE POR CRITERIOS?

Se entiende por criterios, en el contexto que nos ocupa, los procedimientos para:

1. La valoración de los indicios racionales que permiten presuponer o descartar la existencia de contaminación en el suelo.
2. En el caso de que existiesen evidencias analíticas de tal contaminación, la valoración de los niveles máximos de riesgo admisible o aceptable asociado a ésta.

Los criterios o procedimientos indicados en el punto 1, es decir, para valorar la existencia o no de contaminación en un suelo, ya se vieron en el Capítulo 2. "¿Qué es un suelo contaminado?", apartados "Criterios para la clasificación de un suelo como contaminado" y "Criterios para la clasificación de un suelo como potencialmente contaminado".

A los criterios o procedimientos del punto 2, establecidos para valorar los niveles máximos de riesgo admisible en los suelos, se les denomina NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR).

NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR)



14 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.

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 les 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 tres factores:

1. LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA:

✍ A estos NGR los denominaremos NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA EN FUNCIÓN DEL USO DEL SUELO, RIESGO PARA LA SALUD HUMANA.

✍ Vienen descritos en el anexo II.

2. LA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS:

✍ A estos NGR los denominaremos NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA PARA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS.

✍ Vienen descritos en el anexo III.

3. PARA METALES:

✍ A estos NGR los denominaremos NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA PARA METALES.

✍ Deben ser determinados



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

- 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:

- 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.

- A efectos de contaminación de la evaluación del suelo, los Niveles Genéricos de Referencia para metales serán únicos para cada Comunidad Autónoma) y, por lo tanto, aplicables a cualquier uso del suelo y atendiendo tanto a la protección de la salud humana como a la protección de los ecosistemas.

*Los valores calculados de los **NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA (NGR)** nos facilitan los criterios para la declaración de un suelo como no contaminado, potencialmente contaminado o contaminado.*



14

¿QUIÉN DETERMINA QUE NGR SON DE APLICACIÓN?

Los Organismos Competentes de las Comunidades Autónomas determinarán cuáles de los Niveles Genéricos de Referencia son, como mínimo, de aplicación en cada caso de estudio de la contaminación del suelo, teniendo en cuenta los usos histórico, actual o futuro del suelo en cuestión.

Podrán eximir de la realización de determinaciones analíticas para una o más de las sustancias contaminantes para las que hay establecidos Niveles Genéricos de Referencia.

Así mismo, las Comunidades Autónomas podrán, previa consulta al Ministerio de Medio Ambiente y por causa razonada, modificar localmente los Niveles Genéricos de Referencia.

¿QUIÉN ESTABLECE LOS NGR?

El Ministerio de Medio Ambiente en coordinación con las Comunidades Autónomas establece y adapta los Niveles Genéricos de Referencia.

Las Comunidades Autónomas podrán proponer (previo razonamiento y justificación científica) la definición de Niveles Genéricos de Referencia para otras sustancias distintas a las que ya los tienen establecidos, de acuerdo con unos criterios establecidos para tal fin.

VALORACIÓN DETALLADA DE RIESGOS AMBIENTALES



13

Los suelos potencialmente contaminados o contaminados requerirán una valoración detallada de los riesgos que puedan suponer para la salud humana o los ecosistemas.

Esta valoración de riesgos se determina en base a unos criterios y debe contener unos elementos mínimos que son los siguientes:

- Una DESCRIPCIÓN detallada de los focos de contaminación: identificando la sustancia o sustancias contaminantes y determinando su valor significativo de concentración.
- Una caracterización de las propiedades texturales y composicionales del suelo.
- Una descripción del medio físico orientada a identificar los mecanismos de transporte de los contaminantes desde los focos a los receptores potenciales, así como las vías de exposición relevantes de éstos frente a aquellos.
- La identificación de receptores potenciales de la contaminación y estimación de las características o hábitos que condicionan su exposición a la contaminación. En ausencia de otra información sobre estas características o hábitos, se podrá hacer uso de los parámetros utilizados para el desarrollo de los Niveles Genéricos de Referencia (no especificados en esta guía). Igualmente, se atenderá a la existencia en el terreno en cuestión, o en sus proximidades, de receptores ecológicos de relevancia.
- La identificación de vías de exposición previsibles y la cuantificación de la dosis recibida por cada una de las mismas. Inicialmente las VÍAS DE EXPOSICIÓN a considerar serán aquellas que se indican más abajo, si bien siempre será posible añadir o eliminar vías al mejor juicio experto de los técnicos encargados de la evaluación, previa consulta a los responsables de las Comunidades Autónomas. Para la cuantificación de la dosis se podrá hacer uso de las expresiones utilizadas para el desarrollo de los Niveles Genéricos de Referencia (no especificadas en esta guía) o, alternativamente, de otras

similares que sean juzgadas convenientes por los responsables de las Comunidades Autónomas.

- La elección justificada de un valor de toxicidad para cada uno de los contaminantes de relevancia identificados.
- La cuantificación del riesgo. En el caso de que coexistiesen en un mismo suelo contaminantes con un mismo mecanismo de acción, se considerará el riesgo conjunto ejercido por éstos.
- El análisis de las incertidumbres asociadas a la valoración de riesgos efectuada, incluyendo las conclusiones oportunas acerca de la validez y fiabilidad de los resultados de dicha valoración.

VÍAS DE EXPOSICIÓN

Orientativamente habrá de atenderse las siguientes vías de exposición relevantes en función del uso del suelo:

- SUELO de USO EXCLUSIVAMENTE INDUSTRIAL: inhalación de vapores del suelo, inhalación de partículas de suelo contaminado e ingestión de suelo contaminado.
- SUELO DE uso URBANO: inhalación de vapores del suelo, inhalación de partículas de suelo contaminado e ingestión de suelo contaminado, contacto dérmico con el suelo.
- SUELO SIN restricciones DE USO: inhalación de vapores del suelo, inhalación de partículas de suelo contaminado e ingestión de suelo contaminado, ingestión de alimento contaminado y contacto dérmico con el suelo.

No obstante, razonadamente y atendiendo a las circunstancias de cada caso, podrán eliminarse o añadirse cuantas vías de exposición sean o no de relevancia.

9

DESCONTAMINACIÓN DE LOS SUELOS

En este capítulo trataremos las actuaciones que conlleva la declaración de un suelo como contaminado. Se hace una exposición de las diferentes técnicas de recuperación con el objetivo no de ser expertos en la materia sino de comprender la problemática de los suelos contaminados, debida a las dificultades que existen cuando se pretende dar marcha atrás y proceder a la descontaminación de los mismos.



8 Conviene tener claro que la recuperación de un suelo contaminado no es un acto voluntario sino que se trata de un imperativo legal que recae en principio sobre los causantes de la contaminación. No obstante, si por algún motivo estos no pudiesen hacer frente a esta obligación deberán responder los poseedores de los suelos contaminados (ej. arrendatario) o los propietarios no poseedores (ej. el arrendador), en el orden indicado.

*La declaración de un suelo como contaminado **obligará** a realizar las actuaciones necesarias para proceder a su limpieza y recuperación, en la forma y plazos en que determinen las respectivas Comunidades Autónomas.*

Estarán obligados a realizar las operaciones de limpieza y recuperación reguladas en el párrafo anterior, previo requerimiento de las Comunidades Autónomas, los causantes de la contaminación, que cuando sean varios responderán de estas obligaciones de forma solidaria y, subsidiariamente, por este orden, los poseedores de los suelos contaminados y los propietarios no poseedores, todo ello sin perjuicio de lo establecido en el artículo 36.3.

En todo caso, si las operaciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados fueran a realizarse con financiación pública, 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.

Art. 27.2 LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL, DE RESIDUOS

En el capítulo 11 de esta guía se hace una exposición detallada de las obligaciones derivadas de la actual legislación.



15 Es muy difícil realizar una valoración económica de la cuantía asociada a los procesos de recuperación de suelos contaminados, ya que son muchos

los factores influyentes: contaminante, tipología del suelo, accesibilidad, volumen, técnica. Aunque lo cierto es que la restauración del suelo tienen altos costes, que incluso en muchos casos son imposibles de asumir por los particulares o por las diversas administraciones.

De cada una de las técnicas de recuperación se resaltarán las posibles aplicaciones, las ventajas y los inconvenientes que plantean así como algunos datos de interés. No obstante, conviene aclarar que la elección de una técnica u otra es una decisión que debe ser tomada cuando se dispone de un estudio completo del proceso contaminante en el terreno que permita valorar desde las características físico-químicas de los contaminantes hasta las características socioeconómicas de la zona afectada

Los trabajos a realizar en la fase de recuperación son muy específicos del problema a solucionar, pero en general deben cumplir con los siguientes objetivos:

- Eliminación de los focos de contaminación.
- Reducir la concentración de los contaminantes en los focos.
- Definición de los objetivos de las actuaciones correctivas.
- Evaluación de la viabilidad del sistema de recuperación propuesto.
- Diseño del sistema de recuperación. Prescripciones técnicas.
- Implantación, ejecución y supervisión.
- Comprobación de la efectividad del sistema de manera que se garantice que la contaminación remanente si la hubiere, se traduzca en niveles de riesgo aceptables para el uso actual y previsto del terreno.

Dentro de las técnicas de recuperación diferenciaremos entre dos tipos con objetivos claramente diferentes:

TIPO	OBJETIVO
TÉCNICAS DE CONTENCIÓN	Evitar la extensión de procesos contaminantes de una zona ya contaminada, a las zonas adyacentes. ✍ No permiten la reutilización del suelo
TÉCNICAS DE DESCONTAMINACIÓN	Eliminar o reducir la concentración de los contaminantes presentes en el terreno. ✍ Permiten la reutilización del suelo.

TÉCNICAS DE CONTENCIÓN

● AISLAMIENTO

Consiste en el confinamiento con materiales aislantes del suelo contaminado, evitando de este modo que los contaminantes puedan migrar fuera de ese espacio generado.

Se utilizan productos que tengan una impermeabilidad elevada, con el fin de crear unos diques de contención que eviten el transporte y difusión de los contaminantes líquidos y gaseosos.

Los productos utilizados son: arcillas, láminas de plástico (PVC o HDPE), lechadas de hormigón o asfálticas, hormigones, resinas, etc.

APLICACIONES	✍ Son un complemento de las técnicas de descontaminación que comentaremos mas adelante
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es una solución simple ✍ Es una medida poco costosa en comparación con otras ✍ Aplica técnicas de uso convencional en la ingeniería civil
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Poca estabilidad de las barreras por estar expuestas a los contaminantes que se intentan retener ✍ Problemas de permeabilidad y tiempo de vida de la barrera
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ El agua confinada dentro de la barrera debe ser bombeada y depurada ✍ Técnica muy aplicada

● **INYECCIÓN**

Este método se basa en la inmovilización de las sustancias contaminantes en el terreno.

Se inyecta en el suelo sustancias que son capaces de formar un cuerpo con el suelo, tales como cemento, lechadas bituminosas, polímeros plásticos, de forma que al fraguar o endurecer tales compuestos, los contaminantes queden inmovilizados en la matriz del nuevo material formado.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Su aplicación más efectiva es en suelos contaminados con compuestos inorgánicos (sales, metales pesados, etc.) y en algunos casos de sustancias semivolátiles y pesticidas
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es una solución simple ✍ Es una medida poco costosa en comparación con otras ✍ Aplica técnicas de uso convencional en la ingeniería civil
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Suelos contaminados a grandes profundidades no son accesibles a este método. ✍ Futuros usos del suelo pueden debilitar la estabilización y provocar la liberación de los tóxicos. ✍ No es efectivo para el tratamiento de sustancias volátiles.
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Los costes son muy variables, pero son aproximadamente por término medio 60 €/m³ y 180 €/m³, respectivamente

● **VITRIFICACIÓN**

Consiste en un proceso de fusión del suelo provocado por una corriente eléctrica creada entre dos o más electrodos.

Los contaminantes inorgánicos y la materia mineral del suelo se combinan formando una masa vítrea, mientras que la materia orgánica y algunos productos inorgánicos son eliminados hacia la superficie donde son capturados en una cubierta conectada a un sistema de tratamiento de gases.

Se alcanzan temperaturas de 1.600 a 2.000°C y dado que los poros del suelo desaparecen y la materia orgánica es eliminada en forma de

gases, al final del proceso se produce una reducción del volumen original del suelo por lo que es necesario proceder al relleno del hueco resultante.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Terrenos donde se hayan almacenado contenedores con residuos ✍ Suelos contaminados por dioxinas o PCBs ✍ Inmovilización de metales pesados.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ La lixiviación de metales pesados es muy reducida. ✍ Gran estabilidad.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Existen limitaciones por la presencia de huecos de gran volumen: balsas de lodos, vertederos etc. ✍ Existen limitaciones si no hay suficiente cantidad de materiales vitrificantes o por exceso de más de un 20 % de contenido en escombros, ladrillos y materiales similares. ✍ Alto coste económico
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ No es un proceso ampliamente extendido. ✍ En general, se prefiere recurrir al aislamiento que a corto plazo ofrece solución a menor coste.

TÉCNICAS DE DESCONTAMINACIÓN:

Puede establecerse una primera división de las técnicas de recuperación en dos grandes categorías en función de dónde se lleva a cabo el proceso de descontaminación.

● TÉCNICAS "IN SITU"

El suelo contaminado es tratado en su emplazamiento original, no se realiza excavación aunque a veces se remueve o mezcla en su localización original.

El coste de estas técnicas se estiman de un orden entre 3 y 400 €/ Tn de suelo

Requieren tiempos de tratamientos muy largos, y los porcentajes de degradación de los contaminantes son pequeños.

Son difícilmente aplicables en suelos de baja permeabilidad.

A continuación indicaremos brevemente las diferentes técnicas "in situ" agrupándolas según el proceso físico-químico empleado.

Técnicas de extracción

Están basadas en la incorporación de los contaminantes a una fase acuosa, que posteriormente deberá ser depurada. Para ello se inyecta en el suelo contaminado una solución química, que suele ser agua o agua con aditivos (ácidos, bases o agentes tensoactivos).

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Suelos contaminados por sustancias inorgánicas y sustancias solubles en agua como algunos compuestos orgánicos semivolátiles y pesticidas
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Permite el tratamiento de diferentes tipos de contaminantes
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ El terreno debe estar aislado para garantizar la captación de toda la disolución inyectada y la no migración de la contaminación por los acuíferos existentes ✍ Si el suelo es poco permeable no circulara la disolución
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Una extracción con agua acidulada se ha aplicado para la reducción de cadmio, lográndose una reducción de (5-20) ppm a 1 ppm.

Técnicas de stripping

La técnica se basa en el arrastre de las sustancias volátiles del suelo mediante la aplicación de vacío, provocando un flujo controlado de aire.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Contaminación de suelos por sustancias volátiles: COV's
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Sencillez de las instalaciones ✍ Potencia la biodegradación de los contaminantes orgánicos presentes
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ No es aplicable a contaminación de suelos por metales, aceites pesados, PCB's ni dioxinas. ✍ La concentración residual del contaminante no baja del 10%
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Usualmente se realiza a profundidades próximas a 2 metros, pero se ha llegado a efectuar satisfactoriamente a profundidades cercanas a los 90 metros.

Técnicas biológicas

Las técnicas biológicas hacen uso de la capacidad natural de la microflora del suelo para degradar los contaminantes que se encuentran en el suelo. La recuperación puede llevarse a cabo con o sin adición de microorganismos. Cuando la contaminación se termina, los microorganismos mueren y finaliza el proceso.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es adecuada para tratar suelos contaminados por contaminantes orgánicos fáciles de degradar
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Barata y efectiva ✍ No se producen residuos ni se altera la estructura del suelo.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ La duración del tratamiento va desde meses hasta años. ✍ Suelos muy heterogéneos y fracturados no son aconsejables para utilizar este método ✍ Adecuada únicamente para contaminantes orgánicos.
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ La eficacia de la técnica aplicada a un suelo con una contaminación por hidrocarburos alifáticos con una concentración inicial de 50g/Kg fue de un 95%.

● TÉCNICAS "EX SITU"

El suelo contaminado es excavado, transportado y tratado en una determinada instalación. Si la instalación esta situada próxima a la zona de emplazamiento del suelo contaminado se denomina técnicas "on site", si por el contrario esta fuera del emplazamiento se denominan técnicas "off site".

El coste de estas técnicas se estiman de un orden de 650 €/ Tn de suelo.

Son las más desarrolladas y las que más se han aplicado. A continuación se indican algunas de las más extendidas:

Lavado de suelos

El lavado del suelo consiste en la extracción de las sustancias contaminantes con agua o con una disolución acuosa de distintos disolventes orgánicos, tensoactivos, quelantes, ácidos o bases.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Suelos contaminados con una amplia gama de contaminantes: metales pesados, plaguicidas, combustibles, cianuros, disolventes, PCB's ,etc.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Aplicable a un amplio número de contaminantes
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es necesario depurar el agua de lavado.
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ No es recomendable para suelos arcillosos, con una granulometría muy fina.

Incineración

Es un sistema de tratamiento térmico donde se destruye el contaminante en cámaras de combustión a altas temperaturas de 800 a 1200°C.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Adecuada para suelos fuertemente contaminados, tanto por sustancias orgánicas como inorgánicas.
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Tratamiento rápido
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Los metales pesados no son eliminados, quedando acumulados en el residuo sólido ✍ Gran alteración del suelo ✍ Alto coste
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Permite la destrucción de un 99% de hidrocarburos poliaromáticos, PCB's o clorofenoles.

Aireación

Consiste en excavar el suelo y depositarlo en forma de láminas sobre una superficie impermeable para favorecer la volatilización de los compuestos orgánicos del suelo.

APLICACIONES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es adecuada para tratar suelos contaminados por contaminantes orgánicos
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Coste inferior a la incineración y lavado.
INCONVENIENTES	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Incorporación a la atmósfera de los contaminantes
ALGUNOS DATOS	<ul style="list-style-type: none"> ✍ Es conveniente realizarlo en recintos cerrados, dónde los vapores pueden ser recogidos y depurados.

¿CUANDO UN SUELO DEJA DE ESTAR CONTAMINADO?

Un suelo contaminado deja de estarlo cuando se han realizado de forma efectiva las correspondientes actuaciones de recuperación y exista y sea firme la resolución administrativa que así lo declare.

10

CAMBIOS DE USO DEL SUELO

Atendiendo a los posibles usos de los suelos estos se pueden clasificar en tres tipos, como ya se ha mencionado en el capítulo 8.

- Suelo de uso industrial
- Suelo de uso urbano
- Suelo sin restricciones de uso

¿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.

La declaración de un suelo como contaminado podrá ser 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.

El Gobierno aprobará y publicará una lista de actividades potencialmente contaminantes de suelos. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna de estas actividades estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública. Este hecho será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad.

Art. 27.3 y 4 LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL, DE RESIDUOS

¿CÓMO AFECTA AL PROPIETARIO DEL TERRENO CO SUELO CONTAMINADO LA VENTA DEL MISMO?

Aunque se efectúe la venta del terreno, el propietario mantiene todas las responsabilidades legales referentes a la contaminación causada.

La transmisión del título del que trae su causa la posesión, o el mero abandono de la posesión, no eximen de las obligaciones previstas en este Título.

Art. 27.5 LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL, DE RESIDUOS

¿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.

Es necesario que antes de proceder a la compra de un terreno se investigue la posible contaminación del suelo, para ello, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Realizar una investigación preliminar atendiendo al emplazamiento.
- Proceder a una investigación detallada si se tiene indicios de contaminación.
- Investigar el alcance de la contaminación.
- Analizar el método y coste de la descontaminación.

11

LEGISLACIÓN APLICABLE

El problema de los suelos contaminados no ha sido regulado ni protegido con instrumentos normativos, ni a nivel europeo ni a nivel estatal.



6

Actualmente, en España, solo se dispone de dos normas legales que abordan la protección de los suelos contaminados:

- Ley 10/1998, DE 21 de abril, de Residuos (BOE nº 96, de 22-04-1998).
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (BOE Nº 157, de 02.07.02)

LEY 10/1998:

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 DEL ESTADO:

1. Determina criterios y estándares que permitan evaluar los riesgos que implican los suelos contaminados para la salud humana y el medio ambiente. Para ello considerará:
 - ✍ La naturaleza de los suelos y sus usos
 - ✍ Las consideraciones que hagan al respecto las Comunidades Autónomas
2. Aprobar y publicar una lista de actividades susceptibles de causar contaminación en el suelo.
3. Establecer las obligaciones de los titulares que en las que tienen o han tenido lugar este tipo de actividades

OBLIGACIONES DE LAS C.C.A.A.:

1. Declarar, delimitar y hacer un inventario de los suelos contaminados de cada comunidad autónoma.
2. 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.

3. Establecer la forma en que se ha de proceder para recuperar los suelos contaminados
4. Declarar 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.
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:

1. 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.



8 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.

2. Si las actuaciones para proceder a la limpieza y recuperación de los suelos declarados como contaminados se llevan a cabo mediante acuerdos voluntarios y autorizados por las Comunidades Autónomas o mediante convenios de colaboración entre los responsables de la contaminación y las Administraciones Públicas competentes se podrán concretar incentivos económicos que puedan servir de ayuda para financiar los costes de limpieza y recuperación de suelos contaminados.

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.

3. En los casos en que no se efectúen las operaciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados, los órganos competentes podrán establecer la imposición de multas coercitivas (reparación del daño), y estas operaciones podrán ser ejecutadas por la Administración, pero estos trabajos correrán a cargo del infractor.
4. Aunque se haya efectuado la transmisión del título de propiedad del terreno, por venta, cesión, donación o abandono las obligaciones serán iguales.
5. La declaración de un suelo como contaminado podrá ser objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad a iniciativa de la respectiva Comunidad Autónoma.
6. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna de estas actividades de contaminación estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública. Este hecho será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad.

Esto no se aplicará al acreedor que en ejecución forzosa de su crédito devenga 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)

7. Esta nota marginal se cancelará cuando la Comunidad Autónoma correspondiente declare que el suelo ha dejado de tener tal consideración.

OBLIGACIONES DE LOS PROPIETARIOS DE FINCAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS:

1. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna de estas actividades potencialmente contaminadoras estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública. Este hecho será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad.
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. La periodicidad vendrá marcada por la Comunidad Autónoma

Ley 16/2002, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación

Tiene como objetivo la prevención de la contaminación del aire, agua y suelo y en el uso de la mejor tecnología disponible en el ejercicio de las actividades.

Requiere la acreditación de la calidad del suelo en la obtención de la autorización ambiental para las actividades consideradas como potencialmente contaminantes. Además, al cesar la explotación, se deberán tomar medidas para evitar el riesgo de contaminación y para que el lugar ocupado por la explotación recupere un estado satisfactorio.

OTROS DOCUMENTOS Y EVENTOS

1972	Carta Europea del Suelo (Comité de Ministros del Consejo de Europa)	“El suelo es uno de los más preciados activos de la humanidad, ya que posibilita la vida del hombre, la flora y la fauna sobre la tierra y es recurso limitado que puede ser fácilmente destruido”
1972	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (Estocolmo)	“El suelo, junto al aire, agua y seres vivos, son recursos a preservar en beneficio de las generaciones presentes y futuras”.
1982	Carta Mundial de la Naturaleza (Naciones Unidas)	“Se debe proteger al suelo de una explotación abusiva y su destrucción, controlando las actividades que puedan tener consecuencias nocivas para la naturaleza.”
1988	Conferencia Europea de Ministros de Ordenación del Territorio	“El suelo fundamento y limite de nuestro desarrollo”
1993	IV Conferencia Internacional Sobre Suelos Contaminadas	Se incide en la necesidad de promocionar un uso sostenible del suelo
1991/ 1994	Inventario de Espacios Contaminados (Ministerio de Obras Públicas y Medio Ambiente)	“4.532 emplazamientos como potencialmente contaminados”
1995/2005	Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados	Objetivos: la prevención de la contaminación del suelo y el saneamiento y recuperación de los suelos contaminados

INSTRUMENTOS DE FINANCIACIÓN

- El Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados (1995-2005). Aprobado por Consejo de Ministros el 17 de febrero de 1995, está dotado para intervenir en la resolución de los problemas derivados de los suelos contaminados. Al amparo de este último, se contempla la identificación, caracterización, actuaciones de rehabilitación, control y vigilancia de los emplazamientos, hasta su saneamiento.
 - ✍ Es a principios de 1996 cuando el MOPTMA elabora y publica el "Convenio marco de colaboración entre las administraciones central y autonómica, sobre las actuaciones de descontaminación de suelos del Plan Nacional de Recuperación de Suelos Contaminados".
 - ✍ Esta financiación, que se regula en los Convenios bilaterales establecidos entre el Ministerio de Medio Ambiente y cada una de las Consejerías de las Comunidades Autónomas que tienen a su cargo la gestión del Medio Ambiente, se materializa en transferencias de crédito nominales a cada una de la CC AA por un importe que es en función del riesgo de sus emplazamientos y urgencia en recuperarlos, y de la prioridad que han establecido en su presupuesto para actuar en este campo.
 - ✍ La aportación en la recuperación de suelos contaminados es del 50 % del presupuesto de cada actuación por parte de cada una de las dos Administraciones.
- El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER 2000-2006). Dentro del eje nº 2. Medio Ambiente, entorno natural y recursos hídricos, se contemplan ayudas para la recuperación de suelos y espacios degradados (cuando no sea posible la aplicación del principio de "quien contamina paga").

12 CASOS REALES



16

CANAL LOVE

El canal Love es una de las tragedias ambientales más espantosas de la historia americana.

Fue construido por Guillermo T. Love en los años 1800 en el estado de Nueva York (EEUU), junto a las cataratas del Niágara, en una tentativa de conectar el río superior y más bajo del Niágara.

En 1920 el canal Love, se convirtió en un vertedero municipal e industrial.

Hasta 1953 se usó como vertedero llagándose a depositar 21 000 toneladas de productos químicos muy tóxicos: disolventes orgánicos, ácidos, metales, pesticidas y subproductos, muchos de ellos carcinógenos o teratogénicos (creando defectos del nacimiento).

En 1953, la Hooker Chemical Company, entonces los dueños, cubrieron el canal con tierra y lo vendieron a la ciudad por un dólar. Se cubrió con arcilla para actuar como un sello, una barrera. La compañía química advirtió de los peligros, pero se pensó que recubriendo, como hicieron, todo el vertedero con capas de arcilla y tierra quedaría suficientemente sellado.

La ciudad de Niágara Falls construyó cerca de 100 hogares y una escuela en este emplazamiento.

Empezaron a surgir problemas al final de los años cincuenta cuando los obreros que construían la escuela removieron la arcilla, como se comprobó más tarde. Niños que jugaban en el patio sufrían quemaduras, algunos enfermaron y murieron. Vapores tóxicos emanaban de vez en cuando dañando a las plantas. Con las lluvias salía barro cargado de una mezcla oscura y tóxica. Los problemas continuaron durante años. En 1978 se hicieron análisis de las aguas de la zona que mostraron la presencia de 82 productos químicos contaminantes. El Departamento de Sanidad comprobó que una de cada tres mujeres había tenido abortos espontáneos, un porcentaje muy superior al normal, y que de 24 niños, cinco tenían malformaciones. Se

estudiaron otras enfermedades en niños y se vio que su incidencia era claramente más alta que en la población general. La zona fue declarada un área catastrófica. La escuela fue cerrada y cientos de familias de la zona evacuadas. Todo el proceso supuso casi 200 millones de dólares además de los graves daños a la salud de las personas.

"Sabíamos que pusieron productos químicos en el canal y que los cubrieron", dijo una mujer, vecina del área del canal, " pero nosotros no teníamos ni idea de que los productos químicos invadirían nuestros hogares".

"Estamos enfermos pero lo que mas nos preocupa son nuestros nietos y sus hijos". De los nietos de esta mujer, cuatro tienen defectos de nacimiento. Los niños nacieron y fueron criados en la comunidad del canal del amor.

(FUENTE: Diario EPA)

AEROPUERTO DE BILBAO

En el término municipal de Loiu, en terrenos pertenecientes a AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea) existían unos vertederos incontrolados de residuos industriales con sustancias tóxicas como: polvos cottrell, polvos y escorias de fundición de acero inoxidable, escorias de la segunda fusión de aluminio y residuos de la fabricación del pesticida lindano, entre otros. Estos residuos afectaban al entorno alterando o poniendo en grave riesgo la salud humana y el medio ambiente.

Además estos residuos incidían directamente en el proyecto de ampliación del Aeropuerto de Bilbao, trabajos que no podían comenzar hasta que no se realizara la extracción y el saneamiento de los suelos contaminados.

IHOBE encargó en 1992 un estudio detallado sobre estos vertidos con el fin de conocer su influencia tanto en la salud humana como en el medio ambiente, al mismo tiempo que se proponían soluciones al problema planteado. En el citado estudio se concluye que existían un total de 110.000 metros cúbicos de residuos y tierras contaminadas por HCH.

De las alternativas planteadas para el saneamiento del emplazamiento, se optó por la construcción de una Celda de Seguridad.

En 1998 IHOBE finalizó este proyecto.

ALGUNOS DATOS:

- ✍ 78 días hábiles fueron utilizados para el traslado.*
- ✍ 10.336 viajes de camiones*
- ✍ 113.118 m³ de tierras contaminadas*
- ✍ Mas de 6.200 m³ de lixiviados depurados*

FUENTE (IHOBE)

AZNALCOLLAR

En Abril de 1998 se produjo la rotura, de la balsa de estériles de la mina de explotación de pirita propiedad de la empresa sueco-canadiense Boliden-Apirsa. La brecha abierta en la balsa de residuos mineros, una de las de mayor tamaño y capacidad de la minería andaluza (127 ha; 24 m de altura), provocó el vertido al río Agrio, afluente del Guadiamar, de 6 hm³, de los que 2hm³ corresponden a lodos piríticos y el resto a aguas ácidas con una elevada concentración de metales pesados en disolución.

El vertido produjo una riada excepcional para las características hidrológicas del río Guadiamar, que afectó a 62 km de su cauce y llanura de inundación desde la balsa hasta el final del tramo encauzado por el que discurre en la zona de marisma, denominado Entremuros, hasta el límite con el Parque Nacional de Doñana.

A nivel socioeconómico resultaron afectados todos los aprovechamientos primarios de la zona especialmente la agricultura decretándose la eliminación de las cosechas y la prohibición de la ganadería, la caza y la pesca. Afortunadamente no se produjeron daños personales ni se vieron afectadas las captaciones de abastecimiento de agua a los núcleos urbanos.

La Junta de Andalucía reclama a la multinacional sueco-canadiense los 90 millones de euros que desembolsó la administración para paliar los daños ocasionados por el vertido tóxico ocurrido el 25 de abril de 1998.

FUENTE (JUNTA DE ANDALUCÍA)

INQUINOSA

En la Comunidad Autónoma de Aragón, la empresa Inquinosa produjo lindano desde el año 1975 hasta el año 1989. Estimándose que generó unas 100.000 Tn. de residuos de HCH, la inmensa mayoría de los cuales han sido depositados en dos vertederos próximos al centro de producción, vertedero de Sardas y vertedero de Bailín.

La Diputación General de Aragón ha realizado la impermeabilización in situ de ambos al objeto de limitar la dispersión de los contaminantes.

El coste de sellado de los vertederos de Sardas y Bailín ha ascendido a 345 y 349 millones de pesetas, respectivamente.

En el procedimiento de demanda civil contra INQUINOSA la DGA le reclama 1.356 millones de pesetas en concepto de indemnización por gastos de rehabilitación y daños al medio ambiente.

Emplazamientos recuperados en Aragón:

- ✍ Sabiñánigo. Vertedero de Sardas*
- ✍ Sabiñánigo. Vertedero de Bailín*
- ✍ Monzón. Los Paules Norte y Sur.*
- ✍ Monzón. Los Paules Centro.*

ANEXO I: LEGISLACIÓN

LEY 10/1998, DE 21 DE ABRIL, DE RESIDUOS (BOE nº 96, de 22-04-1998). TÍTULO V: SUELOS CONTAMINADOS

Artículo 27. Declaración de suelos contaminados

1. Las Comunidades Autónomas declararán, delimitarán y harán un inventario de los suelos contaminados debido a la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, evaluando los riesgos para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que, en función de la naturaleza de los suelos y de los usos, se determinen por el Gobierno previa consulta a las Comunidades Autónomas.

A partir del inventario, las Comunidades Autónomas elaborarán una lista de prioridades de actuación, en atención al riesgo que suponga la contaminación del suelo para la salud humana y el medio ambiente.

Igualmente, las Comunidades Autónomas declararán que un suelo ha dejado de estar contaminado tras la comprobación de que se han realizado de forma adecuada las operaciones de limpieza y recuperación del mismo.

2. La declaración de un suelo como contaminado obligará a realizar las actuaciones necesarias para proceder a su limpieza y recuperación, en la forma y plazos en que determinen las respectivas Comunidades Autónomas.

Estarán obligados a realizar las operaciones de limpieza y recuperación reguladas en el párrafo anterior, previo requerimiento de las Comunidades Autónomas, los causantes de la contaminación, que cuando sean varios responderán de estas obligaciones de forma solidaria y, subsidiariamente, por este orden, los poseedores de los suelos contaminados y los propietarios no poseedores, todo ello sin perjuicio de lo establecido en el artículo 36.3.

En todo caso, si las operaciones de limpieza y recuperación de suelos contaminados fueran a realizarse con financiación pública, 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.

3. La declaración de un suelo como contaminado podrá ser 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.

4. El Gobierno aprobará y publicará una lista de actividades potencialmente contaminantes de suelos. Los propietarios de las fincas en las que se haya realizado alguna de estas actividades estarán obligados, con motivo de su transmisión, a declararlo en escritura pública. Este hecho será objeto de nota marginal en el Registro de la Propiedad.

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, de acuerdo con el apartado 1.

Las Comunidades Autónomas establecerán los criterios que permitan definir la periodicidad para la elaboración de los informes de situación del suelo.

5. La transmisión del título del que trae su causa la posesión, o el mero abandono de la posesión, no eximen de las obligaciones previstas en este Título.

6. Lo establecido en este Título no será de aplicación al acreedor que en ejecución forzosa de su crédito devenga 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.

Artículo 28. Reparación en vía convencional de los daños al medio ambiente por suelos contaminados

Las actuaciones para proceder a la limpieza y recuperación de los suelos declarados como contaminados podrán llevarse a cabo mediante acuerdos voluntarios suscritos entre los obligados a realizar dichas operaciones y autorizados por las Comunidades Autónomas o mediante convenios de colaboración entre aquéllos y las Administraciones Públicas competentes. En todo caso, los costes de limpieza y recuperación de los suelos contaminados correrán a cargo del obligado, en cada caso, a realizar dichas operaciones.

Los convenios de colaboración podrán concretar incentivos económicos que puedan servir de ayuda para financiar los costes de limpieza y recuperación de suelos contaminados.

**ANEXO II: LISTADO DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA EN FUNCIÓN DEL USO DEL SUELO.
RIESGO PARA LA SALUD HUMANA**

SUSTANCIA		PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA		
NOMBRE	CASRN	Uso industrial	Uso urbano	Sin restricciones de uso
		(mg/Kg suelo)		
1,1-Dicloroetano	75-34-3		0,06	4,18
1,1,2,2-Tetracloroetileno	79-34-5		0,02	0,04
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5		0,16	0,30
1,2-Dicloroetano	107-06-2		0,16	0,24
1,2-Diclorobenceno	95-50-1		0,11	3,15
1,2-Dicloropropano	78-87-5	4,24	0,07	0,43
1,3-Dicloropropeno	42-75-6		0,01	0,58
2-Clorofenol	95-57-8	0,04	0,01	0,12
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	0,05	0,09	3,3
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	0,4	0,012	0,03
2,4-Diclorofenol	120-83-2	0,2	0,06	0,02
1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	0,05	0,79	0,94
1,4-Diclorobenceno	106-46-7	0,10	0,16	0,53
1,4-dioxano	123-91-1	1,45	13,9	
Acenafteno	83-32-9		0,02	4,85
Acetona	67-64-1		0,54	6,71
Aldrin	309-00-2	0,01	0,01	0,01
Antraceno	120-12-7		0,01	22,0
Benceno	71-43-2	1	0,20	0,11
Benzo(a) antraceno	56-55-3	3,8	0,01	
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,15	0,01	
Clordano	57-74-9	0,04	0,01	0,01
Clorobenceno	108-90-7	1	0,03	7,66
Cloroformo	67-66-3		0,01	0,01
Dieldrin	60-57-1	0,13	0,01	0,01
Endrin	72-20-8		0,01	0,01
Etilbenceno	100-41-4		0,08	4,6
Fenol	108-95-2	0,27	0,03	23,7
Fluoranteno	206-44-0	1	0,03	1,96
Fluoreno	86-73-7	0,22	0,02	2,84
Hexaclorociclohexano-alfa	319-84-6		0,25	0,05
Hexaclorociclohexano-beta	319-85-7		0,38	0,01
Hexacloro benceno	118-74-1	5,7	0,01	0,01
Hexacloro butadieno	87-68-3		0,01	
Hexacloroetano	67-72-1		0,03	0,03

SUSTANCIA		PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA		
NOMBRE	CASRN	Uso industrial	Uso urbano	Sin restricciones de uso
		(mg/Kg suelo)		
Hexaclorociclohexano-gamma	58-89-9	0,01	0,01	0,23
Naftaleno	91-20-3	0,1	0,05	0,06
Nonilfenol	25154-52-3	0,34	0,031	0,78
pentaclorofenol	87-86-5	0,02	0,01	0,01
tolueno	108-88-3	0,3	0,24	13,5
Xileno	1330-20-7		0,07	
p-cloroanilina	106-47-8	0,14	0,01	0,09
Pireno	129-00-0		0,01	1,20
p,p'-DDE	72-55-9	0,14	0,01	0,01
p,p'-DDT	50-29-3		0,01	0,01
Estireno	100-42-5	0,68	0,25	100
Tricloroetileno	79-01-6		0,21	0,45
Endosulfan	115-29-7	0,01	0,01	0,04
Fluoruros	7664-39-3	11	0,29	0,37
Pentabromodifenileter	32534-81-9	0,32	5,18	0,01
Octabromo difenil éter	32536-52-0		0,51	0,24
Decabromofenil éter	1163-19-5		2,66	59,7
Tetracloroetileno	127-18-4	0,01	0,06	0,15
Tetracloruro de carbono	56-23-5		0,12	
1,1-Dicloroetano	75-34-3		0,06	4,18
1,1,2,2-Tetracloroetileno	79-34-5		0,02	0,04
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5		0,16	0,30
1,2-Dicloroetano	107-06-2		0,16	0,24
1,2-Diclorobenceno	95-50-1		0,11	3,15
1,2-Dicloropropano	78-87-5	4,24	0,07	0,43
1,3-Dicloropropeno	42-75-6		0,01	0,58
2-Clorofenol	95-57-8	0,04	0,01	0,12
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	0,05	0,09	3,3
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	0,4	0,012	0,03
2,4-Diclorofenol	120-83-2	0,2	0,06	0,02
1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	0,05	0,79	0,94

ANEXO III: LISTADO DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS Y NIVELES GENÉRICOS DE REFERENCIA PARA PROTECCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS

SUSTANCIA		SUELO SIN RESTRICCIONES DE USO		
NOMBRE	CASRN	Organismos del suelo	Organismos acuáticos	Vertebrados terrestres
		(mg/Kg suelo)		
1,1-Dicloroetano	75-34-3		0,06	4,18
1,1,2,2-Tetracloroetileno	79-34-5		0,02	0,04
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5		0,16	0,30
1,2-Dicloroetano	107-06-2		0,16	0,24
1,2-Diclorobenceno	95-50-1		0,11	3,15
1,2-Dicloropropano	78-87-5	4,24	0,07	0,43
1,3-Dicloropropeno	42-75-6		0,01	0,58
2-Clorofenol	95-57-8	0,04	0,01	0,12
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	0,05	0,09	3,3
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	0,4	0,012	0,03
2,4-Diclorofenol	120-83-2	0,2	0,06	0,02
1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	0,05	0,79	0,94
1,4-Diclorobenceno	106-46-7	0,10	0,16	0,53
1,4-Dioxano	123-91-1	1,45	13,9	
Acenafteno	83-32-9		0,02	4,85
Acetona	67-64-1		0,54	6,71
Aldrin	309-00-2	0,01	0,01	0,01
Antraceno	120-12-7		0,01	22,0
Benceno	71-43-2	1	0,20	0,11
Benzo(a) antraceno	56-55-3	3,8	0,01	
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,15	0,01	
Clordano	57-74-9	0,04	0,01	0,01
Clorobenceno	108-90-7	1	0,03	7,66
Cloroformo	67-66-3		0,01	0,01
Dieldrín	60-57-1	0,13	0,01	0,01
Endrín	72-20-8		0,01	0,01
Etilbenceno	100-41-4		0,08	4,6
Fenol	108-95-2	0,27	0,03	23,7
Fluoranteno	206-44-0	1	0,03	1,96
Fluoreno	86-73-7	0,22	0,02	2,84
Hexaclorociclohexano-alfa	319-84-6		0,25	0,05
Hexaclorociclohexano-beta	319-85-7		0,38	0,01

SUSTANCIA		SUELO SIN RESTRICCIONES DE USO		
NOMBRE	CASRN	Organismos del suelo	Organismos acuáticos	Vertebrados terrestres
		(mg/Kg suelo)		
Hexaclorobenceno	118-74-1	5,7	0,01	0,01
Hexaclorobutadieno	87-68-3		0,01	
Hexacloroetano	67-72-1		0,03	0,03
Hexaclorociclohexano-gamma	58-89-9	0,01	0,01	0,23
Naftaleno	91-20-3	0,1	0,05	0,06
Nonilfenol	25154-52-3	0,34	0,031	0,78
Pentaclorofenol	87-86-5	0,02	0,01	0,01
tolueno	108-88-3	0,3	0,24	13,5
Xileno	1330-20-7		0,07	
p-Cloroanilina	106-47-8	0,14	0,01	0,09
Pireno	129-00-0		0,01	1,20
p,p'-DDE	72-55-9	0,14	0,01	0,01
p,p'-DDT	50-29-3		0,01	0,01
Estireno	100-42-5	0,68	0,25	100
Tricloroetileno	79-01-6		0,21	0,45
Endosulfan	115-29-7	0,01	0,01	0,04
Fluoruros	7664-39-3	11	0,29	0,37
Pentabromodifenileter	32534-81-9	0,32	5,18	0,01
Octabromo difenil éter	32536-52-0		0,51	0,24
Decabromofenil éter	1163-19-5		2,66	59,7
Tetracloroetileno	127-18-4	0,01	0,06	0,15
Tetracloruro de carbono	56-23-5		0,12	
1,1-Dicloroetano	75-34-3		0,06	4,18
1,1,2,2-Tetracloroetileno	79-34-5		0,02	0,04
1,1,2-Tricloroetano	79-00-5		0,16	0,30
1,2-Dicloroetano	107-06-2		0,16	0,24
1,2-Diclorobenceno	95-50-1		0,11	3,15
1,2-Dicloropropano	78-87-5	4,24	0,07	0,43
1,3-Dicloropropeno	42-75-6		0,01	0,58
2-Clorofenol	95-57-8	0,04	0,01	0,12
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	0,05	0,09	3,3
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	0,4	0,012	0,03
2,4-Diclorofenol	120-83-2	0,2	0,06	0,02
1,2,4-Triclorobenceno	120-82-1	0,05	0,79	0,94

DIRECCIONES DE INTERÉS

- ? Ministerio de Medio Ambiente
<http://www.mma.es/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Aragón.
<http://www.aragob.es/ambiente/index.htm/>
- ? Fundación Entorno
<http://www.fundacionentorno.org/>
- ? Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco (IHOB E)
<http://www.ihobe.es/>
- ? Empresa para la Gestión de Residuos Industriales (EMGRISA)
<http://www.emgrisa.es/>
- ? Agencia Europea del Medio Ambiente
<http://www.eea.eu.int/>
- ? La Unión Europea en Línea
<http://www.europa.eu.int/>
- ? Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa (CEPYME ARAGÓN)
<http://www.conectapyme.com/>
<http://www.cepymearagon.es/>
- ? Boletín Oficial del Estado
<http://www.boe.es/>
- ? Centro de Información y Documentación Científica (CSIC)
<http://www.cindoc.csic.es/>
- ? Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)
<http://www.cedex.es/>
- ? Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
<http://www.ciemat.es/>
- ? Consejo Superior de Investigaciones Científicas
<http://www.csic.es/>
- ? Fundación Ecología y Desarrollo
<http://www.ecodes.org/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
<http://www.cma.junta-andalucia.es/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Principado de Asturias
<http://www.princast.es/mediambi/siapa/default.htm/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de Canarias

- <http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Junta de Castilla y León
<http://www.jcyl.es/jcyl/cmaot/sg/svea/informacion/indice.htm/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Cantabria
<http://www.medioambientecantabria.org/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Junta de Extremadura
<http://www.juntaex.es/consejerias/mut/>
- ? Conselleria de Medio Ambiente. Xunta de Galicia
<http://www.xunta.es/conselle/cma/index.htm/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Gobierno de La Rioja
<http://www.larioja.org/ma/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid
<http://medioambiente.comadrid.es/>
- ? Consejería de Medio Ambiente. Comunidad Foral de Navarra
<http://www.cfnavarra.es/MedioAmbiente/index.html/>
- ? Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana
<http://www.cma.gva.es/>
- ? Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya
<http://www.gencat.es/mediamb/>
- ? Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<http://www.unep.org/>
- ? Legislación Ambiental Europea
<http://struiken.ic.uva.nl:88/>
- ? International Institute for Environment and Development
<http://www.iiied.org/>
- ? Catálogo de Fuentes de Datos (CDS) del European Topic Center ETC/CDS
<http://www.mu.niedersachsen.de/cds/>
- ? European Environmental Bureau
<http://www.eeb.org/>
- ? Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE)
<http://www.ceoe.es/>
- ? ECOPLUS
<http://www.ecoplus.org/>