

MEDIO AMBIENTE EN EUROPA:
segunda evaluación

Degradación del suelo (Capítulo 11)

European Environment Agency



11. Degradación del suelo

Resultados principales

En Europa occidental se han identificado más de 300.000 lugares potencialmente contaminados, y el número total estimado en el conjunto del continente es mucho mayor.

Si bien el Programa Medioambiental para Europa exigía la identificación de emplazamientos contaminados, muchos países no disponen todavía de un resumen completo. Es difícil evaluar el alcance del problema debido a la falta de definiciones normalizadas. La Comisión Europea prepara un Libro Blanco sobre responsabilidad medioambiental; para las acciones complementarias, sería preciso alcanzar la armonización de las definiciones. La mayoría de los países de Europa occidental han establecido marcos reguladores destinados a la prevención de futuros incidentes y a la eliminación de la contaminación existente.

En Europa oriental, la contaminación del suelo próximo a bases militares abandonadas supone el riesgo más importante y la mayoría de los países de la región han empezado a evaluarlo. No obstante, muchos países de Europa central y oriental y los Nuevos Estados Independientes tienen todavía que desarrollar el marco regulador y financiero necesario para hacer frente al problema de los lugares contaminados.

Otro grave problema es la pérdida de suelo debido al sellado bajo las construcciones, tales como instalaciones industriales y las infraestructuras para transporte, que limita otros posibles usos de la tierra de las generaciones futuras.

La erosión del suelo es cada vez mayor. Cerca de 115 millones de hectáreas están afectadas por la erosión hídrica y 42 millones de hectáreas sufren erosión eólica. El problema es destacado en la región mediterránea a causa de sus frágiles condiciones medioambientales, si bien los problemas existen en la mayoría de los países europeos. La erosión edáfica se intensifica con el abandono de la tierra de laboreo y con los incendios forestales, en particular en zonas marginales. En muchas áreas faltan estrategias, como la forestación, para combatir la erosión acelerada del suelo.

La salinización del suelo afecta a casi cuatro millones de hectáreas, principalmente en los países mediterráneos y en países de Europa oriental. Las causas principales son: la sobreexplotación de los recursos hídricos debido a los riegos destinados a la agricultura; el incremento de la población; y el desarrollo industrial y urbano junto con la expansión del turismo en las zonas litorales. Los principales efectos en las superficies cultivadas son los menores rendimientos de las cosechas e incluso la ausencia total de cosechas. En muchos países faltan estrategias para combatir la salinización del suelo.

La erosión y salinización del suelo han incrementado el riesgo de desertización en las zonas más vulnerables, en especial en la región mediterránea. La información relativa al alcance y gravedad de este problema es limitada y se requiere un mayor esfuerzo en la búsqueda de estrategias de prevención, posiblemente en el marco del Convenio de las Naciones Unidas para la Lucha contra la desertización.

11.1. Introducción

Los suelos en Europa, como en muchas partes del mundo, se degradan por las actividades humanas como la agricultura, la industria, el desarrollo urbanístico y el turismo.

A pesar de que se trata de un recurso, en principio, renovable, los procesos naturales para su formación son muy lentos. Los suelos deteriorados por un uso excesivo o por otros medios pueden

tardar miles de años en recuperarse totalmente. Aunque en Europa los problemas del suelo son, en general, menos graves que en otras partes del mundo, se produce contaminación localizada del terreno, salinización, compactación, erosión hídrica y eólica en extensas zonas.

A modo de ejemplo del ritmo de pérdida irreversible de los suelos europeos, señalaremos que el desarrollo urbano durante el decenio de 1970 tuvo como consecuencia la pérdida de tierras potencialmente productivas a un ritmo cercano a

120 hectáreas por día en Alemania, 35 ha. por día en Austria y 10 ha. por día en Suiza (Van Lynden, 1995).

En Europa occidental se han identificado más de 300.000 emplazamientos potencialmente contaminados. El aumento de las concentraciones de sal y la alcalinidad afectan a casi 4 millones de hectáreas, principalmente en los países mediterráneos y de Europa oriental. En Europa, alrededor de 115 millones de hectáreas están amenazadas por la erosión hídrica y 42 millones de hectáreas lo están por la erosión eólica. Se produce desertización, en particular en la región mediterránea a causa de sus frágiles condiciones medioambientales.

11.2. Lugares contaminados

El enorme incremento de residuos y el uso extendido de productos químicos durante los últimos 40 años han ocasionado diversos problemas edáficos. Las fuentes principales de contaminación del suelo son:

- vertidos inadecuados o no autorizados en las aguas;
- manipulación incorrecta de sustancias peligrosas (esto es, fugas y almacenamiento inadecuado);
- abandono de enclaves industriales, militares y mineros;
- accidentes.

En el recuadro 11.1 se dan algunos ejemplos de estos impactos.

11.2.1. Alcance del problema

Los datos relativos a emplazamientos contaminados de diferentes países europeos son heterogéneos y es posible agruparlos con limitado grado de fiabilidad o coherencia. Respecto a algunos países de la UE, ni siquiera es posible proporcionar datos nacionales, puesto que la coordinación queda limitada a una escala regional (por ejemplo en Alemania y Bélgica). Sin definiciones de emplazamientos contaminados acordadas a escala europea es difícil evaluar el alcance total del problema de la contaminación del terreno. Dado que la UE está considerando intervenir en el apoyo a las operaciones de limpieza, se necesitan con urgencia definiciones internacionalmente aceptadas..

La tabla 11.1 señala el alcance del problema, mostrando el número de emplazamientos claramente contaminados y aquellos que posiblemente lo estén, en 14 países de Europa occidental y en cuatro países de Europa central y oriental.

Recuadro 11.1: Impactos de los enclaves contaminados en una selección de países europeos

Austria: en 1993, se reconocía que una instalación tradicional de procesado y reciclado de metales en la provincia de Carinthia presentaba un grave riesgo para la salud humana y el medio ambiente, y que era necesario tomar medidas inmediatas. La instalación llevaba más de 100 años en funcionamiento y manipulando sustancias peligrosas. Las actividades implicaban una serie de grandes hornos y de vertederos. Los impactos principales incluían altos niveles de metales pesados en las aguas subterráneas debido a una eliminación incorrecta de los residuos, y la ingesta de partículas en polvo de metales pesados procedentes de vertederos no protegidos. Las acciones de reparación se iniciaron en 1995 y continuarán hasta el año 2002, con un coste aproximado de 37 millones de ecus (UBA, 1997).

Estonia: En la antigua base naval soviética de Paldiski, se han identificado un centro de entrenamiento submarino y una fábrica de torpedos abandonados como dos de las principales fuentes de contaminación grave. En la dársena del puerto se han detectado una gran variedad de residuos y barcos naufragados, y se registran altos niveles de contaminación radioactiva en los sedimentos. En la zona del puerto se detecta un alto nivel de contaminación debido a los diferentes tipos de materiales almacenados, en particular combustibles, productos químicos y torpedos. El centro de entrenamiento submarino, que incluye dos reactores nucleares, una sala de calderas y una planta para el tratamiento de aguas residuales, supone un problema específico de contaminación nuclear. Se ha estimado que el coste de las medidas adecuadas para la retirada solamente de los reactores nucleares se sitúa entre 55 millones y 90 millones de ecus (UBA Berlin, 1997).

Finlandia: En 1987, se registraron elevadas concentraciones (70-140 µg/l) de clorofenol en el agua corriente de Järvela, en la región meridional de Finlandia. Más tarde, se registraron concentraciones de clorofenol que oscilaban entre 56 y 190 µg/l en las aguas subterráneas profundas localizadas entre la planta de extracción de agua y una serrería que producía contrachapados, maderas aglomeradas y madera. El tetraclorofenol se utilizó desde la década de 1940 hasta 1984 como la principal sustancia activa para inhibir el crecimiento del hongo *ophiostoma minus* en los árboles madereros. La contaminación de las aguas subterráneas afectó también a un lago próximo. Se registró un incremento significativo del índice de riesgo de padecer *linfoma no Hodgkin* entre las personas que consumían pescado procedente del lago (Lampi P., y cols., 1992).

Noruega: En 1993 y años posteriores, se descubrió que una superficie de alrededor de 600.000 m² de sedimentos próxima a la estación naval de Hokonsvern en Bergen contenía altos niveles de concentración de PCB, HAP y metales pesados (mercurio, plomo, cobre y zinc). Se detectaron altos niveles de PCB en peces y cangrejos, lo que condujo a una recomendación de evitar la ingesta de pescado y marisco procedente de esa zona. Las acciones de reparación supondrán la reducción a la mitad de los niveles de contaminación en el área para 1998. Las restricciones sobre la explotación pesquera se mantendrán durante otros 10 años a partir de 1998 (Forsvarets Bygningstjeneste, 1996).

Degradación del suelo 233

Resulta evidente que la mayoría de los países se encuentran en una fase temprana en la identificación y el registro de emplazamientos contaminados. Sólo unos cuantos países, como, por ejemplo, Dinamarca, Suiza y Alemania, han identificado hasta el momento más de dos tercios del total estimado de sus lugares contaminados.

La mayoría de los países de Europa oriental se enfrentan a problemas similares a los de los países occidentales, en particular en zonas con una larga tradición de industria pesada o con bases militares abandonadas. Hasta la fecha, se ha puesto el mayor énfasis en la evaluación del daño medioambiental

Tabla 11.1 Datos disponibles relativos al número de enclaves definitivamente potencialmente contaminados

	Enclaves industriales		Vertederos	Enclaves militares		Potencialmente contaminados		Enclaves contaminados	
	abandonado en funcionamiento	abandonado en funcionamiento	abandonado en funcionamiento	identificado	total estimado	identificado	total estimado	identif. total est.	total est.
Albania	•	•	•	•					
Austria	•	•	•	•	•	28.000	~80.000	135	
Belg/Flan.	•	•	•	•	•	4.583		~9.000	
Belg/Wall.	•	•	•	•		1.000		5.500	
Dinamarca	•	•	•			37.000		~40.000	3.673
Estonia	•	•	•	•	•	~755			
Finlandia	•	•	•	•	•	10.396		25.000	
Francia	•	•	•	•	•			300.000	895
Alemania	•	•	•			191.000	~240.000		

Hungría•	•	•	•	•	•				600
Italia	•	•	•	•	•			8.873	
Lituania•	•	•	•	•	•			~1.700	
Luxemb.			•	•				616	
Países Bajos.	•	•	•	•	•			110.000-120.000	
Noruega•	•	•	•	•	•			2.300	
España	•	•	•	•	•			4.902	
Suecia •	•	•	•	•	•			7.000	2.000
Suiza •	•	•	•	•	•			35.000	50.000 ~3.500
Reino Unido									~100.000 ~10.000

* los enclaves han sido identificados en esta categoría

Fuente: AEMA - ETC/S, 1997

Tabla 11.2 Evaluación de antiguas bases militares soviéticas

País bases	Antiguas bases soviéticas	Área (ha)	Sistema de evaluación incluye	Otras
República nacional Checa	70		todas las bases	2.400
Estonia	1 565	81.000	todas las bases	
Hungría nacional	171	46.000	todas las bases	100
Letonia	850	100.000	todas las bases	
Lituania	275	67.762	todas las bases	
Polonia	59	70.000	todas las bases	
Fed. Rusa		12. 800.000	algunas bases seleccionadas	
Eslovaquia	18		algunas bases seleccionadas	

Fuente: UBA Berlin, 1997

en antiguas bases militares soviéticas. La Tabla 11.2 resume las actuales actividades de evaluación. El recuadro 11.1 describe un problema de contaminación característico en una antigua base naval en Estonia.

En la Tabla 11.3 se resume la información relativa a las principales actividades contaminadoras y a los agentes contaminantes principales en 11 países de la Europa oriental. En la mayoría de estos países, los productos del petróleo y metales pesados son los agentes contaminantes más relevantes, al mismo tiempo que las bases militares y la industria petrolera suelen ser las fuentes principales de contaminación.

11.2.2. Efectos

La contaminación del suelo puede tener diferentes efectos sobre la salud humana, los ecosistemas y la economía, producidos por:

- liberación de contaminantes en la superficie del terreno, en aguas subterráneas o superficiales;
- absorción de contaminantes por las plantas;
- contacto directo del hombre con suelos contaminados;
- inhalación de partículas de polvo o sustancias volátiles;
- incendio o explosión de gases en vertederos;
- corrosión de conducciones subterráneas y otros elementos de construcción debido a lixiviantes contaminados o a la creación de condiciones adversas para el suelo;
- creación de corrientes secundarias de residuos peligrosos;
- conflictos en el uso propuesto del terreno.

Efectos sobre las aguas subterráneas y superficiales

Los contaminantes volátiles presentes en el suelo y los solubles en el agua pueden alcanzar los cursos subterráneos mediante mecanismos de intercambio entre el agua del suelo y aquella otra más profunda. Los niveles de movilidad y exposición

Tabla 11.3 Principales actividades contaminadoras y principales contaminantes en 11 países de Europa central y oriental

País	Principales actividades contaminantes			Principales contaminantes
	Industria	Vertido de residuos	Enclaves militares	
Albania	industrias de petróleo,	vertederos de		productos del

	industria química metales pesados (PVC)	residuos químicos y metalúrgicos	PVC,
Bosnia Herzegovina		campos de minas, actividades bélicas	metales pesados
República Checa		fugas en tanques de combustible	todo tipo de contaminación
Estonia combustibles	industria de aceite de esquisto bituminoso	pistas de aterrizaje, barcos naufragados y reservas de combustible en antiguas bases soviéticas.	fenoles, en general
Hungría petróleo orgánicos	fábricas de gas, industria petrolera	antiguas bases soviéticas en general	productos del metales pesados, compuestos volátiles
Letonia orgánicos	transporte de petróleo por carretera y tren	antiguas bases soviéticas en general	metales pesados, compuestos volátiles
Lituania petróleo,	industria petrolera, lugares de almacenamiento de pesticidas	vertederos en general	antiguas bases s soviéticas en general productos de metales pesados, residuos orgánicos y bacteriológicos productos químicos variados
Polonia petróleo		reservas de combustibles en bases militares	productos del
Rumania		vertederos de residuos peligrosos	
Federación petróleo, Rusa		antiguas bases soviéticas en general	productos de PCB

Eslovaquia petróleo,	emanaciones de la industria	bancos de residuos	pérdidas de combustible en bases militares	productos del metales pesados
-------------------------	--------------------------------	--------------------	---	----------------------------------

Fuente: AEMA - ETC/S, 1997

Tabla 11.4 Propiedades de los compuestos característicos de los emplazamientos contaminados

Compuesto	Toxicología		Movilidad y absorción	Principales Aplicaciones	Principales Fuentes
Benceno	T	C	altamente volátil y soluble en agua, peligro para aguas subterráneas, riesgo de ingestión oral y de inhalación	síntesis de compuestos aromáticos	industria química
Tricloro-etileno	Xn	C		principal agente desengrasante	industria del metal, lavado textil en seco
Fenol	T			síntesis de compuestos orgánicos de gas	industria química, industrias de refinado - de petróleo, fábricas
Cadmio mineros,		C	baja solubilidad en el agua, puede ser metabolizado y acumulado en las plantas, ingesta oral	pilas, protección contra la corrosión, pigmentos	enclaves vertederos para plásticos
Plomo mineros,	T		baja solubilidad en agua, inhalación de polvo de plomo	baterías para coche	enclaves vertederos

Nota: Abreviaturas: T = Tóxico, XN = Toxicidad menor, C = Cancerígeno

Fuente: ROEMPP, 1996; AEMA-ETC/S, 1997

difieren de forma considerable, dependiendo de los contaminantes, las características locales del suelo, el objeto receptor o ecosistema y el clima. Muchas especies son más sensibles a los contaminantes que los seres humanos, y pueden verse afectadas por concentraciones menores de contaminantes específicos que los límites fijados en el agua potable para consumo humano. En la tabla 11.4 se da información sobre la movilidad de algunos contaminantes importantes y la relativa a sus principales riesgos.

Los agentes contaminantes del suelo con mayor movilidad son los hidrocarburos clorados y los productos del petróleo. Los contaminantes como los metales pesados tienen una movilidad más limitada, si bien puede aumentar en determinadas circunstancias: por ejemplo, el plomo es más móvil en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino. Pero en definitiva todos los contaminantes pueden llegar a

las capas más profundas de las aguas freáticas, que son el recurso de agua potable en un gran número de países (véase el apartado 9.2).

En muchos casos, las plantas extractoras de agua se han visto forzadas a detener sus actividades a causa de la contaminación. La información general relativa a los impactos en el agua potable ocasionados por los lugares contaminados es fragmentaria. Los recursos de agua potable de muchas zonas de Europa oriental están afectados por los vertidos de combustibles procedentes de antiguas bases militares. Un estudio danés relativo a plantas extractoras clausuradas reveló que el 17% de 600 pozos se cerraron debido a la contaminación del suelo producida por las actividades industriales, el 60% por las actividades agrarias y el 23% a causa de la sobreexplotación de las aguas subterráneas. En los lugares clausurados en las regiones rurales dominaban los nitratos, en los de las regiones urbanas dominaban los disolventes orgánicos (véase también el recuadro 11.1 - Finlandia).

Exposición directa

Los cambios en el uso de la tierra pueden tener como resultado una mayor exposición al suelo contaminado. En el pasado, numerosos antiguos vertederos y emplazamientos industriales se utilizaron más tarde para otros fines, como viviendas, escuelas y centros de recreo. El riesgo de ingesta o de contacto a través de la piel aumenta con la frecuencia de la exposición y depende del tipo de contaminación y de su toxicidad. Se considera a los niños en los lugares de juego como los sujetos más expuestos y vulnerables.

Se pueden inhalar las sustancias volátiles y las partículas del suelo (en forma de polvo) de los emplazamientos contaminados. Fuentes productoras características son los lugares de procesamiento y almacenamiento del petróleo para las sustancias volátiles y, en cuanto a la materia particulada, los vertederos que contienen residuos de metales pesados procedentes de instalaciones de procesamiento de metales y de enclaves mineros cercanos (véase el recuadro 11.1 - Austria).

Otros riesgos incluyen la explosión causada por metano procedente de antiguos vertederos y la exposición al tetracloroetileno de las instalaciones para la limpieza en seco.

Sólo en contadas ocasiones se puede acceder a la cuantificación de los impactos causados por la exposición directa, puesto que los efectos por ingestión y contacto por la piel no son perceptibles de manera inmediata ni mensurables en la mayoría de los casos, y se conoce muy poco acerca de las relaciones entre dosis y efectos.

Acumulaciones en los alimentos

Los metales pesados, en especial el cadmio y el cobre, pueden acumularse, en altos niveles, en las plantas. Esto ocurre con frecuencia cuando los antiguos vertederos se vuelven a cultivar y se utilizan con fines agrícolas.

La contaminación de las aguas superficiales puede conducir a la acumulación de contaminantes en los peces. Los compuestos orgánicos clorados, del mismo modo que ciertos metales como el mercurio, se incorporan con bastante facilidad en los tejidos grasos de los peces (Recuadro 11.1 - Noruega).

11.2.3. Acciones reparadoras

Estrategia y legislación

En un gran número de países europeos, la gestión de emplazamientos contaminados se realiza a escala regional. En años recientes, ha aumentado la conciencia del riesgo que suponen los emplazamientos contaminados, y varios países han emprendido programas nacionales con el fin de establecer una amplia estrategia de gestión.

La mayor parte de los países de Europa occidental han establecido recientemente marcos reguladores destinados a la prevención de futuros problemas y a la limpieza de la contaminación existente. La gestión de los lugares contaminados es abordada por diferentes tipos de medidas legislativas, como, por ejemplo, la relativa a residuos, a la protección de aguas subterráneas, del medio ambiente en general y del suelo. Solamente algunos países cuentan con una legislación específica sobre limpieza de contaminación: Bélgica/Flandes, Dinamarca, los Países Bajos, la mayoría de los Estados Federales Alemanes y Suiza. Algunos países actúan mediante planes de acción medioambiental (España, Suecia y Finlandia), ya sea porque no tienen un marco regulador específico o porque están adecuando su legislación.

En los países de Europa central y oriental, la evaluación del deterioro medioambiental en antiguas bases soviéticas ha sido, y aún es, de muchísima importancia y ha tenido como resultado el inicio de una serie de programas nacionales. La mayoría de los países tratan la necesidad de protección y restauración del suelo en su legislación medioambiental general. En una serie de países se han creado proyectos específicos. Por ejemplo, recientemente Hungría emprendió un Plan Nacional para la Limpieza de la Contaminación, al mismo tiempo que se lleva a cabo la investigación de las antiguas bases militares soviéticas desde 1991 mediante un programa prioritario. En Lituania, los vertederos se estudian y clasifican de forma sistemática desde 1991 en un proyecto conjunto entre las autoridades lituanas y La Agencia Danesa par la Protección del Medio ambiente. En Albania, un Plan Nacional de Gestión de Residuos, completado en 1996, fue dirigido bajo el programa PHARE de la UE.

Tecnología

Las tareas de reparación utilizan comúnmente los tratamientos convencionales de la ingeniería, tales como las barreras de contención alrededor del emplazamiento contaminado o la excavación del suelo y la limpieza de los alrededores (Visser y cols., 1997). En muchos países también es técnica frecuente el recubrimiento del lugar con un material relativamente impermeable, para evitar el contacto con la piel y reducir la lixiviación en las aguas subterráneas. La regeneración de las aguas subterráneas por lo general implica bombeo y tratamiento del agua en el emplazamiento. Raras veces se emplean técnicas más avanzadas, como las técnicas *in situ*, debido a que su probabilidad de éxito es más incierta.

La excavación del suelo y la eliminación fuera del emplazamiento, que son los tratamientos más usuales, originan inmensas cantidades de residuos, que con frecuencia resultan peligrosos. Debido al gran número de emplazamientos

contaminados que hay, existe una necesidad de desarrollar técnicas de reparación alternativas, con el fin de reducir la cantidad de materiales de desecho que aumentan sobremanera el riesgo de exposición. Un tratamiento, desarrollado en Alemania, consiste en clasificar el suelo excavado en diferentes categorías de reutilización siempre que sea posible (Hämman y cols., 1997).

En muchos casos, el bombeo y las técnicas de tratamiento para la limpieza de la contaminación de aguas subterráneas han resultado insuficientes, especialmente cuando se trata de solubles orgánicos como el tetracloroetileno. La investigación y el desarrollo actuales se enfocan hacia el desarrollo de técnicas *in situ*, como son la biorreparación, la dispersión por aire y el calentamiento del suelo, con la esperanza de superar, en parte, los defectos de los métodos convencionales.

Costes

En muchos países europeos se ha intentado calcular los costes de limpieza de ámbito nacional (Tabla 11.5). Sin embargo, las cifras están basadas en diferentes supuestos: algunos países han calculado el coste total de limpieza, mientras que otros seleccionaron únicamente los casos prioritarios. La mayoría de los PECO se concentran en costear las medidas de recuperación en antiguas bases soviéticas. Las cifras disponibles, si bien están sujetas a un considerable grado de inseguridad, dan una indicación aproximada del alcance del problema y de los enormes costes que implica.

Fondos de ayuda

En la mayoría de los países de la Europa occidental, las medidas de reparación se subvencionan con los impuestos generales. Austria, Bélgica/Flandes, Finlandia, Francia y Hungría han aplicado impuestos específicos sobre residuos y combustibles con el fin de incrementar el presupuesto público para la rehabilitación de emplazamientos (Visser y cols., 1997). El Reino Unido ha fundado una organización pública para el desarrollo de la tierra, facilitando préstamos a bajo interés para medidas de reparación, destinada a alentar el

nuevo desarrollo de edificaciones y tierras libres, abandonadas y contaminadas (English Partnerships, 1995). Iniciativas especiales incluyen acuerdos entre la industria y las autoridades públicas. Por ejemplo, en los Países Bajos, la industria ha aceptado limpiar los enclaves por cuenta propia y el gobierno ha prometido no intervenir durante un período de 25 años (Ulrici, 1995). En Dinamarca, los Países Bajos, Suecia y Finlandia, la industria petrolera ha aceptado limpiar los emplazamientos contaminados, actividad financiada con una pequeña contribución incluida en el precio del petróleo.

En los países de Europa central y oriental, la República Checa, Estonia, Antigua República yugoslava de Macedonia, Lituania, Bulgaria y Eslovaquia se facilitan fondos de ayuda específicos para el medio ambiente, que apoyan parcialmente las medidas de limpieza de los emplazamientos contaminados. La República Checa financia de forma parcial las medidas destinadas a la recuperación del suelo en antiguas bases militares, junto con actividades de privatización.

¿ Prevenir o curar?

La mayoría de los países europeos cuentan con marcos reguladores destinados a la prevención de la contaminación en el futuro. No obstante, el legado del pasado permanece, y un gran número de emplazamientos tendrán que ser inventariados, evaluados y recuperados. Deberá dedicarse una cantidad considerable de subvenciones a este proceso, y tendrán que intervenir un gran número de personas cualificadas. Puede que muchos emplazamientos nunca lleguen a tratarse a consecuencia de la falta de recursos monetarios.

La experiencia pasada ha realzado la importancia de limitar o evitar la contaminación del suelo mediante la prevención de la polución, como, por ejemplo, mediante la mejora de los procesos de tratamiento y la gestión de los residuos, un mejor control de los

Tabla 11.5 Costes de limpieza estimados por país o región

País referencia	Costes (millones de ecus)	Especificación/costes totales	Año de
Austria	1.500	300 casos prioritarios seleccionados	1994
Bélgica - Flan.	6.900	costes totales de limpieza	1997
República Checa	70-185	reparación de las antiguas bases soviéticas	1997
Dinamarca	1.138	costes totales de limpieza estimados	1996

Estonia	4.400	reparación de las antiguas bases soviéticas	1997
Finlandia	1.000-1.200	emplazamientos de prioridad seleccionados	1997
Alem./Baviera	2.500	costes totales de limpieza estimados	1997
Ger./Sachsen-A.	1.000-1.300	limpiezas a gran escala	1995
Ger./Schleswig Hol.	100	26 emplazamientos de prioridad	1995
Ger./Thüringen	178	3 proyectos a gran escala	1995
Hungría	440	20% de 600 lugares contaminados identificados	1998
Italia	510	1.250 lugares de prioridad seleccionados	1997
Lituania	970	costes totales de limpieza	1997
Países Bajos	23.000-46.000	costes totales de limpieza estimados	1995
Noruega	375-500	700 lugares prioritarios seleccionados	1997
Polonia	2.100	reparación de las antiguas bases soviéticas	1997
Fed. Rusa	34	por año para medidas <i>ad hoc</i> en bases ex-soviéticas	1997
Eslovaquia	40	9 bases militares con prioridad	1997
España	800	limpieza de 38Mm ³ de suelo y 9Mm ³ de agua subterránea	1996
Suecia	3.532	costes totales de limpieza estimados	1996
Suiza	3.000-3.600	costes totales de limpieza estimados	1997
Reino Unido	13.000-39.000	refiere a 10 000 ha de terreno contaminado	1994

Fuente: AEMA-ETC/S, 1997; UBA Berlin, 1997

vertidos procedentes de los procesos industriales y mejores sistemas de seguridad para la prevención de accidentes.

11.3. Erosión hídrica y eólica del suelo

La erosión es causa esencial y creciente de degradación del suelo en muchas zonas europeas (Ernstsen y cols., 1995; Blum, 1990). La intensificación en las prácticas agrícolas durante los últimos 50 años ha contribuido de manera substancial a esta tendencia, en particular en la Europa occidental. La creciente mecanización, la roturación en el sentido de las pendientes, la escasa de rotación de cultivos en algunos sistemas agrícolas, el pastoreo abusivo y el drenaje del terreno han ocasionado impactos de gran magnitud. También ha contribuido la desaparición de setos, muros y cercados para dejar paso a fincas más extensas y a una agricultura más eficiente.

En cierta medida, todos los países europeos están afectados (Van Lynden, 1995) con aproximadamente 115 millones de hectáreas, el 12 por ciento de la superficie total europea, afectadas por erosión hídrica, y aproximadamente 42 millones de hectáreas, el 4 por ciento del total, afectadas por la erosión eólica (Oldeman y cols., 1991) (Mapa 11.1). En la totalidad de la Federación Rusa, sin excluir la región asiática, el 15 por ciento de todas las tierras de regadío y el 16 por ciento de las tierras drenadas artificialmente están seriamente degradadas (encharcamiento, salinización, erosión) a causa de una gestión hídrica inapropiada (Ministerio de Protección de la Naturaleza de la Federación Rusa, 1996). El problema es mucho más grave en la región mediterránea, donde es dominante la erosión hídrica.

En la región mediterránea la erosión hídrica puede conducir a la pérdida de alrededor de 20 a 40 toneladas/hectáreas de suelo en una simple tormenta, con más de 100 toneladas/hectáreas en casos extremos (Morgan, 1992). El proceso se ve exacerbado por una serie de características propias de la región, entre las que se incluyen las siguientes:

- fuertes pendientes;
- lluvia torrencial frecuente;
- reducción de la cubierta vegetal con la agricultura intensiva, silvicultura no sostenible, pastoreo abusivo, incendios y otras prácticas (por ejemplo, el desarrollo urbano e industrial);
- abundancia de suelos pobres muy susceptibles a la erosión;
- períodos de lluvia desfasados en relación con los períodos de cubierta vegetal del suelo;
- reducción de la agricultura extensiva sostenible;

- abandono de tierras a consecuencia de los cambios socioeconómicos.

A causa de las frágiles condiciones del suelo, la erosión hídrica se ha vuelto irreversible en algunas zonas mediterráneas (Sanroque, 1987; Rubio, 1987; Van Lynden, 1995). La erosión hídrica es también importante a escala local en otras regiones europeas (por ejemplo, Islandia, Irlanda, la Federación Rusa), donde la combinación de varios factores, como son el clima, las condiciones del terreno y las prácticas agrícolas favorecen la pérdida de suelo. En Irlanda, el pastoreo excesivo de las turberas conduce a la erosión de la turba y de otros materiales en períodos de alta pluviosidad y fuertes vientos. En Islandia, la destrucción casi completa de los bosques en el pasado y el pastoreo excesivo en tierras volcánicas en pendiente inducen a altos índices de erosión del suelo bajo condiciones de alta pluviosidad y

fuertes vientos e inundaciones producidas por el deshielo de los glaciares durante las erupciones volcánicas. Amplios sectores del país han sido devastados por la erosión del suelo.

La susceptibilidad del suelo a la erosión eólica se viene determinado por factores similares a los de la erosión hídrica (Prendergast, 1983). Además, la erosión eólica tiende a ser favorecida por las condiciones que son producto del drenaje excesivo (Van Lynden, 1995). En Europa, la erosión eólica tiene como consecuencia predominante la pérdida de la capa superior del suelo (Van Lynden, 1995).

La distribución de la erosión eólica en Europa (Mapa 11.2) sugiere que los factores físicos, y en particular el clima, son de mayor importancia que la influencia humana, que suele predominar en la erosión hídrica. La erosión eólica, extendida y grave en el sudeste europeo y en particular en la llanura rusa, es, con probabilidad, consecuencia de una combinación de clima continental seco y suelos vulnerables sometidos a prácticas agrarias inadecuadas (Karavayeva y cols., 1991). La erosión eólica también causa problemas en ciertas zonas de Laponia, donde los suelos vulnerables están parcialmente afectados por las actividades humanas tales como el sobrepastoreo de rebaños de renos, la silvicultura y el turismo.

La erosión eólica también puede tener una serie de efectos indirectos que incluyen:

- el cubrimiento de las tierras de cultivo situadas por debajo de zonas erosionadas;
- la contaminación de aguas superficiales y subterráneas con sedimentos y sustancias químicas (fertilizantes y pesticidas);
- la disminución de acuíferos subterráneos;
- la deposición del material erosionado en los lechos

fluviales, lagos o embalses artificiales, aumentando la posibilidad de inundación y cambiando el valor del pH de los lagos en detrimento de los peces;

- la eutrofización de ecosistemas adyacentes;
- el deterioro de infraestructuras tales como carreteras, vías férreas, y líneas eléctricas aéreas.

Las principales fuerzas motrices de la erosión hídrica y eólica en Europa se resumen en el Recuadro 11.2.

11.4. Desertización

De acuerdo con la definición aceptada en Río en 1992, y adoptada por el Convenio de Lucha contra la desertización llevado a cabo por las Naciones Unidas, desertización es "la degradación del terreno en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas debida a varios factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas" (CNUMAD Secretariado Interino, 1997). Esta reducción gradual y progresiva de la capacidad de la tierra para sustentar comunidades animales y vegetales, agricultura y silvicultura, está poniendo en peligro algunas zonas de

Mapa 11.1 Erosión por agua en Europa, 1993

Erosión por agua

Pérdida de superficie terrestre
Deformación del terreno
gravedad extrema
gravedad fuerte
gravedad moderada
gravedad leve
no aplicable

Fuente: ISRIC

Europa meridional, incluidos Grecia, Portugal, Italia, Francia (Córcega), Malta y Chipre. Las zonas afectadas tienen, por norma, suministros de agua potable limitados y precipitaciones que varían en gran medida tanto en el aspecto espacial como en el temporal, con períodos de sequía frecuentes y recurrentes.

En la región mediterránea extensas superficies que se han cultivado durante largos períodos de tiempo están tan gravemente degradadas que ya no son capaces de sustentar ningún cultivo rentable, lo que conduce al abandono de las tierras y a la despoblación.

Las consecuencias principales de la desertización en la Europa meridional y sudoriental son:

- una reducción de la resistencia de los suelos a las presiones naturales o a las producidas por el hombre;
- la reducción del crecimiento de la vegetación;
- el agotamiento de los recursos de agua superficial y subterránea a causa de la escorrentía superficial acelerada, y una mayor vulnerabilidad ante los procesos de degradación (contaminación, acidificación, salinización);
- la pérdida de calidad del paisaje;
- la pérdida de biodiversidad.

La desertización puede tener también efectos indirectos en el clima regional y en la migración de las aves

Mapa 11.2 Erosión eólica en Europa, 1993

Erosión eólica
Pérdida de superficie terrestre
Deformación del terreno
gravedad extrema
gravedad fuerte
gravedad moderada
gravedad leve
no aplicable

Fuente: ISRIC

En la Europa meridional y sudoriental las fuerzas motrices para la desertización son, en muchos aspectos, similares a las fuerzas motrices de la erosión del suelo. Ciertamente, la erosión misma, y el deterioro físico y químico de las propiedades del suelo debido a las presiones humanas junto con los factores climáticos, son, por lo general, las causas principales de la desertización. La situación, no obstante, no puede ser atribuida simplemente a la explotación tecnoambiental reciente, a pesar de que existe una dramática evidencia de su intensificación en las últimas décadas (Pérez-Trejo, 1992). Los problemas básicos son la destrucción reiterativa y a largo plazo de la vegetación por parte del hombre y de las fuerzas naturales como el fuego, la mala gestión de la tierra, el pastoreo excesivo, la sobreexplotación de los bosques y de los recursos de la tierra, y, más recientemente, una creciente intensificación de las prácticas agrarias, extracción de los recursos minerales, actividades urbanísticas, exceso de turismo y cambios demográficos.

Otro factor que favorece la desertización es la gran demanda de agua para actividades sociales y económicas variadas (véase el apartado 9.3). Esto ha causado que la capa freática descienda de forma dramática, incrementando los costes de riego de las tierras agrícolas, lo que conduce a su abandono allí donde ya no resulta económico y creando condiciones favorables para la intrusión del agua marina, con una mayor pérdida de la fertilidad del suelo (véase el apartado 11.5). Tales condiciones se han dado en la región del antiguo lago Karla (Tesalia, Grecia), y cerca de la costa oriental y sudoriental española donde la sobreexplotación de los acuíferos ha hecho descender el nivel de la capa freática por debajo del nivel del mar, permitiendo la intrusión de agua marina.

11.5. Salinización

La utilización de agua salina para riego es perjudicial para los suelos y las plantas. La acumulación de sales en los suelos dificulta los procesos de absorción por parte de las raíces de las plantas. En consecuencia, los rendimientos de las cosechas se ven reducidos de manera drástica aun cuando haya agua en el suelo. En las áreas naturales, la vegetación original es sustituida por una vegetación tolerante a altos niveles salinos. Por lo común tal tipo de vegetación tiene escaso valor económico, por ejemplo como alimento para animales.

Los efectos de la salinización sobre los suelos son más lentos que sobre la vegetación, pero pueden ser más importantes y peligrosos. El riego reiterado con agua salina incrementa las concentraciones de sales en la solución del suelo, principalmente en áreas con bajo drenaje y un alto déficit de humedad. En una fase avanzada, especialmente cuando existe un grave deterioro de la estructura edáfica, se produce la alcalinización.

Dentro del contexto europeo, la salinización y alcalinización son procesos que afectan de manera primordial a los suelos de los países mediterráneos y

Recuadro 11.2: Fuerzas motrices de la erosión hídrica y eólica en Europa
<i>Intensificación agraria.</i> Las prácticas agrarias no sostenibles en tierras en ladera, tales como la falta de medidas efectivas de control de la erosión, sistemas de cultivo que dejan la superficie del suelo desnuda durante la estación de lluvias, sistemas de riego inapropiados, la quema de los residuos de las cosechas

y el monocultivo que no protege el suelo, aceleran el ritmo de la erosión. El deslizamiento en pendiente de las tierras en ladera incrementa la escorrentía superficial y el arrastre de sedimentos.

El empleo de maquinaria pesada puede ocasionar compactación del suelo, que aumenta la susceptibilidad a la erosión del mismo. Las labores excesivas así como el laboreo en condiciones de bajo contenido de humedad pueden conducir al deterioro de la estructura edáfica y a una mayor susceptibilidad a la erosión. El sobrepastoreo puede acelerar la erosión al hacer disminuir la cubierta vegetal protectora y reducir el contenido de materia orgánica del suelo. En los países escandinavos, el laboreo en otoño aumenta el riesgo de erosión durante los episodios de precipitaciones y en las épocas de deshielo.

Abandono de la agricultura

El abandono de las tierras de cultivo frágiles, seguido de un pastoreo abusivo, provoca una erosión grave. Se ha descubierto que la erosión del suelo aumenta de forma espectacular cuando las terrazas se derrumban. Amplias extensiones en la región mediterránea se han visto afectadas por el abandono de las prácticas agrícolas en las zonas alejadas (Sanroque, 1987; Rubio, 1995).

Deforestación

La deforestación modifica algunas propiedades del suelo (contenido en materia orgánica, permeabilidad, etc.) al mismo tiempo que reduce la cubierta vegetal protectora. Estos cambios pueden aumentar el riesgo de erosión. Los incendios forestales (véase el capítulo 8, apartado 8.3.2) también son una causa relevante de pérdida de vegetación, que da como resultado la erosión del suelo en muchas zonas europeas, principalmente en la región mediterránea.

Alteración del terreno

La minería, la explotación de canteras y las excavaciones para crear vertederos pueden ser causa de erosión del suelo al interrumpir la cubierta vegetal y modificar la topografía.

Expansión industrial y urbana

La expansión industrial y urbana puede ocasionar erosión del suelo, principalmente con la destrucción de la cubierta vegetal y el diseño inapropiado de carreteras y otras infraestructuras.

sudorientales (Hungría, Rumania) (Mapa 11.3) y son consecuencia de las presiones socioeconómicas (por ejemplo, incremento de la población) y de causas naturales (por ejemplo, el clima). Las condiciones esporádicas de semiaridez en estos países favorecen dichos procesos. En los Nuevos Estados Independientes, grandes extensiones de tierras de regadío han sufrido una grave salinización debido al colapso de las estructuras agrarias y a la mala gestión existentes (Comité de Estadística del CIS, 1996). La superficie afectada por salinización en toda Europa es de casi 4 millones de hectáreas (Oldeman y cols., 1991; Szabolcs, 1991). El coste de la recuperación de una superficie tan extensa sería muy elevado.

11.6. Otras formas de degradación edáfica

Pérdidas de materia orgánica

La calidad del suelo se rige en gran medida por su contenido de materia orgánica, que es dinámica y responde con rapidez a los cambios en la gestión del suelo. En toda Europa, dejando aparte las zonas con un excedente de abono animal, el contenido de materia orgánica de muchos suelos cultivados disminuye a causa de la moderna agricultura intensiva. Existe una inquietud general ante la posibilidad de que los niveles lleguen a estar por debajo de los mínimos necesarios para mantener un suelo sano, fértil y estable, pese a que la prueba de tales niveles críticos resulta dudosa.

Mapa 11.3 Salinización en Europa, 1993

Salinización

Fuente: ISRIC

La figura 11.1 muestra las proporciones relativas de capa superficial de suelo cultivado en Inglaterra y Gales, en relación con el contenido de carbono orgánico, en los años de 1980 y 1995. Puede apreciarse que en los últimos 15 años ha habido un ligero descenso del número de emplazamientos con un contenido de carbono orgánico superior al 4 por ciento, acompañado de un incremento del número de emplazamientos con un contenido de carbono orgánico inferior al 4 por ciento.

Un descenso del contenido de materia orgánica afecta a la estructura y estabilidad del suelo, a las propiedades de retención de agua, a la capacidad de amortiguación, a la actividad biológica y a la retención e intercambio de nutrientes. También puede, a medio y largo plazo, hacer al suelo más vulnerable a la erosión, compactación, acidificación, salinización, deficiencia de nutrientes y a la sequía.

Compactación, encharcamiento y debilitamiento de la estructura del suelo

La pérdida de materia orgánica y la consiguiente pérdida de estructura edáfica aumentan en gran medida la compactación del suelo. Esta es la forma de degradación física más extendida en Europa, y afecta aproximadamente al 90 por ciento de la superficie total que sufre degradación física (Van Lynden, 1995). Dicha degradación es inducida por el uso reiterado de maquinaria pesada en suelos con una estabilidad estructural muy baja, al igual que con el pastoreo excesivo y la sobrecarga. La compactación afecta a las capas superiores del suelo, donde influye en la absorción de nutrientes que realizan las plantas, y a las capas más profundas del subsuelo, donde podría conducir a cambios irreversibles en la estructura edáfica (Van Lynden, 1995).

El encharcamiento es consecuencia de las inundaciones producidas por los ríos, el aumento de la capa freática por los riegos, y por el incremento en la cantidad de escorrentías producidas por precipitaciones junto con menores niveles de infiltración. Puede producirlo la intervención humana, como en Rusia septentrional y el valle bajo del Danubio, o puede ser accidental. Conduce al debilitamiento de la estructura edáfica. El mapa 11.4 muestra la gravedad (en extensión y grado) de estos procesos en Europa.

11.7. Política, legislación y acuerdos relativos al suelo

La legislación a escala nacional e internacional con relación a los suelos está poco desarrollada comparada con la relativa a otros medios tales como el aire y el agua. Solo se han puesto en práctica unas cuantas iniciativas relacionadas directamente con el suelo. En muchos casos, la legislación alude a la salud u otros aspectos y considera las propiedades del suelo de forma indirecta a través de sus funciones ecológicas o de funciones relacionadas con actividades humanas.

Prevención de la contaminación del suelo

A escala de la UE, la Directiva sobre el uso de Nitratos restringe la concentración de nitrato en el agua subterránea que se utiliza como recurso de agua potable y pone un límite a la cantidad de fertilizante con nitrógeno orgánico e inorgánico que puede aplicarse al suelo en zonas sensibles. Siguiendo esta directiva, todos los países tienen leyes sobre el agua con el fin de proteger los cursos subterráneos y asegurar su control. Una directiva sobre utilización de lodos de aguas residuales se dispone a

regular el uso de lodos de aguas residuales en la agricultura de tal manera que se prevengan los efectos nocivos en el suelo, la vegetación, los animales y las personas. En algunos países, como, por ejemplo, Dinamarca, este tipo de legislación se ha ampliado hasta cubrir la aplicación de todos los productos residuales con fines agrarios. Otras directivas, como las relativas a hábitats, aguas subterráneas, sustancias peligrosas y residuos, incluyen algunos elementos relacionados con el suelo.

Responsabilidad medioambiental

Actualmente la Comisión de las Comunidades Europeas prepara un Libro Blanco sobre responsabilidad medioambiental. Definirá los elementos clave de un régimen comunitario, y con probabilidad conducirá a una Directiva marco. Los objetivos esenciales serán asegurar la limpieza efectiva de emplazamientos contaminados y la restauración del daño ocasionado a los recursos naturales, y prevenir futuros daños, de acuerdo con los principios de prevención y de "el que contamina paga". El régimen incluiría objetivos y normas comunes, al igual que exigencias mínimas concernientes a la obligación de realizar tareas de limpieza.

Erosión/desertización del suelo

Algunos países tienen restricciones en el uso de la tierra para asegurar la protección contra la erosión. Se hace uso también de la planificación física con este propósito. En algunos países se frena la erosión con la plantación de árboles y revegetación (por ejemplo, Francia, Austria e Islandia). Varios países cuentan con restricciones establecidas por ley relativas al drenaje de tierras, basadas en una serie de

Figura 11.1 Contenido de carbono orgánico en la capa superior del suelo (%) en suelos cultivados de Inglaterra y Gales, 1980 y 1995
frecuencia

Fuente: Datos procedentes del Centro de Investigación del Terreno y de Estudio del Suelo, RU, 1997 obtenidos para el Ministerio británico de Agricultura, Pesca y Alimentación, Londres.

criterios, tales como la protección del equilibrio ecológico y los recursos hídricos, y la prevención de la erosión.

A escala regional, el Convenio de Naciones Unidas para la Lucha contra la desertización impone a las partes de los países mediterráneos septentrionales (Portugal, España, Francia, Italia, Malta y Grecia), la obligación de preparar programas nacionales de acción. Esto implica la coordinación de las actividades de todos los países afectados. Hasta ahora, se ha conseguido poco más que alguna investigación específica de emplazamientos, si bien ha habido cierta evaluación del alcance del problema, y se han creado algunos programas armonizados de observación.

Programas de monitorización

Algunos países utilizan redes de monitorización del suelo para registrar las condiciones del mismo, en particular con respecto a los metales pesados y a la materia orgánica. Los programas nacionales de observación, ya en aplicación en algunos Estados, están siendo considerados en un número cada vez mayor de países. Sin embargo, hasta el momento los sistemas de monitorización se han diseñado principalmente para programas específicos de investigación o para objetivos específicos tales como el control de metales pesados y lodos de aguas residuales o programas agrarios de nutrición, y en rara vez se encuentran bien integrados.

Mapa 11.4 Degradación física de Europa, 1993

Degradación física
Compactación
Regresión de suelos orgánicos
Inundaciones
gravedad fuerte
gravedad moderada
gravedad leve

gravedad fuerte
gravedad moderada
gravedad leve
no aplicable

Fuente: ISRIC

11.8. Perspectivas de actuación

Con la escasez de legislación directa relativa al control del impacto sobre los suelos de la actividad humana y los usos de la tierra, se está logrando de forma indirecta cierta protección mediante medidas que controlan la contaminación hídrica y atmosférica. Cualquier estrategia para la mejora de la situación debería tomar en consideración los siguientes puntos:

- el suelo requiere como medio un tratamiento individualizado y la misma atención que el agua o el aire;
- se precisa coordinación y cooperación a escala europea e internacional, dado que los problemas del suelo (a pesar de ser un problema esencialmente local) no pueden resolverse solamente con medidas locales;
- es necesario crear programas armonizados de evaluación y monitorización del suelo, similares a los dedicados al aire y al agua, y ajustados a las evaluaciones del estado del suelo en grandes extensiones, cubriendo una serie de parámetros.

Entre las acciones que pueden emprenderse, se incluyen las siguientes:

- análisis y evaluación de los problemas, con definición de causas e impactos;
- observación de los cambios a lo largo del tiempo;
- control de los problemas mediante la introducción de medidas preventivas (incluyendo educación, adaptación ecológica, prácticas agrarias más sostenibles y planificación del uso de la tierra);
- recuperación, donde sea necesaria y factible.

Referencias bibliográficas

Blum, W.E.H. (1990). The challenge of soil protection in Europe. In *Environmental Conservation*, No 17, págs. 72-74.

Ernstsen, V., Jensen, J., Olesen, S.E., Sidle, R. (1995). Scoping study on establishing a European Topic Centre for Soil. Geological Survey of Denmark, Service Report No 47.

English Partnerships (1995). *Investment Guide*. English Partnerships, Londres, Reino Unido.

Forsvarets Bygningstjeneste (1996). Opprydding av forurensede sjøsedimenter og forurenset grunn på Håkonsvern, Orlogsstasjon i Bergen kommune, Statusrapport pr. 31.12.1996. Noruega.

Hämman M., Hohl R., y cols. (1997). Evaluation plan for the Reuse of Excavated Soil, R'97 Recovery, Recycling, Re-integration 3rd International Congress and Exhibition, 4-7.2.1997, Ginebra, Suiza.

Karavayeva, N.A., Nefedova, T.G., Targulian, V.O. (1991). Historical Land Use Changes and Soil Degradation on the Russian Plain. En: *Land Use Changes in Europe. Processes of Change, Environmental Transformations and Future Patterns*. Eds: : F.M. Brouwer, A.J. Thomas and M.J. Chadwick. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos.

Lampi, P., y cols. (1992). Archives of Environmental Health, Vol. 47 (No 3).

Ministry of Nature Protection of Russian Federation (1996). National report on the State of the Environment in Russian Federation in 1995. Moscú.

Morgan, R.P.C. (1992). Soil Erosion in the Northern Countries of the European Community. EIW Workshop. Elaboration of a Framework of a Code of Good Agricultural Practices, Bruselas, 21-22 de mayo de 1992.

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G. (1991). World Map of the status of human-induced soil degradation, an explanatory note (second revised edition), Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), ISRIC, Wageningen; UNEP, Nairobi.

Pérez-Trejo, F. (1992). Desertification and land degradation in the European Mediterranean, Commission of the European Communities, Environment and Quality of Life.

Rubio, J.L. (1987). La Desertificación del territorio valenciano. En: El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana. Ed: Generalitat Valenciana. Valencia, España.

Rubio, J.L. (1995). Soil erosion effects on burned areas. In: R. Fantechi, D. Peter, P. Balabanis y J.L. Rubio (eds.), Desertification in a European context: Physical and socio-economic aspects. Commission of the European Communities, ECSC-EC-EAEC, Bruselas, Bélgica.

Sanroque, P. (1987). La erosión del suelo. En: El Medio Ambiente en la Comunidad Valenciana. Ed: Generalitat Valenciana. Valencia, España.

Soil Survey and Land Research Centre (UK) y cols. (1997). Further analysis on presence of

residues and impact of plant protection products in the EU. Possibilities for future EC environment policy on plant protection products, PES-A/Phase 2. Report for the Commission of European Communities and the Dutch Ministry for the Environment.

Szabolcs, I. (1991). Salinisation potential of European soils. In Land use changes in Europe: processes of change, environmental transformations and future patterns. Eds: F.M. Brower, A. Thomas, M.J. Chadwick. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos, págs. 293-315.

Statistical Committee of the CIS (1996). Environment in CIS countries. Moscú.

UBA (1997). Atlantenatlas/Register on Contaminated Sites according to the Law for the Clean-up of Contaminated Sites. Umweltbundesamt, Viena, Austria, 1997.

Ulrici, W. (1995). International Experience in Remediation of Contaminated Sites, Synopsis, Evaluation and Assessment of Applicability of Methods and Concepts. Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology; Alemania.

UNCCD Interim Secretariat (1997). United Nation Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Text with Annexes. Ginebra, Suiza.

Van Lynden, G.W.J. (1995). European soil resources. Current status of soil degradation, causes, impacts and need for action. Council of Europe Press. Nature and Environment, No 71, Estrasburgo, Francia.

Visser W., Elkenbracht E. y cols. (1997). Analysis of the Amsterdam Questionnaire, Tauw Milieu (NL), Nottingham Trent University (UK), A&S Associates (UK), R³ Environmental Technology Ltd. (UK), Report for the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, La Haya, Países Bajos.

residues and impact of plant protection products in the EU. Possibilities for future EC environment policy on plant protection products, PES-A/Phase 2. Report for the Commission of European Communities and the Dutch Ministry for the Environment.

Szabolcs, I. (1991). Salinisation potential of European soils. In Land use changes in Europe: processes of change, environmental transformations and future patterns. Eds: F.M. Brower, A. Thomas, M.J. Chadwick. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos, págs. 293-315.

Statistical Committee of the CIS (1996). Environment in CIS countries. Moscú.

UBA (1997). Atlantenatlas/Register on Contaminated Sites according to the Law for the Clean-up of Contaminated Sites. Umweltbundesamt, Viena, Austria, 1997.

Ulrici, W. (1995). International Experience in Remediation of Contaminated Sites, Synopsis, Evaluation and Assessment of Applicability of Methods and Concepts. Federal Ministry of Education, Science, Research and Technology; Alemania.

UNCCD Interim Secretariat (1997). United Nation Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. Text with Annexes. Ginebra, Suiza.

Van Lynden, G.W.J. (1995). European soil resources. Current status of soil degradation, causes, impacts and need for action. Council of Europe Press. Nature and Environment, No 71, Estrasburgo, Francia.

Visser W., Elkenbracht E. y cols. (1997). Analysis of the Amsterdam Questionnaire, Tauw Milieu (NL), Nottingham Trent University (UK), A&S Associates (UK), R³ Environmental Technology Ltd. (UK), Report for the Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, La Haya, Países Bajos.