



Descontaminación del suelo

Master en Ingeniería del Medio Ambiente Módulo Suelos

Carlos Dorronsoro Fernández
Dpto Edafología y Química Agrícola
Facultad de Ciencias. Universidad de Granada

cfdorron@ugr.es

<http://edafologia.ugr.es>

<http://www.edafologia.net>



1. Contaminación del suelo

Objetivos

Exponer los conceptos generales sobre la contaminación de los suelos:

- el concepto
- tipos de contaminantes
- origen de los contaminantes
- propiedades de los contaminantes y de los suelos y evolución de los contaminantes en el suelo



1. Contaminación del suelo

1 Concepto
2 Historia
3 Contaminantes
4 Mecanismos

1 Concepto

2 Desarrollo histórico

3 Los contaminantes: tipos y procedencia

4 Mecanismos responsables de la distribución y acumulación



1. Contaminación del suelo

1. Concepto

Alteración del suelo por acumulación de sustancias nocivas que provoca la pérdida parcial o total de su fertilidad.

Causas naturales

- ☞ **Material original**
- ☞ **Acidificación**
- ☞ **Fenómenos naturales**

Causas antrópicas

- ☞ **Muy diversas**
- ☞ **Muy frecuente**

Contaminación: alteración de la pureza de una cosa (Diccionario RAE)

Según Macías, aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, pasando de ser un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera y/o los seres vivos.

Por causas naturales:

1 Material original. El paso de la roca para formar el suelo es un mecanismo concentrador; concentrador de materiales de la roca que siguen siendo estables en el suelo y al destruirse los inestables aquellos se van concentrando conforme va desarrollándose los procesos de formación del suelo. Este es el caso de los metales pesados que se encuentran en concentraciones muy bajas en las rocas pero que al ser muy estables pueden llegar a alcanzar concentraciones a nivel tóxico en el suelo. Concretamente las serpentinas y peridotitas contienen Cr, Ni, Cu y Mn en concentraciones más altas de las usuales en las rocas y pueden originar suelos con estos metales pesados en concentraciones anormalmente altas. También la evolución por acidificación origina toxicidad de Al^{3+} en los suelos gallegos.

2. Acidificación. El agua de lluvia al infiltrarse en el suelo arrastra a las bases de la solución, acidifica el suelo y como resultado de la acidificación se pueden solubilizar determinados elementos químicos que se encontraban inmóviles y pueden (al estar en esta nueva situación disponibles en la solución) originar toxicidad.

3. Fenómenos naturales como los volcanes, fluidos hidrotermales (geiseros), turgencias de aguas termales y salinas, aguas subterráneas, pueden ser causa natural de contaminación de los suelos de una región.

Causas antrópicas. Son las responsables de la contaminación de los suelos en una abrumadora mayoría. La minería, las actividades agrícolas y ganaderas y otras actividades, como las industriales, transporte y asentamientos urbanos, son causas frecuentes de contaminación del suelo. Podemos afirmar que cualquier actividad humana antes o después va a repercutir en los suelos.



1. Contaminación del suelo

1	Concepto
2	Historia
3	Contaminantes
4	Mecanismos

1970/1980

Varias catástrofes espectaculares

- ☞ **Lekkerkerk (Holanda)**
- ☞ **Love Canal (Nueva York, USA)**
- ☞ **Times Beach (Missouri, USA)**

El concepto de Contaminación del Suelo es muy reciente. Prácticamente sólo se empieza a hablar de este término a partir de las décadas de los 70-80 del siglo XX. Y ello es “gracias” a que en esa época se producen una serie de catástrofes debidas a suelos contaminados.

En la literatura de contaminación de suelos se citan sistemáticamente tres casos.



1. Contaminación del suelo

Lekkerkerk



Holanda

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Cerca de
Rotterdam



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Un lugar casi idílico.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Se edifica un barrio y al cabo de los años aparecen pestilencias y enfermedades generalizadas entre los habitantes. Las investigaciones señalan al suelo como “culpable”. ¡Los constructores habían traído suelos contaminados!

La actuación gubernamental fue enérgica:

1 Excavación de los suelos, traslado a una planta de incineración, y sustitución por suelos limpios.

2 Cerca de 1.000 personas evacuadas

Los costes económicos fueron elevadísimos, muchos millones de euros.

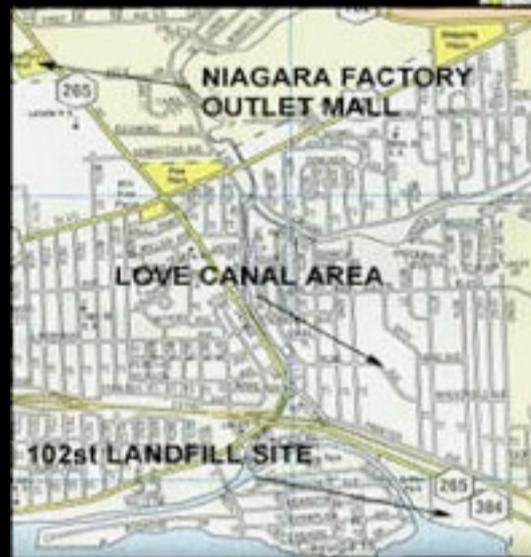
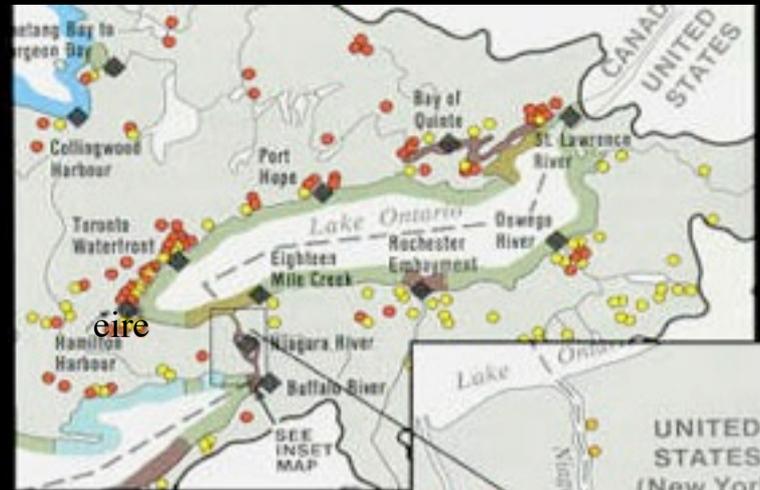


1. Contaminación del suelo

Love Canal

William Love, 1896

Niagara Falls City (N. Y.)



<http://www.globalserve.net/~spinc/atomcc/history.htm>

En la ciudad de Niagara Falls (New York), frontera entre USA y Canadá, Willian Love, en 1896 empieza a construir un canal para unir los lagos Ontario y Eire para utilizarlo como vía fluvial (transporte y recreo).

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



1. Contaminación del suelo

Hooker Chemical Company, 1942

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



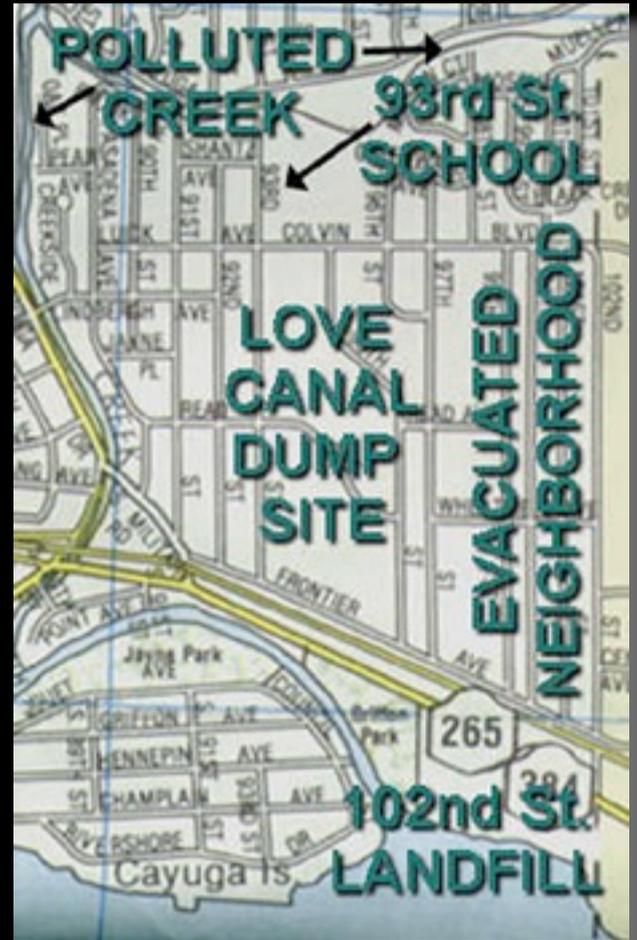
El canal no se llegó a terminar pero en 1942 la compañía química Hooker, establecida en una orilla del canal, tiene la oportuna idea de utilizar el canal como vertedero para sus numerosos residuos.



1. Contaminación del suelo

1.954

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Una vez llenado de residuos, en 1954 la compañía sella el vertedero con una capa de arcillas recubriendo la superficie y le vende la propiedad, por el simbólico precio de 1 \$ al Estado de Nueva York para construir una escuela (un polvorín, pero recordemos que esto ocurre en 1954, cuando se sabía muy poco de toxicidades y nadie hablaba de suelos contaminados). En definitiva el área se puebla con la escuela pública y numerosas casas particulares. Al transcurrir los años las aguas de lluvia se encargan de infiltrarse en el vertedero y difundir la contaminación a las zonas próximas.

1. Contaminación del suelo

1.977



230 casas
20 años

20.000 t

400 contaminantes

En 1977 se produce una subsidencia generalizada en el antiguo canal, los vertidos aparecen en superficie. Se propaga un fuerte olor pestilente en toda la zona y se desarrolla una epidemia de naturaleza desconocida entre los escolares y los habitantes.

Este mismo año, después de duras negociaciones entre los representantes de los vecinos y las autoridades locales, se consigue implicar al Presidente de los Estados Unidos, Jimmy Carter, el cual declara el estado de emergencia y se planifica la recuperación de la zona.

La primera medida es el cierre de la escuela y la evacuación de los habitantes de la zona. Se desalojan 230 casas y se destruyen. Se cerca y queda como un pueblo fantasma. Se analiza la contaminación y se encuentran más de 400 contaminantes cancerígenos. Se excava más de 20.000 toneladas de suelo y residuos. Las labores de limpieza requieren más de 20 años.

¿Pero cuanto representan 20.000 t de residuos?



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



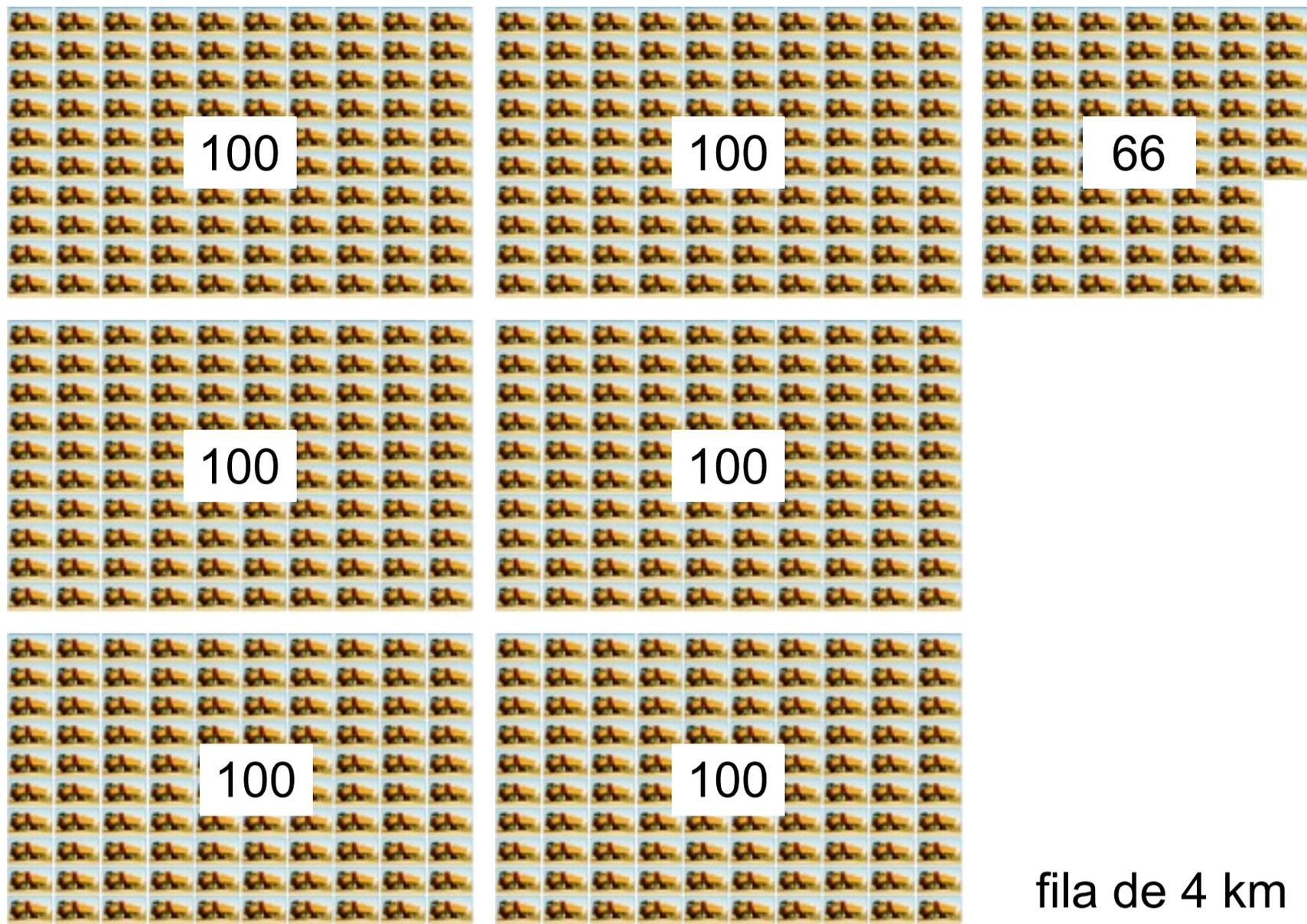
Pero cuanto representan 20.000 t de residuos ¿?

Un camión tipo dumper, con una bañera para transportar tierra, de tipo medio, tiene una capacidad de carga de 30 t, luego los residuos ocuparían ...



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



luego los residuos ocuparían aproximadamente 666 camiones !j.
a 6 metros de largo por camión = fila de $666 \cdot 6 = 3.996$ m; casi 4 km.



1. Contaminación del suelo

Times Beach

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



<http://syngen2.chem.brandeis.edu/~walker/timesbch.html>

Times Beach es un pequeño pueblo de unos 1.400 en el centro de USA.



1. Contaminación del suelo

1970

Fijación caminos con un compuesto de petróleo contaminado con dioxinas, también corrales, cuadras, patios, ...

1982

Times Beach, Missouri

Times Beach was a peaceful small town until residents learned it had been extensively contaminated with dioxin. Through archival footage and interviews, Times Beach recounts the tragic story.

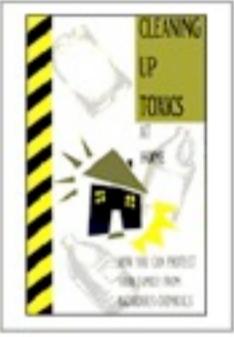
...More details [here](#).



Cleaning Up Toxics At Home

This program gives simple and practical advice on how we can protect our families from the toxic hazards found in our homes.

...More details [here](#).

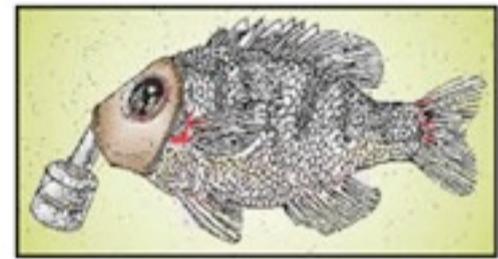


Ghost town: Times Beach, Missouri

From [PRWatch.org](#): "Monsanto's past record as a chemical manufacturer does



Dioxins



[Center for Health, Environment and Justice dioxin pages](#) -- Resources include dioxin news, science updates, dioxin contaminated communities and more.

[Chemicals that won't go away](#) -- National Wildlife Federation

La historia de esta contaminación comienza en 1970. La Northeastern Pharmaceutical and Chemical Company (NEPACCO) in Verona (Missouri) fabrica un bactericida químico, el hexaclorofeno, utilizado en la fumigación de las habitaciones de los hospitales.

Como producto secundario del proceso origina un residuo de propiedades similares al asfalto que por su escaso precio es utilizado masivamente por los habitantes de Times Beach (y otros pueblos de los alrededores) para fijar los caminos rurales (que eran de tierra), en las calles, corrales, cuadras, patios, etc.

En el año 1982 aparecen graves enfermedades (cáncer) generalizadas y se descubre que el material para recubrir los suelos contiene un producto altamente tóxico como es la dioxina (que no existe de modo natural peor que se forma con cierta frecuencia como producto secundario en numerosos procesos industriales).



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



1983

Evacuación de la zona

Excavación del suelo: 34.000m^3

Al año siguiente, 1983, se procedió a la excavación de la zona y a la evacuación de sus habitantes.

¿ pero cuanto representa 34.000m^3 ?

Si volvemos al ejemplo anterior



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos

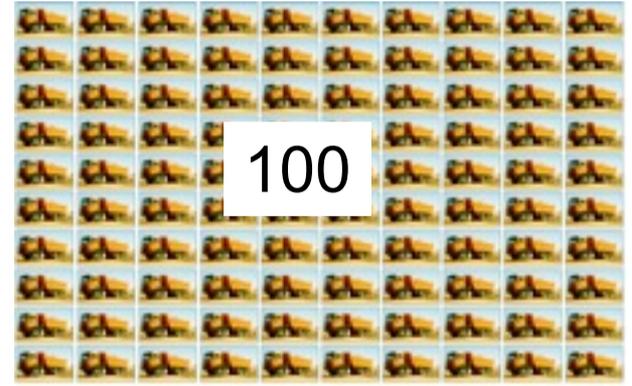
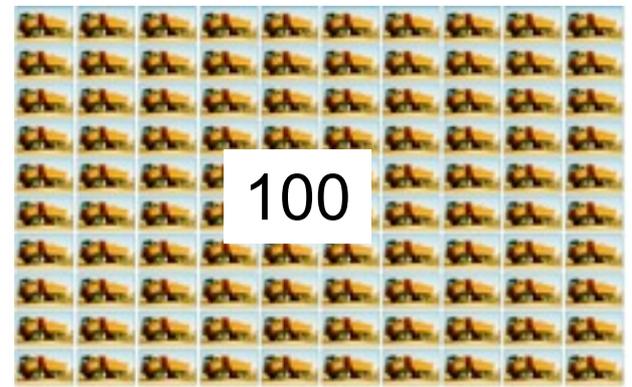
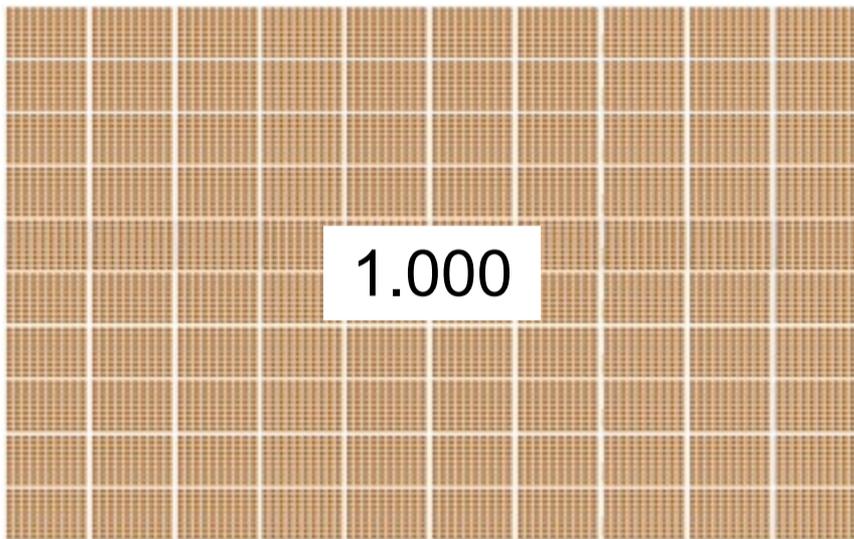
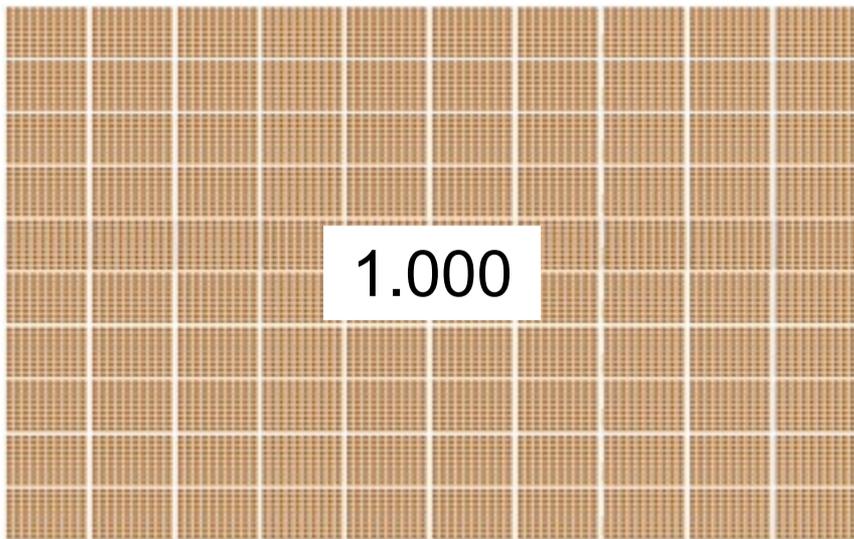


Un camión tipo dumper, con una bañera para transportar tierra, de tipo medio, tiene una capacidad de carga de 15m^3 , luego los residuos ocuparían ...



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



fila 13,6 km

Luego los residuos ocuparían aproximadamente 2.267 camiones !j.
a 6 metros de largo = fila de $2.267 \cdot 6 = 13.600$ m



1. Contaminación del suelo

1 Concepto
2 Historia
3 Contaminantes
4 Mecanismos

1970/1980

Varias catástrofes espectaculares

- ☞ **Lekkerkerk (Holanda)**
- ☞ **Love Canal (Nueva York, USA)**
- ☞ **Times Beach (Missouri, USA)**

Siglo XXI Contaminación del suelo como un hecho generalizado, no puntual

Así llegamos al siglo XXI en el que el concepto de contaminación ha cambiado.



1. Contaminación del suelo

Human-induced soil degradation for the world. Informe GLASOD, 1991

Type	Light (Mha)	Moderate (Mha)	Strong (Mha)	Extreme (Mha)	Total (Mha)	Degrad. (%)	Cultivable (%)
Loss of topsoil	301.2	454.5	161.2	3.8	920.3		
Terrain deformation	42.0	72.2	56.0	2.8	173.3		
WATER EROSION	343.2	526.7	217.2	6.6	1093.7	56	64
Loss of topsoil	230.5	213.5	9.4	0.9	454.2		
Terrain deformation	36.1	30.0	14.4	-	82.5		
Overblowing	-	10.1	0.5	1.0	11.6		
WIND EROSION	268.6	253.6	24.3	1.9	548.3	28	32
Loss of nutrients	52.4	63.1	19.8	-	135.3		
Salinisation	34.8	20.4	20.3	0.8	76.3		
Pollution	4.1	17.1	0.5	-	21.8		
Acidification	1.7	2.7	1.3	-	5.7		
TOTAL CHEMICAL	93.0	103.3	41.9	0.8	239.1	12	14
Compaction	34.8	22.1	11.3	-	68.2		
Waterlogging	6.0	3.7	0.8	-	10.5		
Subsidence org soils	3.4	1.0	0.2	-	4.6		
TOTAL PHYSICAL	44.2	26.8	12.3	-	83.3	4	5
Total (Mha)	749.0	910.5	295.7	9.3	1964.4	100	

Total de: tierra emergida 13.077; área cultivada 1.700; potencial cultivables 3.190 (Mha).

Una idea de la extensión de la contaminación del suelo a nivel mundial la podemos obtener del Informe GLASOD, primer informe riguroso y científico patrocinado por la FAO para conocer el estado de los suelos a nivel mundial. Escala 1:10.000.000. Año 1991. participaron más de 250 científicos de todo el mundo.

Polución se refiere a la contaminación local (por la industria y la minería) no la difusa (fundamentalmente la agricultura). Contaminación típica de los países desarrollados.

Light = ligeras pérdidas de producción, manejo cuidadoso

Moderate = importantes pérdidas de producción, introducir mejoras

Strong = irrecuperable, virtualmente perdidos

Extreme = totalmente perdidos

2 Historia
4 Mecanismos

1 Concepto
3 Contaminantes



1. Contaminación del suelo

Table 7.2 - Estimated areas affected by major soil threats in Europe

Source: [Oldeman et al, 1991](#)

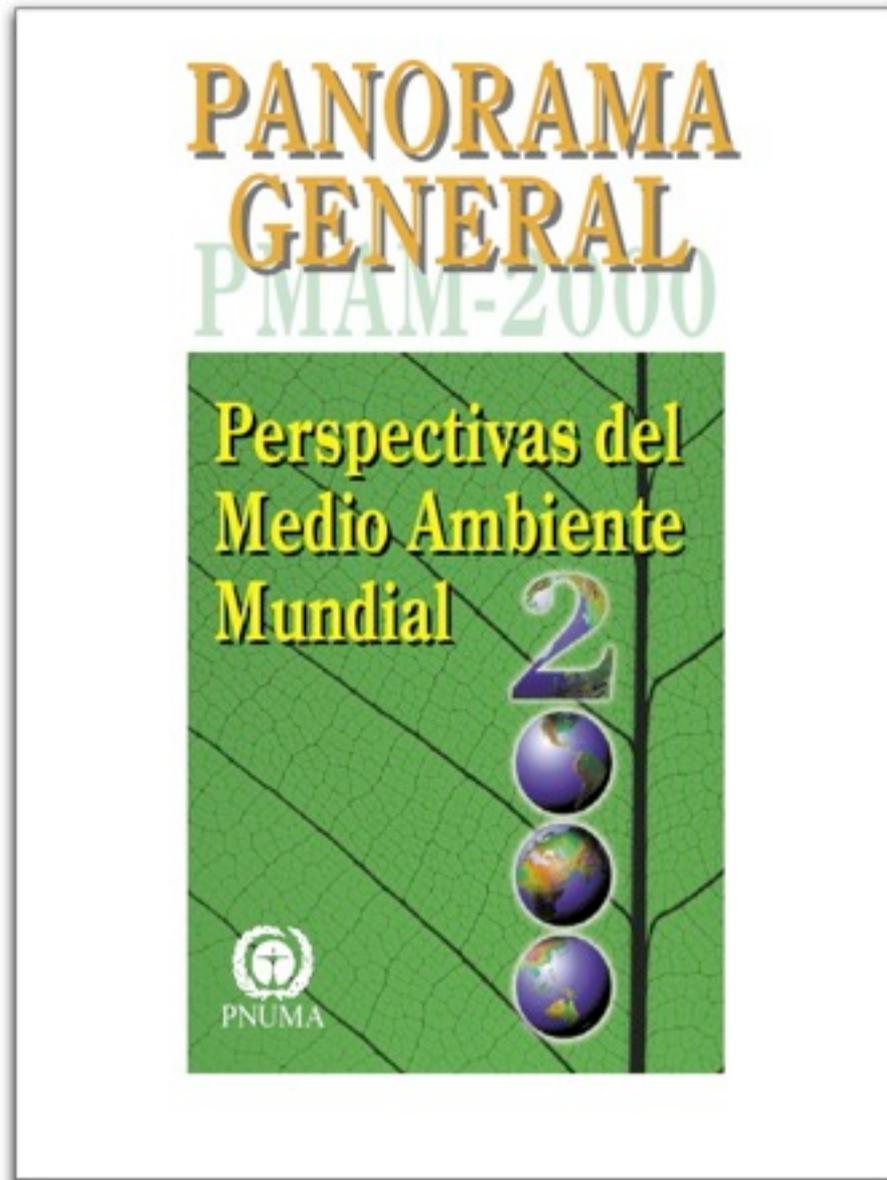
Threat	Area affected (million ha)	Percentage of total European land area
Water erosion	115	12
Wind erosion	42	4
Acidification	85	9
Pesticides	180	19
Nitrates and phosphates	170	18
Soil compaction	33	4
Organic matter losses	3.2	0.3
Salinisation	3.8	0.4
Waterlogging	0.8	0.1

Note: Different threats can affect the same land area so that numbers cannot be added up.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Informes anuales del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Año 2.000.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos

ALTERNATIVA GENERAL



Perspectivas para el futuro

Cuestiones que se deberán abordar en el siglo XXI

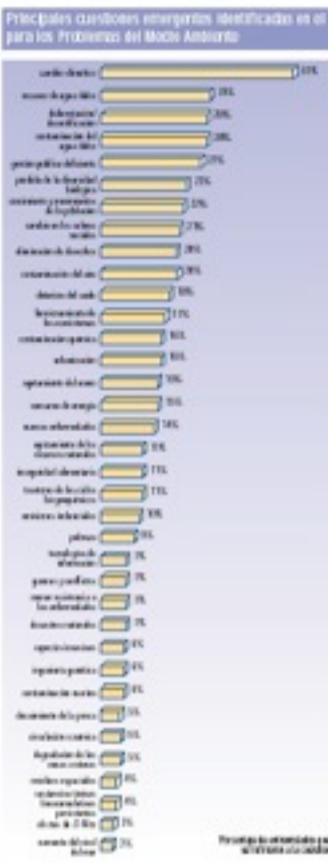
Las cuestiones ambientales que tal vez se conviertan en prioridades en el siglo XXI se pueden dividir en tres grupos: sucesos inesperados y descubrimientos científicos; transformaciones súbitas e inesperadas de antiguos problemas y cuestiones conocidas que actualmente se están abordando en forma inadecuada.

El Comité Científico para los Problemas del Medio Ambiente del Consejo Internacional para la Ciencia llevó a cabo un estudio especial para el informe PMAR 2000 sobre las cuestiones ambientales a las que habrá que prestar atención en el siglo XXI. El estudio se realizó consultando a 200 científicos de 50 países. La mayoría de los científicos dijo que los problemas ambientales principales del próximo siglo derivan de la persistencia y empeoramiento de los problemas existentes que en la actualidad no se abordan adecuadamente mediante políticas.

Los problemas más citados fueron el cambio climático y la cantidad y calidad de los recursos hídricos. Luego se mencionó la desertificación y la deforestación y los problemas derivados de una gestión pública deficiente en los niveles nacional e internacional. También se consideraron muy importantes dos cuestiones sociales, a saber, el crecimiento de la población y el cambio en los valores sociales. Muchos científicos hicieron hincapié en que la interrelación entre el cambio climático y otros problemas ambientales podía ser importante. Entre ellos se citó el nuevo conocimiento científico de las complejas interacciones en el sistema climático-biosfera-circulación oceánica, que podía provocar cambios irreversibles, como modificaciones en las corrientes oceánicas y cambios en la diversidad biológica.

Este énfasis en las interrelaciones no es nuevo. En muchas ocasiones se ha demostrado que las políticas sectoriales adoptadas en forma aislada no siempre producen los resultados deseados. Una de las razones es que las políticas sectoriales pueden resolver un problema, al mismo tiempo, agravar otros, especialmente a largo plazo. Si bien hay un mayor conocimiento de la existencia de interrelaciones entre los problemas ambientales, todavía no se comprende muy bien cómo se vinculan entre sí, en qué medida interactúan y cuáles serían las medidas más efectivas.

Principales cuestiones emergentes identificadas en el estudio del Comité Científico para los Problemas del Medio Ambiente



Cuestión	Porcentaje
cambio climático	35%
recursos de agua dulce	28%
deforestación/ desertificación	26%
contaminación del agua dulce	26%
gestión pública deficiente	25%
pérdida de biodiversidad	23%
crecimiento y empobrecimiento de la población	23%
contaminación del aire	22%
desastres de desechos	20%
contaminación del océano	20%
desarrollo del océano	19%
desarrollo del suelo	19%
desarrollo de la tecnología	17%
contaminación química	16%
desarrollo	16%
aprovechamiento del espacio	16%
recursos de energía	16%
recursos minerales	14%
aprovechamiento de los ecosistemas	14%
capacidad de absorción	13%
recursos de la tierra	13%
recursos de la población	13%
recursos de la vida silvestre	13%
política	12%
tecnologías de información	12%
gestión y desarrollo	12%
recursos humanos y los conocimientos	12%
desarrollo sostenible	12%
aprovechamiento	12%
aprovechamiento público	12%
contaminación marina	12%
desarrollo de la pesca	12%
recursos de la tierra	12%
aprovechamiento de los recursos naturales	12%
recursos humanos	12%
recursos de la vida silvestre	12%
recursos de la vida silvestre	12%
recursos de la vida silvestre	12%
recursos de la vida silvestre	12%

El cambio climático fue uno de los problemas que más se citó en el informe, aunque, en conjunto, la mayor preocupación era la escasez y la contaminación del agua.

Las actividades que se realizan hoy en día deben convertirse en un estándar mínimo en el futuro lejano. Al mismo tiempo, el futuro tiene que ser más próspero que el presente. Las consecuencias que tendremos en el futuro son decisivas que se adopten hoy en día en las políticas que se implementarán en el futuro lejano.

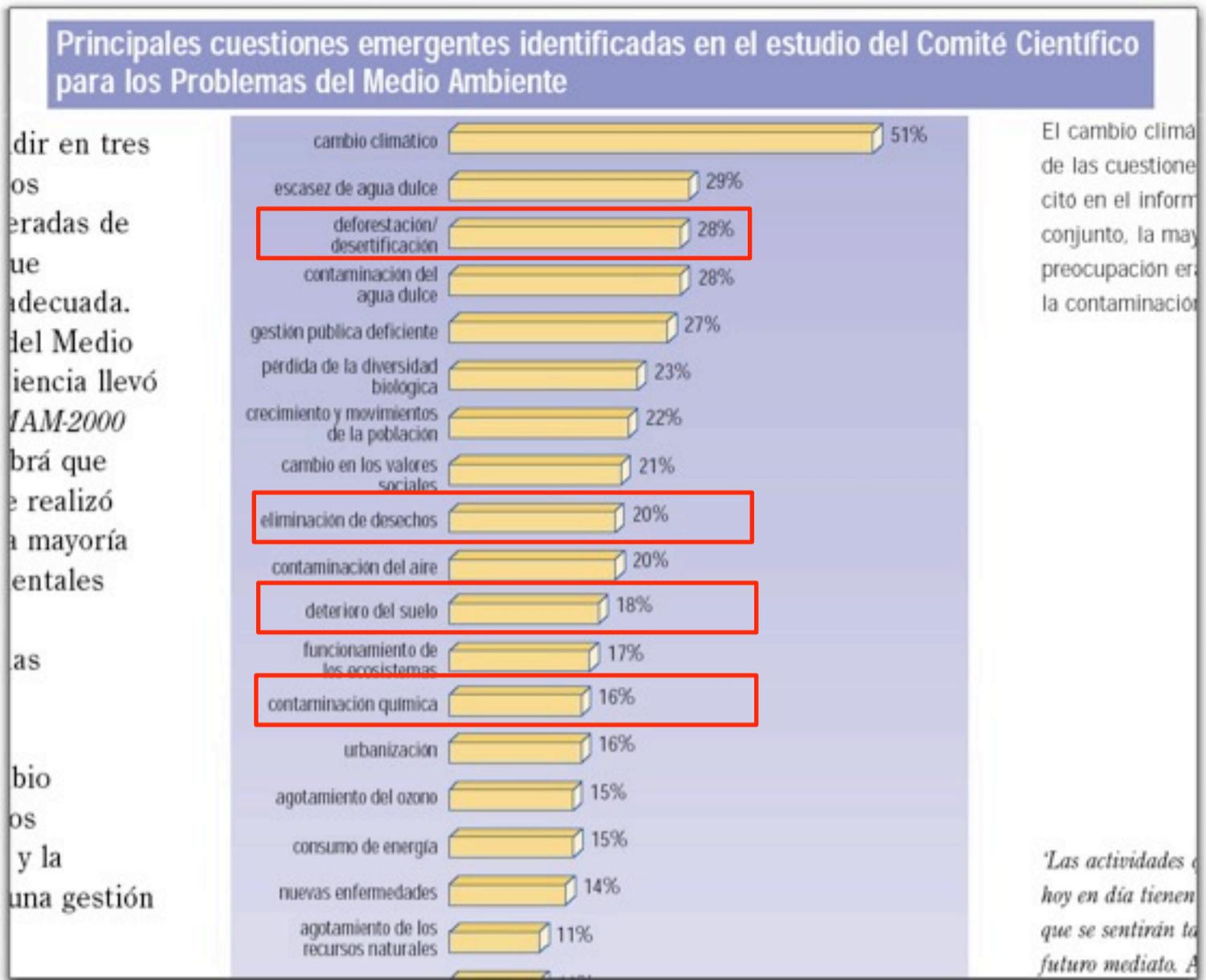
PMAR 2000, Pág. 224

Encuesta sobre las causas del deterioro del medio ambiente a 200 científicos de 50 países. Listado con 36 causas mas frecuentemente encontradas en la macroencuesta.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Relacionadas con la contaminación del suelo en 3er, lugar y luego en 9, 11 y 13.



1. Contaminación del suelo

1ª Conferencia Internacional de Suelos Contaminados

1985 en Holanda

**"Suelos contaminados,
no juegue a avestruz,
¡se juega demasiado!"**

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos

Lema del 1er Congreso Internacional de suelos Contaminados.

¡1er Congreso en 1985, mientras que otras disciplinas irían ese año por su Congreso número 40 o 50!



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos

ConSoil 2005 - history

http://www.consoil.de/consoil/history.html

Facts and Figures

(based on data of [ConSoil 2003](#))

- 1000 delegates from 35 countries
- 4 days sessions and 1 day technical tours /site visits
- 30 lecture sessions with 100 oral presentations
- 20 special sessions with presentations and discussions on specific topics
- 5 country sessions at which representatives of different countries highlight developments of specific importance to their countries or regions
- Poster sessions with about 300 posters
- Commercial exhibition with about 30 exhibitors
- ConSoil case session: Plenary session on specific topic
- Social events like get-together, conference dinner, partner program

Venues

- 1985 Utrecht / NL
- 1988 Hamburg / D
- 1990 [KKA Karlsruhe / D](#)
- 1993 [ICC, Berlin / D](#)
- 1995 [MECC, Maastricht / NL](#)
- ConSoil 1998 [EICC, Edinburgh / UK](#), in cooperation with [Scottish Enterprise](#)
- ConSoil 2000 [CCL, Leipzig / D](#), in cooperation with [UFZ Leipzig-Halle](#)
- [ConSoil 2003 ICC, Gent / B](#), in cooperation with [OVAM Flanders](#)
- Foreseen: [ConSoil 2005, BCC, Bordeaux / F](#), in cooperation with [BRGM](#)

ConSoil 2005

about ConSoil

contact

ConSoil 2003, look back

history

3-7 October 2005
Bordeaux Convention Centre
France
ConSoil 2005

Después del 1º, Congresos se han celebrado con regularidad cada dos años. Llamados ConSoil, celebrados fundamentalmente en Alemania y Bélgica. Cada vez despiertan más interés. Este de 2005 reunió a más de 1.000 congresistas de 35 paises.



1. Contaminación del suelo

2. Desarrollo histórico

- ☞ **Causas naturales**
- ☞ **Desarrollo agrícola**
- ☞ **Edad de los metales**
- ☞ **Culturas urbanas**
- ☞ **Revolución industrial**

2 Historia

4 Mecanismos

1 Concepto

3 Contaminantes

Primero fueron los fenómenos naturales: volcán, fluidos hidrotermales (geiseres), turgencias de aguas termales y salinas

Luego en las primeras culturas sin duda fue el fuego. En un incendio se producen un gran número de sustancias volátiles, cenizas, etc. Con la agricultura el hombre se hace sedentario y las comunidades generan residuos que van a parar al suelo.

El descubrimiento y utilización de los metales originó la meteorización de S= y elementos metálicos, que provocaron la contaminación del entorno.

Pero un paso muy grave para el suelo lo representó el desarrollo de la cultura urbana. La concentración de población en pequeños espacios implican residuos que se eliminan a través del suelo y el agua, así como el incremento de actividades comerciales e industriales.

La revolución industrial ha representado una extrema abundancia de productos residuales que han llevado en el siglo XX, y más concretamente en la segunda mitad, los niveles de contaminación mundial a límites insostenibles.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



En los suelos puede quedar la huella de la contaminación ambiental a lo largo de sus años de existencia. De ellos son las turberas los que pueden proporcionar mejores resultados. Al tratarse de suelos acumulativos con sucesivos periodos de engrosamiento superficial haciendo una exploración desde su superficie hacia la profundidad (pueden alcanzar cientos de metros), se pueden ir extrayendo muestras formadas en distintas épocas las cuales incluirán materiales de su entorno.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Haciendo una calicata podemos obtener muestras de suelo de diferentes edades y composiciones.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos





1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos





1. Contaminación del suelo

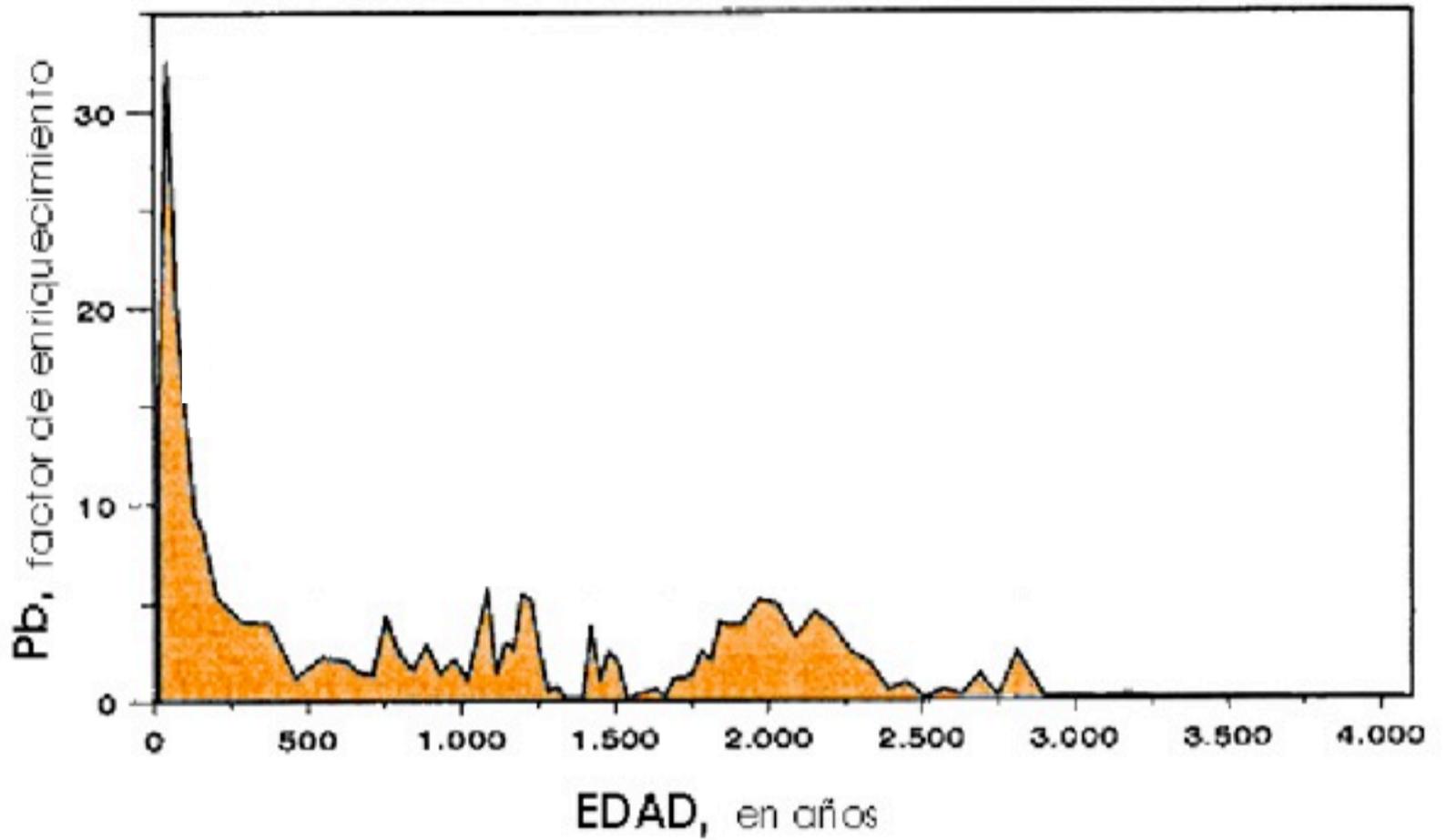
- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos





1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Martinez Cortizas et al. 1997

La historia de la contaminación en los últimos milenios ha podido ser reconstruida gracias a los análisis de los histosoles.

Algunos autores (Martinez Cortizas et al. 1997) han analizado los metales pesados de estos suelos para evaluar la contaminación atmosférica existente en el momento de acumulación de estos materiales.

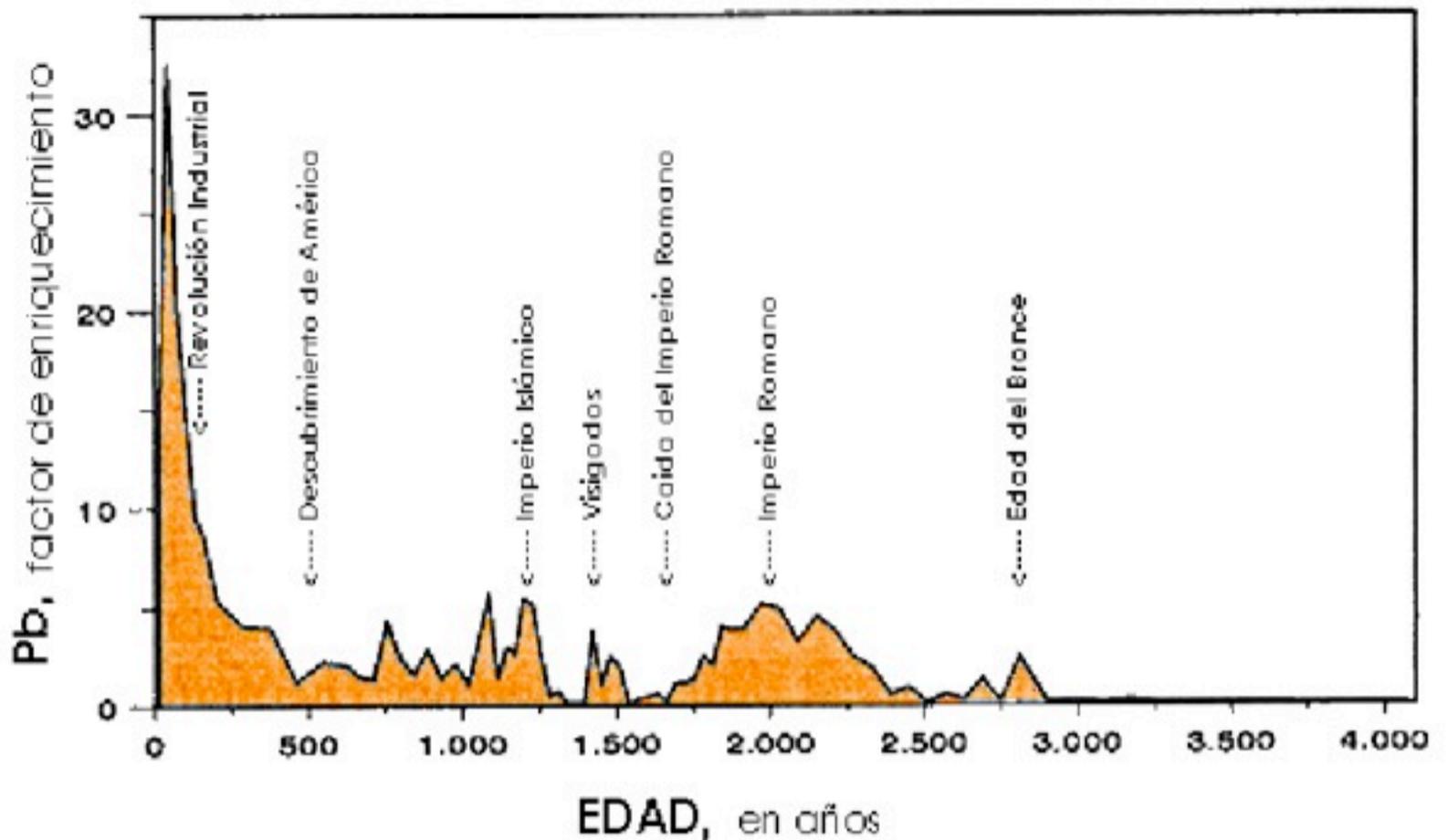
Las turberas se han perforado mediante unos sondeos y las muestras correspondientes se han analizado químicamente y se han datado sus edades.

En la figura se muestran los contenidos en plomo en función de la antigüedad, para una turbera de Galicia.



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



Martinez Cortizas et al. 1997

Sus máximos contenidos coinciden con determinados periodos históricos y prehistóricos.

La primera contaminación se detecta en las muestras con una antigüedad de unos 2.700 años y corresponde a la Edad del Bronce.

La frenética actividad minera que el Imperio Romano desarrolló en la Península Ibérica queda muy bien reflejado en el pico de la gráfica alrededor de una edad de 2.000 años (la producción de Pb en Iberia representa el 40% del total mundial).

La caída de este Imperio coincide con una drástica disminución del plomo contenido en el suelo, el cual vuelve a mostrar un marcado incremento coincidiendo con la llegada a la Península de los pueblos germánicos, concretamente los Visigodos (siglo VI). A continuación se produce una caída drástica de los contenidos de Pb que puede ser atribuida a la llegada del Islam. El establecimiento del dominio árabe en el sur y de los reinos cristianos en la parte norte de la Península conduce a un desarrollo de las civilizaciones, con el consiguiente enriquecimiento de los contaminantes, con máximos niveles entre los siglos IX-XI.

Las continuas guerras de la Edad Media conducen en el siglo XIV a un colapso sociopolítico y económico.

Finalmente en el siglo XV las reservas mineras de la Península quedan exhaustas y el descubrimiento del Nuevo Mundo incorpora abundantes materiales que provocan un marcadísimo incremento del Pb en el suelo, representando la intensa contaminación resultante de la Revolución Metalúrgica y Revolución Industrial de los siglos XVIII y XIX.

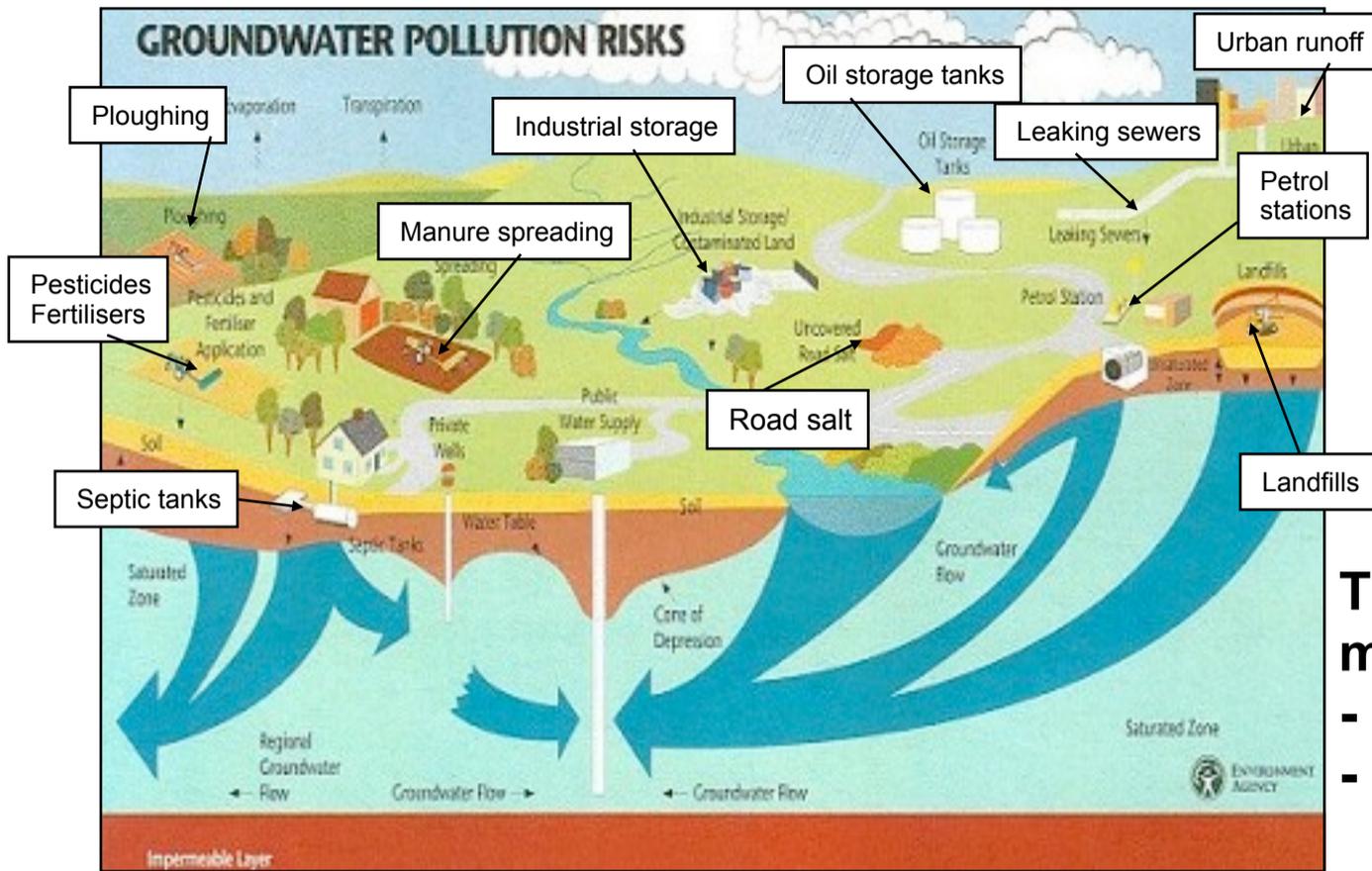
El siglo XX, con su industria basada en el petróleo está representado por unas acumulaciones de hasta 35 veces más intensa que las condiciones no contaminantes correspondientes a los periodos prehistóricos de la Edad de Piedra. En fechas muy recientes, la implantación de las gasolinas sin plomo y la sustitución de las tuberías de plomo por derivados del plástico (PVC) queda registrada por un drástico decrecimiento de la contaminación por Pb en el suelo.



1. Contaminación del suelo

3. Los contaminantes: tipos y procedencia

Contaminated Land. Common causes



The impact is mainly on:
 - soil
 - groundwater

indirectly on many other environmental compartments

En esta imagen se esquematiza las distintas causas de contaminación del suelo por parte del hombre.

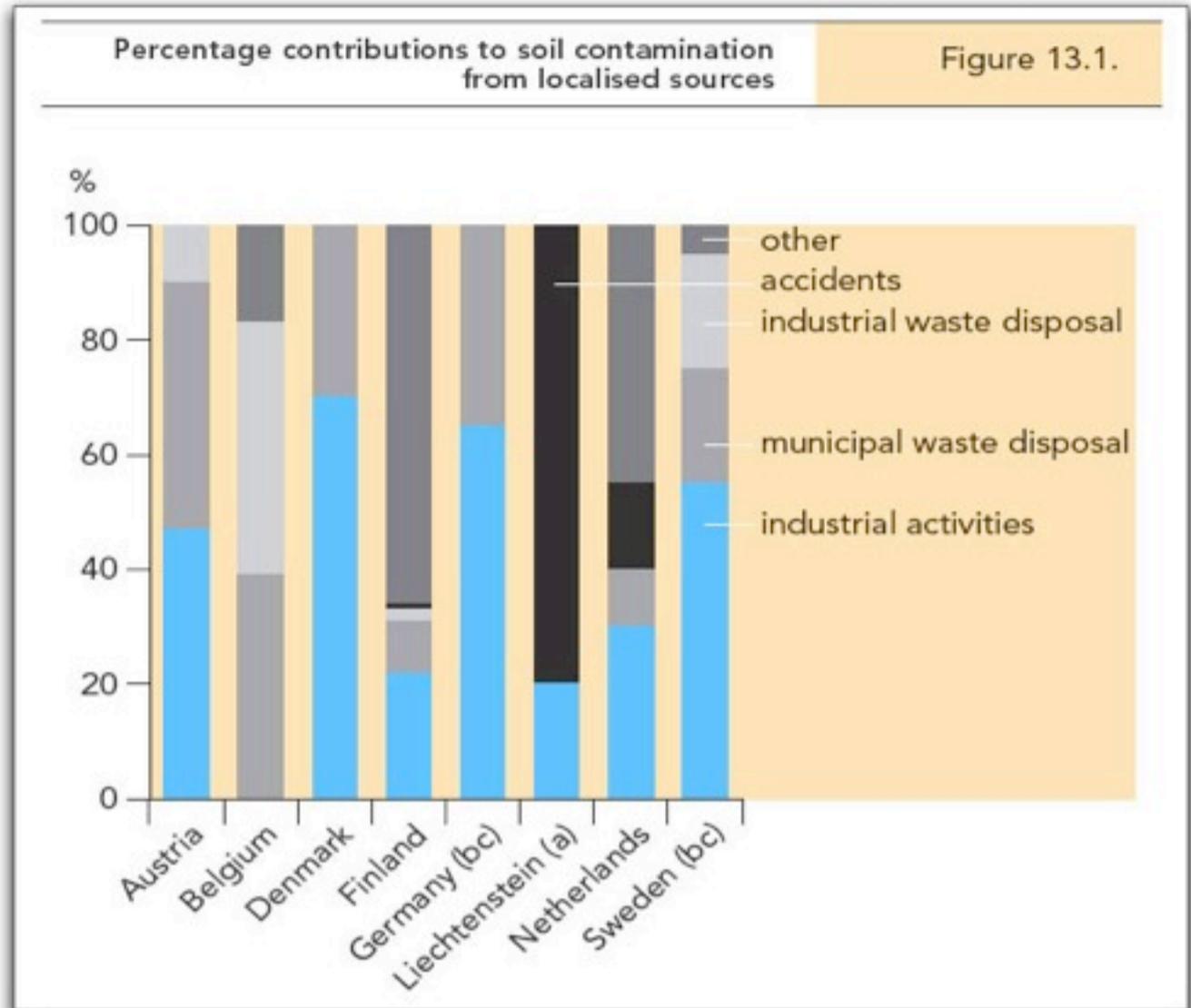
1 Concepto
 2 Historia
 3 Contaminantes
 4 Mecanismos



1. Contaminación del suelo

Procendencia

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos





1. Contaminación del suelo

Tipos de contaminantes

1	Concepto
2	Historia
3	Contaminantes
4	Mecanismos

Inorgánicos

- Sales solubles
- Metales pesados
- Cianuros
- Fluoruros
- Asbestos
- VOCs

Orgánicos

- SVOCs
- Combustibles
- No volátiles

Isótopos radiactivos

Explosivos

- Contaminantes orgánicos:

Compuestos que contienen CARBONO y, por lo general, enlaces C-H

No hay criterios que unifiquen su clasificación, siendo los más comunes:

VOCs (Volatile Organic Compounds). "Todos los compuestos orgánicos que son capaces de producir ozono y otros oxidantes fotoquímicos a partir de reacciones activadas por la radiación solar en presencia de óxidos de nitrógeno." o "Aquellos que tienen un punto de ebullición $<100^{\circ}\text{C}$ y una presión de vapor $> 25\text{ mm de Hg}$ ".

Presentes en: Combustibles, Disolventes, Desengrasantes, Conservantes, Agentes de limpieza, Dispersantes, Propelantes, Reactivos, Agentes ignífugos, Mónómeros, Reactivos

SVOCs (SemiVolatile Organic Compounds). "Aquellos que tienen un punto de ebullición 100°C - 325°C y una presión de vapor $5\text{-}25\text{ mm de Hg}$."

NVOCs (Non Volatile Organic Compounds). "Aquellos que tienen un punto de ebullición $>325^{\circ}\text{C}$ y una presión de vapor $<5\text{ mm de Hg}$."

NAPLs (Non-Aqueous Phase Liquids)

PAHs (Polycyclic Aromatic Hidrocarbons)

PCBs (PolyChlorinated Biphenyls)

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno)

Combustibles (Fuels)

Plaguicidas

Los grupos se "solapan" entre sí, y un mismo contaminante puede pertenecer a distintos grupos a la vez. Ej.:

Muchos PAHs son también NAPLs, VOCs y SVOCs. La Gasolina es un Combustible y contiene NAPLs, VOCs, PAHs.

- CIANUROS. Compuestos que contienen el grupo CN.

Origen. Natural: Plantas, producido por algunos microorganismos. Antrópico: Industria química, minería, plaguicidas, gases vehículos, tabaco, etc.

Suelo. Llega principalmente por deposición atmosférica. Móvil en suelos. Es biodegradable, puede pasar a la atmósfera por volatilización, y a las aguas subterráneas por lavado.

- FLUORUROS. Conjunto de sustancias que incluyen las sales de Flúor, el Fluoruro de Hidrógeno y el Flúor.

Origen. Natural: Erupciones volcánicas, minerales (arcillas), carbón. Antrópico: Termoeléctricas, fundiciones de aluminio, fábricas de ladrillos, etc.

Suelo. Llega principalmente por deposición atmosférica.

Fuertemente retenidos en el suelo (concentraciones normales 200-300 ppm). Débilmente soluble y biodisponible.



1. Contaminación del suelo

4. Mecanismos

☞ Redistribución



- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos



1. Contaminación del suelo

- 1 Concepto
- 2 Historia
- 3 Contaminantes
- 4 Mecanismos**

4. Mecanismos

☞ **Redistribución**

Infiltración
Mezcla

☞ **Retención**

Filtración
Precipitación
Adsorción

☞ **Transformación**

Neutralización
Descomposición
Degradación

Reacciones

☞ **precipitación-disolución**

☞ **procesos metabólicos**

☞ **ácido base**

☞ **complejación**

☞ **oxidación-reducción**

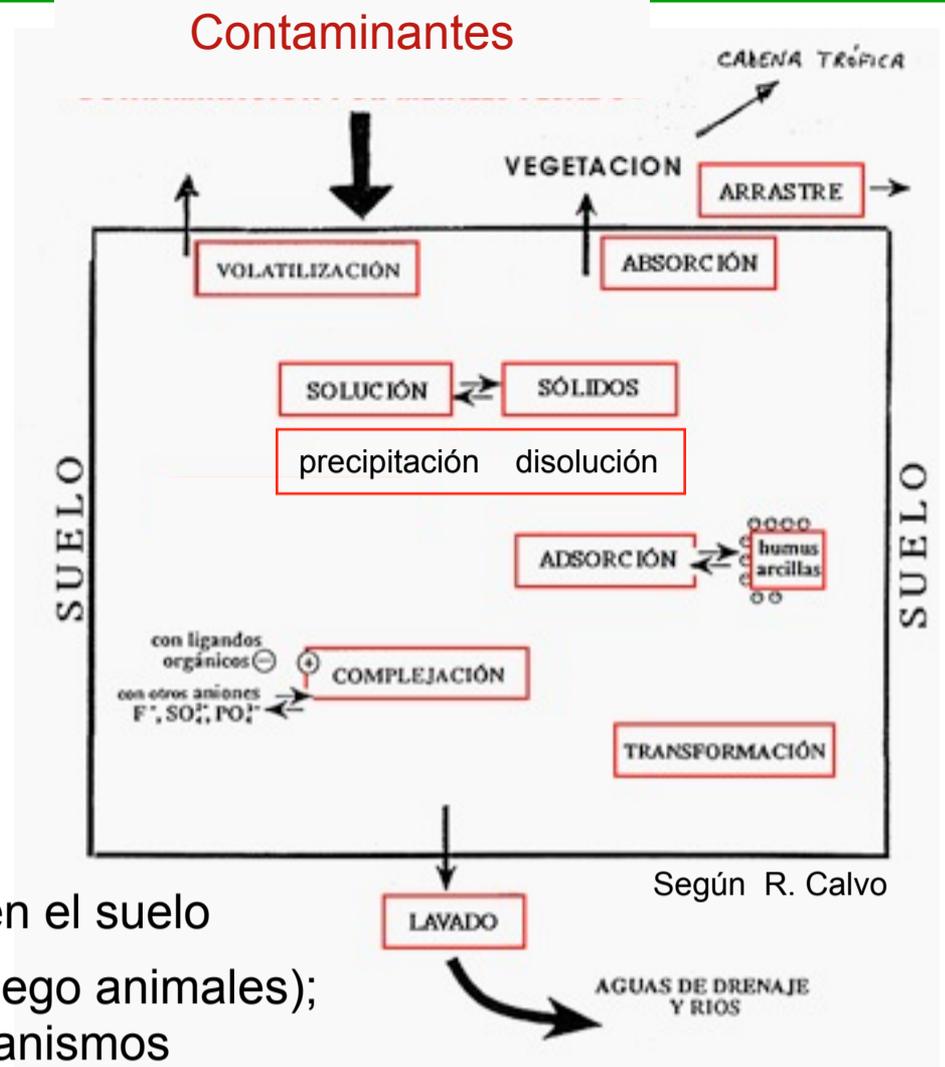
☞ **adsorción-desorción**



1. Contaminación del suelo

1 Concepto
2 Historia
3 Contaminantes
4 Mecanismos

Dinámica de los contaminantes en el suelo



En definitiva: 4 vías

1. Retenidos (y transformados) en el suelo
2. Absorbido por las plantas (y luego animales); o metabolizados por los organismos
3. Volatilizados a la atmósfera
4. Evacuados a las aguas de escorrentía (superficiales y subsuperficiales)



1. Contaminación del suelo

Estado de los contaminantes en el suelo

Especiación/fraccionamiento

- ☞ Soluble en agua
- ☞ Ligado a la materia orgánica
- ☞ Adsorbido
- ☞ Ocluido en las láminas de las arcilla
- ☞ Precipitado
- ☞ Incorporado organismos



1. Contaminación del suelo

1	Concepto
2	Historia
3	Contaminantes
4	Mecanismos

Mas importante que la concentración total es su estado

- BIODISPONIBILIDAD:
Asimilación potencial por los organismos.
- MOVILIDAD:
Dispersión por el medio (agua, seres vivos).
- PERSISTENCIA:
Período de actividad del contaminante.
- TOXICIDAD:
máxima concentración tolerable.

No basta con detectar la presencia de contaminantes.



1. Contaminación del suelo

Estado de los contaminantes en el suelo

Especiación/fraccionamiento

- ☞ **Soluble en agua**
muy móvil, biodisponible, toxicidad actual
- ☞ **Ligado a la materia orgánica**
no móvil, no biodisponible, toxicidad potencial
- ☞ **Adsorbido**
moderad. móvil y biodisponible, toxicidad actual
- ☞ **Ocluido en las láminas de las arcilla**
inmóvil, no biodisponible, toxicidad potencial
- ☞ **Precipitado**
inmóvil, no biodisponible, toxicidad potencial
- ☞ **Incorporado organismos**
inmóvil, no biodisponible, toxicidad potencial



1. Contaminación del suelo

1	Concepto
2	Historia
3	Contaminantes
4	Mecanismos

Propiedades del suelo que influyen en el comportamiento de los contaminantes

- ✓ Textura
- ✓ Estructura
- ✓ Porosidad y permeabilidad
- ✓ Capacidad de cambio iónico
- ✓ Materia orgánica
- ✓ Mineralogía de arcillas
- ✓ pH
- ✓ Eh
- ✓ Microorganismos

Retención, bloqueo e inmovilización: textura, capacidad de cambio iónico, materia orgánica, mineralogía de arcillas, pH, Eh.

Retención y redistribución: textura, estructura, porosidad y permeabilidad.

Alteración: microorganismos, pH, Eh, materia orgánica.