

Julio 2002

TÍTULO

Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo

Guía para la seguridad de los usuarios, el medio ambiente y las plantas

Soil improvers and growing media. Guidelines for the safety of users, the environment and plants.

CORRESPONDENCIA

Este informe es la versión oficial, en español, del Informe CR 13455 de julio de 1999.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Este informe ha sido elaborado por el comité técnico AEN/CTN 142 *Fertilizantes, Enmiendas y Medios de Cultivo* cuya Secretaría desempeña ANFFE.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 33419:2002

© AENOR 2002
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

99 Páginas

Grupo 55

ICS

Versión en español

Mejoradores del suelo y sustratos de cultivo
Guía para la seguridad de los usuarios, el medio ambiente y las plantas

Soil improvers and growing media.
Guidelines for the safety of users, the
environment and plants.

Este Informe ha sido preparado por el CEN/TC 223 y ha sido aprobado por CEN el 1999-03-17.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 1999 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	6
2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES	6
2.1 Mejorador de suelo	6
2.2 Sustrato de cultivo.....	7
2.3 Daño	7
2.4 Riesgo	7
2.5 Peligro	7
2.6 Contaminante	7
2.7 Polucionante	7
2.8 Elemento potencialmente tóxico	7
2.9 Usuario	7
2.10 Uso recomendado	7
2.11 Uso incorrecto razonablemente previsible	7
2.12 Seguridad	7
3 DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS Y DE LOS PRODUCTOS	7
4 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS	9
4.1 Incendio.....	9
4.2 Explosión de polvo	11
4.3 Elementos potencialmente tóxicos	12
4.4 Contaminantes orgánicos	23
4.5 Componentes minerales.....	26
4.6 Riesgos biológicos, patógenos para el hombre y los animales, subproductos microbianos y alérgenos	28
4.7 Riesgo traumático	36
4.8 Polvo.....	37
4.9 Radiación	37
4.10 Riesgos físico-químico.....	38
4.11 Semillas y propágulos	39
4.12 Plásticos, vidrio, metales y otros materiales indeseables	40
4.13 Agentes eutróficos	42
4.14 Emisiones gaseosas	43
4.15 Factores fitotóxicos	43
4.16 Patógenos vegetales	44
5 RESUMEN DE LOS RIESGOS Y DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS.....	45
ANEXO A ANTECEDENTES	46
ANEXO B PROPUESTA PARA LA DISCUSIÓN DE LOS LÍMITES DE METALES EN LOS MEJORADORES DE SUELO Y SUSTRATOS DE CULTIVO	48
ANEXO C LÍMITE DE METALES PESADOS EN MEJORADORES DE SUELO: DIRECTRICES PARA LA DISCUSIÓN	57

	Página
ANEXO D PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE LOS VALORES PREVENTIVOS PARA EL SUELO	82
ANEXO E PRIORIDADES DE TRABAJO PARA EL WG 2	88
BIBLIOGRAFÍA.....	89

INTRODUCCIÓN

Este informe CEN ha sido elaborado por el CEN/TC 223, Mejoradores de suelo y Sustratos de cultivo, Grupo de Trabajo 2, Seguridad. Este informe en primer lugar pretende informar a los otros Grupos de Trabajo del CEN/TC 223 de los temas importantes de los mejoradores de suelo y sustratos (MS/SC) relacionados con la salud y la seguridad. También clasifica los riesgos y peligros de los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo, de tal manera que los fabricantes, usuarios y legisladores dispongan de una información técnica de referencia para evaluar las estrategias a adoptar para minimizar los riesgos.

Esta información expuesta de forma comprensible, pretende ser un recurso para los fabricantes, para ensayar sus propios productos con relación al mercado al que van dirigidos, para los minoristas y suministradores y para los usuarios de estos productos.

El objetivo del Grupo de Trabajo 2 del TC 223 ha sido examinar los aspectos de los mejoradores de suelo y sustratos relacionados con la seguridad, y proponer al TC 223 las medidas para proteger a los usuarios y al medio ambiente de los riesgos derivados del uso de mejoradores de suelo y sustratos de cultivo.

El WG 2 ha adoptado la definición de seguridad de ISO/IEC Guía 51 (1990) *Guía para la inclusión de aspectos de seguridad en las Normas*, como "libre de riesgos inaceptables de daño"

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento contiene una evaluación de las implicaciones en seguridad del uso de mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Esta evaluación proporciona un marco de trabajo en el que se han marcado unas líneas generales para proteger a los usuarios (la población humana expuesta en general), al medio ambiente (flora, fauna, y ecosistemas en sentido amplio, incluyendo el suelo y el agua) y las plantas que se desarrollan en los mejoradores de suelo o en los sustratos de cultivo.

Se discute cada riesgo por separado, incluyendo:

- una descripción del riesgo;
- regulación existente relevante;
- una discusión sobre la aplicabilidad del riesgo a los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo; y;
- líneas generales de actuación recomendadas sobre seguridad elaboradas por el WG 2 del CEN/TC 223.

Esto se resume en una lista de los riesgos y de las correspondientes acciones aconsejadas. Los anexos contienen referencias e información de fondo.

En las investigaciones del WG 2 no se incluyen aspectos de calidad como:

- Lo comúnmente denominado "adecuación al objetivo". Por ejemplo la calidad comercial, composición o formulación que hace que un producto sea adecuado para satisfacer un uso concreto;
- Los relacionados con la protección del consumidor del comercio fraudulento, incluyendo la conformidad del producto con la composición indicada y las tolerancias de las desviaciones;

2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de este informe son de aplicación los siguientes términos y definiciones:

2.1 mejorador de suelo: Material que se añade al suelo *in situ* en principio para mantener o mejorar sus propiedades físicas, y que puede mejorar sus propiedades químicas o biológicas o su actividad. [CR 13456:-].

- 2.2 sustrato de cultivo:** Material distinto del suelo en el que crecen las plantas. [CR 13456:-].
- 2.3 daño:** Lesión física o daño a la salud de las personas o a la propiedad o al medio ambiente. [Guía ISO/CEI 51].
- 2.4 riesgo:** Potencial fuente de daño. [Guía ISO/CEI 51].
- 2.5 peligro:** Combinación de la probabilidad de que ocurra un daño y de su severidad. [Guía ISO/CEI 51].
- 2.6 contaminante:** Una sustancia, material o agente indeseable en un mejorador de suelo o sustrato de cultivo o en sus componentes.
- 2.7 polucionante:** Contaminante presente en un mejorador de suelo o sustrato de cultivo que causa daño debido a sus propiedades, cantidad o concentración.
- 2.8 elemento potencialmente tóxico:** Elementos químicos que son potencialmente tóxicos para el hombre, la flora y la fauna. Normalmente este término se aplica a los "metales pesados" y a otros tales como el arsénico, selenio, boro, flúor, que muestran una típica curva de toxicidad de elevada pendiente relacionada con la dosis.
- 2.9 usuario:** Cualquier persona expuesta al producto, incluyendo los usuarios profesionales y no profesionales (aficionado), y el público en general expuesto no desde el punto de vista del usuario.
- 2.10 uso recomendado:** Uso de un producto, proceso o servicio según la información dada por el suministrador. [Guía ISO/CEI 51].
- 2.11 uso incorrecto razonablemente previsible:** uso de un producto, proceso o servicio de una forma distinta a la aconsejada por el suministrador, pero que puede ser previsible por el comportamiento humano.
- 2.12 seguridad:** Libre de riesgos inaceptables. [Guía ISO/CEI 51].

3 DESCRIPCIÓN DE LOS RIESGOS Y DE LOS PRODUCTOS

El riesgo que presenta un producto y el peligro de que se produzca depende de:

- tipo de producto;
- condiciones de uso del producto (incluyendo el uso recomendado y el uso incorrecto razonablemente previsible);
- usuario; y
- víctima del daño.

Los riesgos de los mejoradores de suelo y de los sustratos de cultivo que se consideran en este informe se clasifican en las siguiente categorías:

- a) riesgos físicos (inhalación, ingestión, o contacto con agentes físicos dañinos);
 - traumáticos (por ejemplo laceración, punción, abrasión);
 - polvo;
 - radiación (incluyendo la ionizante);
- b) riesgo de incendio y explosión (riesgos estrechamente ligados con el fuego o con la explosión, o sus consecuencias secundarias, incluyendo daño a la propiedad);
- c) riesgo fisicoquímico (pH);

- d) riesgos químicos (inhalación, ingestión o contacto con agentes químicos dañinos) de naturaleza orgánica o inorgánica;
- principales componentes químicos;
 - contaminantes o aditivos;
 - subproductos microbianos (por ejemplo micotoxinas);
- e) riesgos biológicos (inhalación, ingestión, o contacto con agentes biológicos dañinos);
- patogénicos;
 - alérgicos.

Se han considerado los siguientes marcos de exposición:

- riesgos relacionados con la seguridad de los usuarios (usuarios particulares y profesionales, público en general);
- riesgos relacionados con el medio ambiente (fauna, flora, suelo, agua, aire);
- riesgos relacionados con la sanidad y el crecimiento de plantas cultivadas.

No obstante, como la mayoría de los componentes o contaminantes de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo (MS/SC) pueden suponer un riesgo para más de un grupo de organismos, se han evaluado los riesgos de tal manera que se establezcan líneas de actuación para proteger al mismo tiempo a los usuarios, al público en general, al medio ambiente y a las plantas cultivadas en esos productos.

El peligro de que se produzca un determinado riesgo puede ser significativamente diferente según las condiciones de uso tales como:

- tipo de usuario (profesional o no profesional);
- tipo de planta cultivada (uso alimenticio o no alimenticio);
- lugar de uso (interior/exterior, acceso restringido o no restringido, en contenedor o en suelo);
- grado de incorrección en el uso (usos incorrectos típicos son la aplicación en cantidad excesiva, el mal almacenamiento, el uso en un cultivo inadecuado);
- ingestión, eliminación incorrecta o negligente (uso sin el adecuado equipo de protección, mezcla con materiales incompatibles).

Para la evaluación de los riesgos y de sus peligros, los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo se clasifican en tres grupos distintos según su origen, natural o de síntesis, y según los principales componentes, inorgánicos u orgánicos.

Los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo orgánicos son productos hechos principalmente con materiales orgánicos de origen vegetal y/o animal. Incluyen materiales vírgenes como la turba, y materiales reciclados como restos orgánicos, compostados o con otros tratamientos, y subproductos de la industria maderera, tales como cortezas y fibras de madera.

Los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo inorgánicos son productos sin cantidades significativas de materia orgánica. Están hechos a base de minerales. Pueden ser sin procesar, tales como arena, arcilla, grava, y similares, o procesados, tales como la arcilla expandida térmicamente, como la perlita, y las fibras de lana mineral.

Los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo sintéticos son productos manufacturados, generalmente resinas o polímeros, obtenidos mediante síntesis orgánica y polimerización. Tienen una gran uniformidad, típica de los productos de origen industrial, y una potencial presencia de trazas de impurezas químicas orgánicas (tales como monómeros de los productos polimerizados).

Cada uno de estos grupos puede tener riesgos y peligros asociados a un determinado componente característico. El ejemplo clásico es la susceptibilidad al fuego, y la probabilidad de que ocurra, lo que es posible en materiales orgánicos y de síntesis pero no en materiales inorgánicos. Otros ejemplos son la presencia de microorganismos patógenos y el riesgo de infección (alto en materiales orgánicos a base de residuos o en otros materiales orgánicos en los que puedan vivir, pero bajo en materiales inorgánicos y de síntesis), y la presencia de sílice cristalina o fibras de amianto, que pueden encontrarse en distinto grado en productos inorgánicos pero no en los orgánicos.

El informe del CEN/TC 223 “Mejoradores de suelo y sustratos. Etiquetado, especificaciones y esquema de productos” (CR 13456 WI 00223076) contiene un listado de productos.

4 EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS

4.1 Incendio

4.1.1 Descripción del riesgo. El riesgo de incendio se define como la ignición espontánea o provocada por una llama/chispa y la combustión de un producto. Puede también producirse por la reacción exotérmica de uno o más materiales o productos químicos incompatibles. El riesgo incluye el peligro de la exposición a quemaduras y a la inhalación de humos tóxicos/nocivos o sin oxígeno (sofocantes). También incluye el peligro de daños a la propiedad. El riesgo para el medio ambiente significa la destrucción o la degradación de hábitats y ecosistemas, y la emisión de productos de la combustión a la atmósfera.

Mientras que varios parámetros cuantifican la inflamabilidad de un líquido/gas (límite de explosión, límite de inflamabilidad), es más difícil de definir la inflamabilidad de un material sólido como los usados en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. El poder calorífico (capacidad calorífica) puede servir de ayuda para la identificación de los productos y situaciones de riesgo, aunque no se use una correlación exacta para la prevención de incendios.

4.1.2 Marco legal. La Directiva 91/325/CEE relacionada con la Directiva 67/548/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de las sustancias peligrosas; la Directiva 88/379/CEE es una reglamentación análoga para preparados peligrosos. Estas directivas definen y catalogan las sustancias y preparados peligrosos, los clasifican según la naturaleza del peligro, y definen el peligro estableciendo criterios para la elección de frases indicativas del riesgo y advertencias sobre seguridad en la etiqueta/envase. La inflamabilidad es una de las muchas características que permiten clasificar a una sustancia o preparado como “peligroso”.

La Directiva 91/325/CEE (Apéndice VI, 2.2.4) define como "sustancias y preparados sólidos altamente inflamables aquellos que pueden incendiarse tras un breve contacto con una fuente de ignición y que continúan ardiendo o consumiéndose después de quitar la fuente de ignición". Esta definición se basa en los ensayos de materiales, y los métodos de ensayo están descritos en el Apéndice V de la misma directiva. En esta Directiva no se da ninguna otra definición sobre inflamabilidad de materiales sólidos.

En la Dir. 91/325/CEE no existe una definición sobre material “combustible” más adecuada para los productos usados como mejoradores de suelo/sustratos de cultivo.

La Directiva 91/155/CEE (p.35) dice que “el responsable de la puesta en el mercado de una sustancia o de un preparado peligroso, establecido en el interior de la Comunidad, ya se trate del fabricante, del importador o del distribuidor, deberá facilitar al destinatario que sea un usuario profesional, una ficha de datos de seguridad en la que figure la información especificada en el Artículo 3. No será obligatorio proporcionar la ficha de datos de seguridad en el caso de que las sustancias o los preparados peligrosos que se ofrezcan o vendan al gran público vayan acompañados de información suficiente, con lo que el usuario pueda tomar las medidas necesarias en relación con la protección de la salud y de la seguridad.” (Art.1). La ficha de datos de seguridad deberá incluir obligatoriamente las medidas de lucha contra incendios y la información sobre estabilidad y reactividad (Art. 3).

En UK no existen normas de inflamabilidad para mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Las referencias más próximas se refieren a juguetes (BS EN71-2:1994), y a determinado mobiliario (BS 5852:1990, BS 7175:1989 y BS 7177:1996). Según los expertos de otros países europeos, no había otras referencias relacionadas con este tema.

4.1.3 Discusión de los riesgos. En la lista de sustancias o preparados peligrosos relacionados con el fuego y con el peligro de reactividad no se menciona específicamente ninguno de los materiales que figuran en la lista de mejoradores de suelo y sustratos de cultivo dada por el WG 2, por tanto, la aplicabilidad de las normas depende de los ensayos específicos del material de interés según lo establecido en el Anexo V de la Directiva 91/325/CEE.

Mientras que los mejoradores de suelo y los sustratos de cultivo inorgánicos no son inflamables ni combustibles, los MS y SC orgánicos o de síntesis sí tienen riesgo de incendio. Además, los materiales sintéticos pueden ser incompatibles con algunos productos químicos específicos que pueden usarse en las mismas actividades, apareciendo un riesgo de reactividad. Este riesgo, de importancia para el usuario industrial/profesional, debe estar adecuadamente expresado en la ficha de seguridad del fabricante.

Existe riesgo de incendio durante el uso tanto doméstico como profesional de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. De todas formas, se estima que el peligro en una situación de uso doméstico no es mayor que el que presentan otros objetos potencialmente combustibles de uso doméstico como el papel, los libros, el mobiliario, y similares. Por tanto, no se necesitan requisitos específicos distintos a los aplicables normalmente para dichos objetos.

Los materiales orgánicos usados como mejoradores de suelo y sustratos de cultivo pueden tener un poder calorífico en torno a 11 MJ/kg – 12 MJ/Kg (turba). Son materiales combustibles en general y pueden arder cuando se exponen, por ejemplo, a las siguientes condiciones:

- cuando el producto está seco;
- en caso de excesivo calor;
- en presencia de llamas, chispas, arco eléctrico, cigarrillos, operaciones de soldadura, o piezas calientes del equipo.

Los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo orgánicos normalmente se comercializan en estado húmedo, lo que reduce el peligro de ignición. La autoignición (autocombustión), de todas formas, puede producirse cuando se almacenan en determinadas condiciones de humedad, y cuando se almacenan grandes cantidades de material biológicamente inestable. Por ejemplo, durante el uso profesional, el peligro puede ser más grande si se almacenan grandes cantidades de materiales orgánicos secos y o sintéticos, o si los materiales biológicamente inestables fermentan lentamente, generando gas inflamable o alcanzando temperaturas para la combustión espontánea. Es menos probable que exista riesgo de incendio provocado por la reacción química de materiales orgánicos con oxidantes (es improbable que existan cantidades significativas en situaciones normales de uso doméstico y profesional).

La combustión de mejoradores de suelo y sustratos orgánicos tales como la turba sphagnum normalmente genera productos comúnmente generados por los productos naturales (madera, materia vegetal), y la lucha contra el fuego puede implicar a cualquier otro medio en extinción. El fuego puede persistir en el interior de los sacos o pilas hasta que se separen o rompan [1].

En presencia de algunos productos químicos, los materiales sintéticos normalmente son combustibles y potencialmente reactivos o inestables. Su combustión puede (dependiendo del producto) generar vapores tóxicos y/o ácidos además de los producidos por el incendio de los productos naturales. Por ejemplo, cuando se calienta hasta la descomposición, el poliestireno emite humo y gases ácidos [2] y no puede ser vaporizado [3], los poliuretanos emiten humo y gases de CN y NO_x [2], la urea-formaldehído cuando se calienta hasta su descomposición emite vapores de NO_x [2]. Si los productos carecen de inhibidores de llama para reducir la fitotoxicidad, el riesgo de incendio es más alto.

4.1.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 no ha juzgado necesario establecer requisitos normalizados debido a que:

- ya existe reglamentación establecida;
- no hay una forma práctica de reducir las características combustibles de los productos aparte de mantenerlos húmedos; y
- normalmente los productos de interés para el WG 2 se venden en forma húmeda.

Se puede sugerir que en los envases de materiales con alto riesgo de incendio (como son los materiales secos o los sintéticos) aunque éste no sea evidente para el usuario, aparezca la presencia de una frase como "cuidado, la materia orgánica arde".

Se deberían cumplir los requisitos que sean directamente aplicables establecidos en la Directiva 91/325/CEE y en sus sucesivas modificaciones, incluso para lo referente a reactividad química y a las indicaciones de compatibilidad (por ejemplo el poliestireno expandido que no debe tratarse con esterilizantes químicos, cloropicrina, bromuro de metilo) para los usuarios profesionales.

4.2 Explosión de polvo

4.2.1 Descripción del riesgo. El riesgo se define como la explosión que sigue a la ignición del polvo inflamable en suspensión en el aire. El perjuicio y el daño son comparables a los que se atribuyen al incendio, además de los provocados por el aumento de la presión de aire producido por la explosión.

La explosión de polvo requiere los siguientes factores:

- polvo combustible (concentración correspondiente al Límite Mínimo Explosivo) en fracciones finas (el riesgo aumenta al disminuir el tamaño de partícula);
- oxígeno (oxígeno, aire es suficiente);
- una fuente de ignición (llama abierta, chispa, arco eléctrico, cigarrillo, operaciones de soldadura).

También es importante para el riesgo de explosión de polvo la electricidad estática que puede acumularse en las partículas de polvo y aumentar el peligro de chispas. La concentración mínima de polvo capaz de producir una explosión varía entre 10 g/m^3 y 600 g/m^3 . La concentración límite explosiva de polvo de cereales es de aproximadamente $25 \text{ g/m}^3 - 50 \text{ g/m}^3$, mientras que para los materiales sintéticos es del orden de 25 g/m^3 para polifenoles, 15 g/m^3 para poliestireno, y 70 g/m^3 para resinas de formaldehído.

El peligro de explosión de polvo en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo afecta principalmente a las fases de fabricación cuando la mezcla de cantidades relativamente grandes de material puede generar polvo. El peligro asociado al uso profesional está solo relacionado con las fases de mezclado de materiales sueltos en las que se crea polvo. Parece que el peligro durante el uso doméstico es mínimo.

4.2.2 Marco legal. Hasta este momento no existe reglamentación específica para los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Debido a que el riesgo de que se produzca una explosión de polvo se minimiza mediante el manejo adecuado de los productos y el uso de equipos adecuados, las medidas legales para minimizar el riesgo están relacionadas con las especificaciones sobre seguridad del material eléctrico y mecánico, y sobre el control del polvo (cantidad de partículas) en el lugar de trabajo. Las Directivas 76/117/CEE, 79/196/CEE y las sucesivas modificaciones regulan el material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva. En la Directiva 89/392/CEE se especifican las medidas de seguridad para la maquinaria (p.9) y se ha normalizado por el CEN/TC 114. En el capítulo de este documento titulado "Polvo" se encuentra más información sobre las concentraciones máximas admisibles en el lugar de trabajo.

4.2.3 Discusión de los riesgos. La explosión de polvo es una preocupación típica en la industrias maderera (serrín) y alimentaria (polvo de cereal y harina). Cualquier mejorador de suelo o sustrato orgánico/sintético en forma sólida y capaz de producir grandes cantidades de polvo cuando se maneje presenta cierto grado de peligro incuantificable.

4.2.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 no ha estimado necesario usar criterios específicos sobre seguridad para proteger a los usuarios de este peligro concreto debido a la legislación ya existente y al bajo riesgo asociado al uso de estos productos. Como la presencia de polvo se considera un riesgo para la salud, se incluye una frase de aviso en las recomendaciones contra el "Polvo", "Minerales" y "Subproductos microbianos - alérgenos". Deberían figurar en la etiqueta recomendaciones sobre el almacenamiento, tales como "mantener el polvo alejado de cualquier fuente de ignición" y sobre como mantener los productos en las casas particulares, en especial cuando se trata de productos que producen polvo o que se venden a granel.

4.3 Elementos potencialmente tóxicos

4.3.1 Descripción del riesgo. Los riesgos asociados con los Elementos Potencialmente Tóxicos (EPTs) en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo están relacionados generalmente con la toxicidad cuando los elementos se encuentran en exceso y con la deficiencia si perjudican al crecimiento. Estos impactos en el hombre, en los cultivos y en el medio ambiente se pueden alcanzar por distintas vías:

- toxicidad/deficiencia directa;
- toxicidad indirecta;
- migración medioambiental.

4.3.1.1 Toxicidad/deficiencia directa. La toxicidad directa tiene lugar cuando la aplicación de un producto produce un efecto tóxico en el cultivo, o cuando se ingiere el producto (uso incorrecto razonablemente previsible por la población infantil). Esto podría llevar a una intoxicación aguda de una persona, planta o animal.

Los efectos de la deficiencia se limitarán generalmente a los sustratos de cultivo que actúan como la única fuente de microelementos o en lugares donde hay deficiencia de metales. Los dos microelementos más importantes que pueden también producir efectos tóxicos en los productos considerados en este documento son el cobre y el zinc. Como cada especie puede tener distintas exigencias nutritivas, la deficiencia se considera como una cuestión de calidad relacionada con el "uso adecuado a su finalidad" y por tanto fuera del ámbito de este documento, y solo se menciona brevemente en este contexto para tener una visión completa.

4.3.1.2 Toxicidad indirecta. La toxicidad indirecta consiste en la intoxicación de organismos que utilizan la planta cultivada en el producto. En general esto puede traducirse en efectos sobre la salud humana por la ingestión de los EPTs a través de la cadena alimentaria aunque también podrían verse afectados otros animales como herbívoros o pájaros predadores.

4.3.1.3 Migración medioambiental. Los EPTs liberados de fuentes antropogénicas por lo general se dispersarán en el medio ambiente. Muchas de las plantas cultivadas en suelos tratados con productos que contienen EPTs y los animales que las consumen no se verán afectados. De todas formas, los elementos se dispersarán en el ambiente y afectarán más remotamente a organismos sensibles y se concentrarán en animales de los niveles más altos de la cadena alimentaria debido a los efectos de bioacumulación.

4.3.2 Factores que afectan al riesgo. Los principales factores que influyen en el riesgo de cada EPT son.

- Concentración del elemento en el suelo/sustrato de cultivo.
- Disponibilidad biológica del elemento.
- Sensibilidad del organismo al elemento (específica de cada especie).

4.3.2.1 Concentración. En general, y relacionado con los otros factores que se discuten posteriormente, al aumentar la concentración, el peligro de un EPT aumenta. De todas formas, para muchos elementos no se conoce completamente la química detallada y no se sabe con seguridad si hay umbrales por debajo de los cuales no hay efecto o si cualquier cantidad del elemento tiene efecto y por tanto no hay ningún nivel de tolerancia completamente seguro.

En algunos casos hay relaciones de antagonismo entre elementos y el aumento de la concentración de un elemento puede reducir la toxicidad de otro. El ejemplo más común en mejoradores de suelo y sustratos de cultivo es el caso del cobre y del zinc, ya que debería mantenerse un equilibrio entre los dos elementos. Las concentraciones relativas de cada uno de los elementos requeridos dependen de su disponibilidad. Un caso similar se produce entre el hierro y muchos otros metales y esta relación entre ellos es particularmente importante en los materiales a base de lodos de depuradora en los que los fosfatos y el amonio controlan la biodisponibilidad.

4.3.2.2 Disponibilidad biológica. Para ser tóxicos, los EPTs tienen que entrar en el ciclo biológico y ser absorbidos por la planta, animal o microorganismo. Esto ocurre normalmente una vez que el EPT está en solución. La tasa de absorción depende de la forma del EPT. La biodisponibilidad sigue generalmente este orden: compuestos orgánicos solubles en agua (los más biodisponibles), sales inorgánicas solubles, compuestos orgánicos insolubles en agua, compuestos inorgánicos insolubles, (los menos biodisponibles).

Por ejemplo, cuando el hombre lo ingiere, el mercurio como metal se absorbe muy lentamente a través de la pared intestinal y la mayor parte se excreta sin ningún impacto para el individuo. Además, el mercurio que se absorbe no se almacena en el cuerpo durante mucho tiempo y se excreta rápidamente, reduciéndose así aún más el efecto del metal. Las formas orgánicas de mercurio tales como el metilo de mercurio, se absorben fácilmente y por tanto una gran parte del mercurio así ingerido en esta forma es absorbido por el organismo. El metilo de mercurio también se almacena más fácilmente en el organismo por lo que puede persistir en él y afectar las funciones biológicas durante largo tiempo y por tanto exacerbar los efectos tóxicos.

Una vez que los EPTs entran en el ciclo biológico, en general se absorben más fácilmente por quelación o conversión a formas orgánicas y esto puede aumentar la bioacumulación en los tejidos de especies de niveles superiores en la cadena alimentaria de los EPTs contenidos en sus alimentos.

La composición y naturaleza del suelo al que se aplican también tendrán una gran influencia en la disponibilidad de los EPTs de los mejoradores de suelo; el pH, la composición mineral, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido en materia orgánica tendrán un efecto importante en la incorporación de los elementos a la estructura del suelo y por tanto en su disponibilidad biológica.

Desgraciadamente, las técnicas de análisis químico no han sido muy efectivas para la modelización de la biodisponibilidad de los EPTs. Se han ensayado gran diversidad de métodos de extracción basados en agua, disolventes, agentes quelatantes, soluciones electrolíticas, álcalis y ácidos pero hasta ahora ninguno ha proporcionado un modelo fiable para la disponibilidad biológica. Esto en parte se debe a la forma específica y compleja con que las plantas y animales captan materiales de su entorno.

4.3.2.3 Diferencias interespecíficas. Los distintos tipos de organismos tienen distintas exigencias y por tanto absorben los EPTs con mayor o menor eficacia. Por ejemplo, plantas como el tabaco, lechuga o espinaca absorben mucho algunos metales, mientras que otros cultivos como los cereales, patatas etc. solo los absorben en pequeñas cantidades. Esto se expresa por la tasa de transferencia suelo/planta. Además, los elementos se acumulan en distintas proporciones según la parte de la planta siendo las raíces las que más acumulan, después las partes vegetativas y por último los órganos reproductores.

4.3.3 Dificultades para evaluar los riesgos. El campo de actividad del CEN/TC 223 cubre una amplia gama de productos que se utilizarán en multitud de aplicaciones. Muchos de estos productos se han utilizado durante muchos años sin ninguna preocupación por su seguridad. Sin embargo, se están introduciendo continuamente nuevos productos en el mercado de los que se sabe muy poco sobre su seguridad.

Las diferencias en la composición de los múltiples mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, y en particular su:

- contenido en materia orgánica;
- capacidad de intercambio catiónico;
- concentración y forma de los EPTs;
- tipo de la materia orgánica;
- pH;

cambiará la disponibilidad biológica de los EPTs presentes en esos productos. Aunque los niveles totales de EPT son la única medida ampliamente aceptada, se ha comprobado que es muy difícil relacionar de forma inequívoca éste parámetro con la disponibilidad biológica de los EPTs, que es el mejor indicador de su comportamiento, y por tanto con la seguridad de los productos. No se han desarrollado medidas fiables y ampliamente aplicables para la disponibilidad biológica por lo que las medidas analíticas de "disponibilidad" no se pueden relacionar con la respuesta obtenida de gran número de plantas.

Las medidas de la "disponibilidad" tienen también el inconveniente de que no tienen en cuenta los cambios una vez el producto se ha depositado. Esto es lo más dudoso ya que algunos EPTs estarán en formas muy estables y será muy improbable que cambien y se vuelvan disponibles. Por otro lado, otras formas del EPT podrían ser más alterables y por tanto variar su disponibilidad, volviéndose más o menos disponibles según las condiciones del cambio. Es imposible predecir esos cambios que dependerán de factores tales como el clima, uso del suelo, tipo de suelo, otros materiales que se añadan al suelo. No obstante, la evaluación del riesgo debería contemplar las peores situaciones y por tanto uno de los factores a evaluar debería ser la carga total de EPTs acumulada por el uso continuado.

4.3.4 Metodologías para establecer los límites para un riesgo aceptable. Según el punto de vista que se adopte variará la forma de determinar las concentraciones límite de los EPTs en un producto (que se considera para tener un riesgo aceptable). Se pueden adoptar distintos protocolos para establecer los límites en relación con la seguridad del producto. Estos se pueden simplificar de la siguiente forma:

- evaluación del riesgo basada en la ausencia de efectos adversos observables (*no observable adverse effects levels*, NOAEL);
- estrategia preventiva;
- ausencia de acumulación neta (NNA);
- la mejor tecnología disponible (BAT);
- sistemas mixtos que utilicen evaluaciones de la toxicidad o consideren la protección del suelo sin cuantificar el riesgo.

Se deberían tener en cuenta muchos otros factores cuando se estudia la seguridad ambiental que proporcionan los límites máximos. Por ejemplo, muchos residuos orgánicos pueden transformarse en mejoradores de suelo, pero si no se pueden respetar los límites máximos por razones económicas o técnicas se eliminarán por las vías tradicionales de incineración o vertedero. Esto podría llevar a una disminución global de la calidad ambiental. Al contrario, límites demasiado laxos pueden conducir a una eventual polución del suelo y a la ausencia de incentivos para la mejora de la tecnología de tratamiento de residuos orgánicos. Hay que tener en cuenta las características de cada zona en relación con los límites máximos, ya que en zonas donde el suelo es pobre y hay pocas fuentes de materia orgánica, los límites demasiado rigurosos pueden impedir el uso de residuos orgánicos y el suelo se erosionará. Todo ello subraya la necesidad de tener una visión de conjunto al establecer estos límites, teniendo en cuenta otros métodos de eliminación, la calidad del suelo y la disponibilidad de otros mejoradores de suelo.

4.3.4.1 Evaluación del riesgo. NOAEL. Ausencia de efectos adversos observables. Este enfoque intenta determinar el impacto de la aplicación al suelo de agentes potencialmente polucionantes mediante el estudio de resultados experimentales y el uso de estos resultados para determinar los niveles de riesgo para la mayor parte de la población considerada. Para ello se determinan los niveles a partir de los cuales se observa un determinado efecto adverso, lo que depende de la definición de "efecto adverso" adoptada. Lo normal es seleccionar una serie de marcos en el caso de agentes polucionantes y rutas de exposición, y calcular el riesgo para la población más expuesta en cada caso. Con esta información se establecen los límites para alcanzar un determinado nivel de riesgo. Normalmente los niveles de riesgo que se seleccionan oscilan entre 1×10^{-3} y 1×10^{-6} .

El mejor ejemplo de este caso son las normas sobre lodos de depuradora [4] USEPA (Rule 503), que tiene este enfoque. Este trabajo de investigación se basó en una serie de rutas de exposición que pudieran usarse para modelizar el impacto de sustancias en el hombre y en el medio ambiente. Este estudio en el que se basaron estos reglamentos abarcó un período de 15 años e implicó a numerosos expertos de todo el mundo. De todas formas, el estudio se limitó a los lodos de depuradora y el grupo de expertos asesores recomendó que estos resultados no deberían extrapolarse a otros materiales tales como los residuos compostados. Esta advertencia se debió a la naturaleza específica de los compuestos químicos y de la matriz que los contiene.

Los límites obtenidos como resultado de ese estudio son altos comparados con los obtenidos mediante otros protocolos. Los límites máximos establecidos en Rule 503 para un uso incontrolado se dan en la tabla 1. Hay que señalar que se basan en la dieta, tipo de suelos y prácticas agrícolas de USA, y puede que no reflejen correctamente la situación europea, pero es útil como ejemplo de este enfoque, en especial si se incorporan las características Europeas a los modelos. Las conclusiones sobre algunos aspectos fueron todavía dudosas, ya que hay poca información sobre la edafofauna y los únicos organismos del suelo considerados fueron las lombrices. A pesar de estas limitaciones es un buen ejemplo para la estimación de los límites máximos basándose en el nivel de riesgo.

Tabla 1
USEPA Rule 503 límites para la distribución y
venta de lodos de depuradora

EPT	Límite de concentración
	mg/kg peso seco
As Arsénico	41
Cd Cadmio	39
Cr Cromo	1 200
Cu Cobre	1 500
Hg Mercurio	17
Mo Molibdeno	18
Ni Níquel	420
Pb Plomo	300
Se Selenio	36
Zn Zinc	2 800

En este trabajo se utilizaron solamente lodos sin adulterar ya que se encontró que la disponibilidad de los elementos variaba cuando se contaminaban los lodos artificialmente con fines experimentales. Los experimentos con lodos artificialmente contaminados (incluso mejorados por el tiempo o por su procesado) no dieron resultados representativos sobre la disponibilidad de los metales de los lodos en campo. De forma similar, no se consideraron adecuados los ensayos en maceta ya que el comportamiento de las raíces es significativamente distinto al de las plantas cultivadas en campo. Obviamente, esto es posible debido a la existencia de gran cantidad de información sobre los lodos de depuradora, lo que puede que no ocurra con otros materiales.

4.3.4.2 Estrategia preventiva. Esta estrategia asume el criterio de que no se conocen totalmente los riesgos de los EPTs, y por tanto los límites que se fijen deberían ser compatibles con un desarrollo sostenible. Uno de los principales objetivos del Tratado de la Unión Europea es promover el desarrollo sostenible respetando el medio ambiente.

Los límites preventivos van a permitir la protección del medio ambiente a largo plazo contra futuros impactos adversos. En este contexto, se deberían evitar o reducir los impactos adversos donde sea posible, incluso en lo que respecta al uso del suelo. La protección a largo plazo pretende mantener la posibilidad de distintos usos del suelo. La derivación de los valores preventivos para el suelo se basa en la idea de que cualquier suelo estará protegido contra agentes contaminantes si no se superan los umbrales con efecto ecotoxicológico (considerando la información sobre el fondo geoquímico), y si a estos niveles de concentración no aparecen evidencias de efectos indeseables o peligrosos en las plantas o en las aguas superficiales, y si hay suficientes diferencias (factor de seguridad) con los límites propuestos para la ruta de exposición “suelo-hombre.”

Desde el punto de vista de la protección del suelo, hay varias posibles opciones técnicas para limitar la entrada de sustancias. Llevada a su extremo, la estrategia preventiva se puede interpretar como la forma de evitar cualquier aumento de la concentración de EPTs en el suelo sobre los niveles actuales. Esto significa que los EPTs que se añadan al suelo procedentes de los mejoradores de suelo, fertilizantes o de la atmósfera deberían igualar las pérdidas por lavado, por la absorción de las plantas y por la erosión. Aunque este enfoque tiene fundamento [5], todavía ninguna norma adopta este criterio tan estricto, ya que tendría consecuencias serias en agricultura y en otros sectores de la economía. Una alternativa a esta interpretación tan extrema sería establecer niveles aceptables de acumulación en el suelo, y entonces definir las cargas o concentraciones en los materiales para satisfacer este objetivo. En el anexo C y en el anexo D se encuentran ejemplos para establecer los límites que siguen la estrategia preventiva.

4.3.4.3 La mejor tecnología disponible (BAT). Una alternativa a la estrategia preventiva absoluta consiste en llegar a un compromiso para seleccionar los límites mínimos que se pueden alcanzar de forma práctica. Mientras que a veces se piensa que son preferibles los valores más bajos, se toleran deficiencias en las tecnologías de procesado o en los sistemas de producción de materia orgánica. Los valores de estos límites a menudo se encuentran entre los valores obtenidos aplicando el criterio del nivel de riesgo y los obtenidos para la estrategia preventiva.

La estrategia más común es por tanto establecer los límites hasta un nivel alcanzable por la tecnología/sistema, sin ninguna referencia al nivel de riesgo asociado con esos límites. Obviamente esto es una decisión política ya que todas las soluciones técnicas tienen implicaciones económicas tanto en la industria de mejoradores de suelo/sustratos de cultivo como en otras industrias más lejanas como la de eliminación de residuos, agricultura y forestación. La norma Alemana RAL [6] (Tabla 2) es un ejemplo de aplicación de este criterio para establecer los límites.

Tabla 2
Norma Alemana RAL GZ 251 para compost, límites de EPT

EPT	Límite¹⁾ de concentración mg/kg peso seco
Cd Cadmio	1,5
Cr Cromo	100
Cu Cobre	100
Hg Mercurio	1,0
Ni Níquel	50
Pb Plomo	150
Zn Zinc	400

¹⁾ Normalizado para el 30% de materia orgánica

4.3.4.4 Estrategias mixtas. Hay casos en los que ninguna de las estrategias anteriores es totalmente adecuada y hay que considerar otros factores además de los relacionados con la seguridad. Por ejemplo, la adopción de la estrategia preventiva limitaría el uso de muchos materiales que podrían aplicarse al suelo tales como fertilizantes, estiércol de animales, lodos de depuradora, materiales residuales como los productos compostados procedentes de recogida selectiva de basuras, ya que se añadirían los metales a la carga del suelo. La disminución de la aplicación de estos materiales llevaría a un aumento del uso de otros métodos de eliminación tales como los vertederos o la incineración y a reducir potencialmente la fertilidad del suelo. Esas técnicas alternativas de eliminación también suponen una carga para el medio ambiente, de tal forma que se renuncia a esas cargas ambientales a cambio del uso de los residuos como mejoradores de suelo y a la eliminación de estos residuos cuando los controles ambientales estrictos imposibilitan su eliminación.

Hay que alcanzar un compromiso sobre los protocolos para establecer los valores de los límites. A modo de ejemplo se adjuntan a este documento tres estrategias distintas (anexos B, C, D) sin que ninguna de ellas sea recomendada o preferida por el WG 2. El documento del CEN *Propuesta para la discusión de los límites de EPTs en mejoradores de suelo y sustratos de cultivo* (anexo B) es una propuesta en la que se calculan los límites teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- toxicidad aguda para el hombre debida a la forma más tóxica asumiendo una ingestión directa por la población infantil;
- toxicidad crónica asumiendo la ingestión directa por la población infantil;

- ingestión de alimentos, 100% de los alimentos (excluida la carne y la leche) cultivados en suelos tratados con mejoradores de suelo
- aplicación de un mejorador de suelo equivalente al 50% del suelo hasta alcanzar los límites establecidos en la directiva CE de los lodos de depuradora.

En general estas estrategias mostraron que la ingestión directa era una amenaza de menor importancia que la contaminación ambiental a través de la cadena alimentaria. De todas formas, para proporcionar un factor de seguridad, estas conclusiones se basaron en planteamientos nada realistas suponiendo para el caso de mayor exposición, que todos los alimentos se cultiven en suelos tratados y basándose en índices de toxicidad referidos a las formas más tóxicas de los EPTs para los que se disponía de información. Hubiera sido más adecuado contar con que solo una parte de los alimentos se hubieran cultivado en estas condiciones, pero no había suficiente información para estimar la tasa de autoabastecimiento.

La otra carencia de este trabajo es que solo se aplica a "materiales similares al suelo" de tal forma que estos cálculos no serían adecuados para materiales con alto contenido en materia orgánica. De todas formas, estos cálculos estrechan la zona de incertidumbre y proporcionan un intervalo en el que puede alcanzarse un compromiso realista, pero es necesario señalar que esto es aplicable a una gama limitada de materiales y que habría que establecer límites alternativos para aquellos mejoradores de suelo y sustratos de cultivo que contengan materiales compostados, turba, cortezas, estiércol de animales, vermiculita, perlita, etc., así como para las mezclas de los mismos. En el anexo B figuran los detalles de estos análisis.

Para mostrar cómo pueden variar enormemente los límites según el criterio adoptado para su formulación, en la tabla 3 se resume el rango de variación de los límites propuestos en este documento.

Tabla 3
Rango de variación de los posibles límites para materiales similares al suelo (anexo B)

EPT	Clase III Uso profesional con fines no alimentarios		Límite de concentración respecto a peso seco					
			mg/kg peso seco					
	MS	SC	Clase III Uso profesional		Clase I Uso doméstico		Ingesta	
MS			SC	Toxicidad aguda	Toxicidad crónica	MS	SC	
Cd Cadmio	2)	2)	1,1-5,5	1-3	10	100	1,5	1,2
Cr Cromo	2)	2)	162-262	100-150	220 (VI)	100-400	1)	1)
					3400 (III)			
Cu Cobre*	2)	2)	82-262	50-140	880-1 240	70 000	982	500
Hg Mercurio	2)	2)	1,9-2,9	1-3	320	30-71	10,7	5,4
Ni Niquel	2)	2)	39-129	30-75	200	1 000	1)	1)
Pb Plomo	2)	2)	52-552	50-300	60-4 000	300	210	129
Zn Zinc*	2)	2)	215-515	150-300	800	1)	1 027	556

* El cobre y el zinc son micronutrientes esenciales significativos.

1) Sin determinar por la ausencia de datos.

2) Referido a la legislación nacional.

Una estrategia alternativa (propuesta por los expertos austríacos e incluida como anexo C), se basa en la idea de hacer un balance entre las entradas y las salidas para limitar la acumulación en el suelo y para contrastar estos valores con los límites para el suelo que pueden encontrarse dentro de un determinado rango en Austria, Alemania y otros países europeos. A partir de una amplia base de datos obtenida de varios trabajos de investigación sobre disponibilidad y sobre la tasa de transferencia suelo/planta, esta propuesta se basa en la asunción de que está científicamente comprobado que son “seguros” los niveles citados para el suelo.

Esta propuesta afirma que la funcionalidad de los suelos agrícolas debe mantenerse a largo plazo. Por ello, debería minimizarse la aportación de EPTs procedentes de las aplicaciones de fertilizantes orgánicos. No parece que sea una estrategia razonable superar las concentraciones límite de EPTs definidas toxicológicamente en un período de 45 años – 100 años por la aplicación de mejoradores de suelo excesivamente contaminados, por lo que los límites se revisen a los 10 años. En la tabla 4 figuran los límites que proponen los expertos austríacos basados en estos principios.

Tabla 4
Propuesta austríaca sobre límites generales de EPTs en mejoradores de suelo (basado en un 30% de materia orgánica)

EPT	Límite de concentración (mg/kg peso seco)
Cd Cadmio	1,5
Cr Cromo	150
Cu Cobre	200
Hg Mercurio	1,0
Ni Níquel	75
Pb Plomo	150
Zn Zinc	750

De todas formas, es necesario combinar la limitación de las cargas de EPTs en materiales compostados con la evaluación de las concentraciones en el suelo con el fin de disponer de una estrategia agroecológica sostenible para la protección del suelo.

Esta estrategia adopta las siguientes premisas y recomendaciones:

- a) conocimiento del fondo geoquímico de los EPTs en el suelo;
- b) repetidas aplicaciones del mejorador de suelo a dosis de 10 t peso seco/ha/año
 - satisface la demanda del manejo agrícola general (balance de humus)
 - los valores propuestos garantizan que el límite superior no se alcanzará hasta dentro de al menos 150 años (incluso si se mineraliza la materia orgánica),
- c) normalización del contenido de materia orgánica en un 30% peso seco para poder realizar comparaciones
- d) restringir la validez de los límites a 10 años – 15 años debido al posible avance de las tecnologías y del conocimiento de los riesgos.

En el anexo D se encuentra un ejemplo de una propuesta elaborada según la estrategia preventiva para establecer límites de EPTs en los suelos. Estos límites, que tienen en cuenta la textura del suelo como un factor discriminatorio para la evaluación de los riesgos, se utilizarían como base para fijar las concentraciones máximas y/o las dosis de aplicación de los mejoradores de suelo.

4.3.5 Problemas de las estrategias reguladoras. Tal como ya se ha citado, todas estas estrategias tienen deficiencias. Ninguna de ellas considera en su totalidad los impactos de los distintos materiales y el efecto de los mejoradores de suelo sobre la biodisponibilidad de los EPTs. Además, no se reflejan completamente todos los factores que regulan la biodisponibilidad de los EPTs en los mejoradores de suelo, tales como relaciones de antagonismo, proporción de arcilla (análisis mineralógico), tipo de materia orgánica presente, capacidad de intercambio catiónico, pH, etc.

Además, el hecho de disponer de límites para los productos no protege al suelo de sucesivas aplicaciones o de aplicaciones a dosis más altas, y éstos casos llevan a una acumulación en el suelo y por tanto a un aumento de las concentraciones. La propuesta austríaca propone una aplicación anual de 10 t peso seco/ha mientras que las otras propuestas mixtas asumen una aplicación total del 50 % de la masa del suelo (los primeros 150 mm).

Cualquiera que sea el límite que se establezca no se podrá aplicar a todos los tipos de mejoradores de suelo y sustratos de cultivo que considera el CEN/TC 223. Esto es problemático tanto si hay que establecer límites para cada tipo de producto como si los límites que se apliquen se restringen únicamente a un determinado subgrupo dentro de toda la gama de productos. En el primer caso parece que resultaría imposible, ya que no hay pruebas experimentales suficientes como para desarrollar límites racionales para cada producto y para las mezclas. Como alternativa, se puede establecer alguna fórmula para ajustar los límites a los distintos productos, pero no se conoce todavía la relación exacta entre los factores y la biodisponibilidad.

Si de cualquier forma se restringen los límites a un determinado grupo de productos, estos productos se verían perjudicados, ya que los fabricantes tendrían costes adicionales para su análisis y se restringiría su uso y su venta. Por otro lado, los productos que estén fuera de ese grupo y que pudieran tener niveles inaceptables de EPTs aunque no restringidos por la norma, estarían en situación de ventaja y en una mejor posición para su venta.

Así, en cada una de las situaciones el uso de valores límite influiría en el mercado, bien penalizando los productos que siendo seguros tienen altas concentraciones, o limitando los productos a los que se les aplicarían los límites. En ningún caso podría garantizarse la seguridad de los productos ya que en un sistema que establece límites aplicables a todos los productos, algunos pueden resultar aún tóxicos mientras que otros productos seguros podrían ser prohibidos.

4.3.6 Marco legal. La Directiva 86/278/CEE define la calidad de los lodos de depuradora para la protección de los suelos en la utilización de lodos de depuradora en agricultura, y muchos países han adoptado esta directiva o han establecido reglamentaciones análogas. En la tabla 5 figuran las referencias legislativas encontradas para los lodos, suelo y materiales compostados.

Por el momento los materiales compostados y otros residuos similares no están regulados por la CE, pero la mayoría de los países han adoptado normas que establecen parámetros de calidad y emplean criterios para la protección ambiental.

Se han encontrado pocas normas para otros productos, Noruega regula el contenido en cadmio en los fertilizantes inorgánicos, estableciendo el límite de 100 mg Cd/kg P [7].

Se encuentran referencias indirectas en las Directivas CEE relativas a la calidad del agua (79/869/CEE y 80/778/CEE) y en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre concentraciones máximas en alimentos y en agua potable [8].

En el anexo B se incluyen referencias muy detalladas y exhaustivas sobre niveles de toxicidad de los contaminantes inorgánicos. Ingesta diaria admisible (ADI), niveles en los productos alimenticios y bebidas y tasas de absorción por la planta y estadísticas sobre consumo de productos alimenticios. Tanto los expertos de Reino Unido (19.12.93) como los de Suecia (17.12.93) han expresado la complejidad de conseguir unos límites de "seguridad" válidos, y han proporcionado información adicional sobre valores de ingesta diaria de EPTs.

4.3.7 Recomendaciones sobre seguridad. Ha sido imposible llegar a un acuerdo en el WG 2 para establecer los límites o cualquier otro mecanismo que pudiera proteger adecuadamente la seguridad de los usuarios y al mismo tiempo no discriminar negativamente a los productos que suponen un riesgo muy pequeño o nulo para los usuarios y el medio ambiente. El trabajo del WG 2 por tanto se limitó a discutir sobre los EPTs y sobre los protocolos para establecer los límites.

4.3.8 Productos de riesgo. Todos los materiales tienen potencialmente un riesgo de contaminación con EPTs. El potencial de contaminación depende del origen (por ejemplo proceso de producción, época, materia prima, etc.). Habría que evaluar los riesgos de cada material en cada caso particular.

Tabla 5
Normas y Guías sobre los elementos potencialmente tóxicos totales (EPTs) en compost, lodos o suelo (mg/kg PS)

Documento	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	Cr ^{total}	Cr ^{VI}	Mo	Se	As	B	Co
Austria ON S2022 MSW compost 1986	1 000	400	100	4	500	4	150					100/25	
Austria ON S2200													
Compost de Bioresiduos 1993													
(basado en el 30% materia orgánica)													
clase I	210	70	42	0,7	70	0,7	70					10	
clase II	400	100	60	1	150	1	70					10	
Austria S2021 (Sustratos de cultivo) 1994	200	100	60	1	100	1	100		10		20		
Austria L 1075 Valores orientativos para el suelo ^a	300/150	100 ^b /50	60/40	1/0,5	100/50	1/0,2	100/50						
Ordenanza austriaca sobre fertilizantes LGB 6160/1994	300 ^b	100 ^b	60	1	150	1	100	2					
Mejoradores de suelo (mat. Org. > 20% ps)													
Austria Norma sobre lodos 1994													
Austria Límite inferior lodos	2 000	500	100	8	400	8	500						100
Límite lodos después del 1/1/2005	1 500	300	25	2	100	2	50						10
Límite para el suelo	200	60	50	1,5/1 ^c	100	1	100						
Austria Ordenanza sobre Compost (borrador Oct 1998)													
Agricultura	500	150	60	1	150	0,7	100						
No alimentario, recuperación de suelo	1 200	400	100	3	250	3	250						
Bélgica-compost VLACO/Min de Agricultura	300	90	20	1,5	120	1	70						
CE ECO-etiqueta-mejoradores de suelo (488/98)	300	100	50	1	100	1	100				10		
CE-Agricultura ecológica "residuos orgánicos domésticos" (2092/91/CEE)	200	70	25	0,7	45	0,4	70	0					
Alemania								n/a					
Hoja de datos M10/no alimentario	750	200	100	2,5	250	2	200						
RAL GZ251	400	100	50	1,5	150	1	100						
Blauer Engel	300	75	50	1	100	1	100						
Ordenanza bio-residuos (i)	300	70	35	1	100	0,7	70						
Ordenanza bio-residuos (ii)	400	100	50	1,5	150	1	100						
Norma para suelo de corteza RAL GZ250	300	50	30	2	80	0,5	50						
CE directiva sobre la protección del suelo (86/278/CEE)													
Límite pH suelo 6-7	150-300	50-140	30-75	1-3	50-300	1-1,5							
Límite pH suelo > 7	225-450	75-210	45-112	1-3	50-300	1-1,5							
Lodos de depuradora	2 500-4 000	1 000-1750	300-400	20-40	750-1 200	16-25	100-200						
NOTAS							b) cuando se supere debería declararse en la etiqueta						
* "total" implica la extracción en caliente con ácido fuerte concentrado							c) Cd 1,0 cuando sea el pH del suelo < 6,0						
los valores subrayados son niveles extraíbles en agua							n/a no permitido en fertilizantes						
a) un 2º valor asume un aumento provocado por el hombre de los niveles naturales del fondo geoquímico													

(Continúa)

Tabla 5 (Fin)
Normas y Guías sobre los elementos potencialmente tóxicos totales (EPTs) en compost, lodos o suelo (mg/kg PS)

Documento	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb	Hg	Cr ^{total}	Cr ^{VI}	Mo	Se	As	B	Co
Italia L 99/92 lodos	2 500	1 000	300	20	750	10							
Suelo	300	100	75	1,5	100	1							
Italia L 748/84 y modif 27/3/98 (varios mejoradores de suelo incluido compost)	500	150	50	1,5	140	1,5		< 0,5	20				60
Holanda BOOM 1998													
Compost	200	60	20	1	100	0,3	50				15		
Compost muy limpio	75	25	10	0,7	65	0,2	50				5		
Lodos de depuradora	300	75	30	1,25	100	0,75	75				15		
Noruega Ms, Sc basado en residuos org., lodos (Regulaciones sobre comercio. 1996													
clase I	400	150	30	0,8	60	0,6	60						
clase II	800	650	50	2	80	3	100						
clase III (no alimentario)	1 500	1 000	80	5	200	5	150						
España, compost (Ord. Min. 12731, 28/5/98)	1 100	450	120	10	300	7	400						
España, lodos	2 500-4 000	1 000-1750	300-400	20-40	750-1 200	16-25	100-200						
España, suelo													
pH 6-7	150-300	50-140	30-75	1-3	50-300	1-1,5							
ph > 7	225-450	75-210	45-112	1-3	50-300	1-1,5							
Suecia (SFS 1985:840)	800	600	50	2	100	2,5	100						
Suiza Stoffverordnung, 1992													
Compost	400	100	30	1	120	1	100						
Lodos de depuradora	2 000	600	80	5	500	5	500						
<i>Canadá compost orgánicos mixtos</i>	315	128	32	2,6	83	0,83	210						
<i>Canadá BC compost residuos verdes</i>	315	100	50	2,6	150	0,8	210		5	2	13		26
<i>Canadá BC fuentes separadas mezclas orgánicas</i>	315	100	50	2,6	150	0,83	210		5	2	13		26
<i>Canadá-Ontario compost residuos verdes</i>	500	60-100	60	3-4	150-500	0,15-0,5	50		2-3	2	10-20		25
<i>Canadá-Ontario-lodos</i>	4 200-840	1 700-380	420-80	34-4	1 100-220	11-1,4	2 800-500		94-1,2	34-6	170-35		340-77
<i>USA-USEPA Part 503-lodos</i>	2 800	1 500	420	39	300	17	1 200		18	36	41		
<i>USA-Florida 17-709</i>													
1	900	450	50	15	500								
2	1 800	900	100	30	1 000								
3	10 000	3 000	500	100	1 500								
4	>10 000	>3 000	>500	>100	>1 500								
<i>USA Maine-mulch, horizonte superficial del suelo</i>	2 000	1 000	200	10	700	10							
<i>USA New Hampshire</i>	2 500	1 000	200	10	250	10							
<i>Usos no alimentarios directamente para el hombre</i>													
<i>USA Minnesota 1991 compost</i>	1 000	500	100	10	500	5							
<i>USA New York 1991</i>	2 500	1 000	200	10	250	10	1 000						
NOTAS													
"total" significa extracción en caliente con ácido fuerte concentrado.													
Las normas en <i>italica</i> son aquellas de las que no se dispone de los documentos originales y se han usado los valores citados.													
Para un listado completo de las normas actuales de USA y Canadá sobre compost véanse la normas sobre Compost. Composting Council Fact Sheet. Alexandria, VA, USA Abril 1996.													

4.4 Contaminantes orgánicos

4.4.1 Descripción del riesgo. El riesgo se debe a la presencia de compuestos orgánicos de síntesis en los mejoradores de suelo que suponen un riesgo para el hombre, el medio ambiente y las plantas debido a su toxicidad o a otros efectos ambientales adversos (por ejemplo: Compuestos Orgánicos Volátiles, (COV) y su efecto en la disminución de la capa de ozono). Los compuestos orgánicos pueden constituir un riesgo debido a su volatilidad, movilidad (incluso solubilidad en agua), persistencia (baja biodegradabilidad), y biodisponibilidad.

El riesgo para el hombre está relacionado con la inhalación, ingestión, o contacto con productos contaminados durante (a) la fabricación de sustratos de cultivo sintéticos y materiales compostados a base de residuos sólidos urbanos (el riesgo profesional, probablemente el caso más serio, está fuera del campo de trabajo del CEN/TC 223, [9]), durante (b) el uso de productos contaminados (riesgo profesional y doméstico) y (c) durante el consumo de alimentos que han bioacumulado o adsorbido cantidades significativas de contaminantes orgánicos. Los riesgos para el medio ambiente están relacionados con la dispersión de compuestos volátiles en la atmósfera y con la bioacumulación de compuestos orgánicos persistentes hasta dosis con significación ecotoxicológica. Además, algunos compuestos orgánicos inducen toxicidad en las plantas.

4.4.2 Discusión de los riesgos. Los contaminantes orgánicos son consecuencia de las actividades humanas. Su presencia en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo puede deberse a las siguientes causas:

- adición voluntaria como aditivos para mejorar algunas propiedades determinadas del producto final;
- trazas de impurezas, como residuos de los procesos de producción;
- presencia generalizada como consecuencia del fondo geoquímico del material de origen no polucionado;
- presencia localizada debido a la polución del material de origen en el lugar de extracción;
- presentes como contaminantes de la materia prima del mejorador de suelo o sustrato de cultivo.

Un problema muy concreto de este riesgo es la dificultad de investigar a un coste aceptable un espectro tan amplio de contaminantes.

Los materiales compostados y los productos derivados de los residuos pueden contener contaminantes orgánicos según el origen de las materias primas. En estos productos hay que tener en cuenta tanto los contaminantes volátiles como los persistentes, ya que los materiales orgánicos degradables pueden descomponerse total o parcialmente durante el proceso de compostaje. Hay que tener en cuenta que en algunos casos los metabolitos resultantes de la degradación son más tóxicos que el producto original. Los COV pueden estar presentes en los contenedores desechables y en otros componentes de los residuos, y pueden volatilizarse durante los procesos de clasificación y las fases del compostaje [9].

Entre los contaminantes orgánicos persistentes que pueden existir en los materiales compostados y en los productos derivados de los residuos están los pesticidas (incluyendo residuos de productos prohibidos), bifenilpoliclorinados (PCBs), aril-, y aril/alquilfosfotriesteres (usados en fluidos hidráulicos, plastificantes, inhibidores de llama etc.), y policlorodibenzodioxinas y furanos (PCDD/Fs). Frike y Vogtmann [10] señalan la omnipresencia de pesticidas clorados en el ambiente, y que el lindano se encuentra con frecuencia en materiales compostados cuando se añaden astillas. De todas formas, los niveles de lindano son demasiado bajos en general como para influir en la calidad del compost. Los mismos autores señalan en estudios sobre degradación que con el compostaje puede degradarse mucho el HCH (hasta un 86%), el DDX hasta un 64% y los hidrocarburos poliaromáticos (PAHs) hasta un 56%. Los PCBs se degradan hasta un 45%, mientras que no hay estudios concluyentes sobre la degradación de los PCDD/F.

Hay bastante bibliografía sobre los compuestos orgánicos de los lodos de depuradora. Los estudios subvencionados o publicados por la CEE [11] señalan como posibles contaminantes de los lodos de depuradora los hidrocarburos alifáticos y aromáticos, hidrocarburos halogenados, pesticidas organoclorados, PCBs, PAHs, ftalatos, y surfactantes. Un problema analítico importante de estos estudios es el gran número y la gran diversidad de formas químicas de los compuestos cuyo estudio estaría justificado. Además, como ya se mencionó antes, habría que tener en cuenta la presencia de productos de la degradación.

En cuanto a los PAHs, hay un acuerdo general sobre que las emisiones aéreas tienen más importancia en la contaminación del suelo que los lodos de depuradora, aunque se ha observado en las últimas décadas [11] un ligero pero constante incremento de la concentración de PAHs en el suelo. Webber y Goodin [12] estudiaron los COV en lodos, y Hembrock-Heger [13] evaluaron los factores de transferencia de contaminantes orgánicos persistentes en suelo, plantas y alimentos. Welp y Brümer [14] midieron la toxicidad de contaminantes orgánicos para los microorganismos del suelo, obteniendo una amplia gama de respuestas entre las que destaca la respuesta al pentaclorofenol.

Wild et al. [15] evaluaron la exposición humana a los PCDD/Fs por la aplicación de lodos de depuradora en agricultura, y concluyeron que la exposición del hombre a esos contaminantes es alta si los lodos contienen concentraciones de 33 I-TEQ - 37 I-TEQ (Factor Equivalente de Toxicidad, que expresa la toxicidad de un único PCDD en relación con el más tóxico que es el 2, 3, 7, 8-T4CDD). Para este autor la aplicación de lodos de depuradora en agricultura parece tener sólo un efecto pequeño para el hombre. Se han identificado los mecanismos más importantes de transferencia de los PCDD/F y de otros compuestos lipofílicos (por ejemplo PAH, PCB; pesticidas organoclorados, hidrocarburos alifáticos y aromáticos, hidrocarburos clorados, ftalatos, surfactantes) en la ingestión por el ganado de lodos adheridos a la vegetación. La conclusión fue que los valores de referencia (REF) de la OMS/EURO TDI de 10 pg I-TEQ/Kg y día se superan solamente cuando el lodo tiene una concentración muy alta, y cuando el individuo consume productos que proceden exclusivamente de zonas tratadas con lodos.

La United States Environment Protection Agency (USEPA) ha promulgado la norma para la eliminación de lodos [16], y para su elaboración se investigaron una serie de potenciales polucionantes. Para algunos de ellos (dimetilnitrosamina y tetraclorofenol) se encontró que las altas concentraciones presentes en los lodos no impedían las aplicaciones en agricultura, y para otros no había suficientes datos y se investigará en el futuro. Entre estos está el benzo(a)antraceno, bis(2-etilexil ftalato), los PCDD y PCDF, metileno bis(2-cloroanilina), metileno cloro, pentaclorofenol, y tricresil fosfato. Actualmente se está realizando el muestreo de los PCDD/F en los lodos y su análisis para establecer la futura norma.

En productos derivados de restos de animales y peces se pueden encontrar antibióticos y otros medicamentos. La delegación noruega en el WG 2 informó de la presencia de residuos de ácido oxolínico de un tratamiento médico en residuos de pescado.

En productos de origen natural tales como cortezas y fibras de madera se pueden encontrar contenidos normales de pesticidas clorados (DDT, lindano) o de manera más significativa, procedentes de los tratamientos con pesticidas durante el cultivo para la producción de madera fuera de la UE. El lindano puede ser un contaminante poco importante en países en los que se ha prohibido su uso. Los expertos alemanes señalan que a veces se superan los límites de lindano, cipermetrina y DDT en cortezas y fibras de yute, y que la paja puede estar contaminada con fungicidas. Entre los expertos del WG 2 hubo consenso sobre que la mayoría de los productos contaminados con lindano (por encima de los niveles normales) se encuentran en cortezas importadas de países del este de Europa.

Se han encontrado herbicidas en turba como residuos de la preparación para la extracción (Comunicación de los expertos franceses). Hasta que se disponga de más información sobre este tema, se dice que en el futuro se espera que disminuya su presencia al adoptarse cada vez más métodos de extracción de turba que no necesitan el uso de herbicidas.

Los productos derivados de madera/fibras pueden contener trazas de conservantes de madera que son persistentes (pentaclorofenol, PCP) cuando se usa madera tratada. El WG2 no disponía de información sobre los posibles niveles de PCP en estos materiales.

Los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo inorgánicos artificiales tales como la lana de escoria y la lana de roca pueden contener resinas de fenol-formaldehido como aglomerantes, aceite mineral, y polipropilenglicol como agentes para eliminar el polvo [17]. Estos compuestos se añaden durante el proceso de fabricación para mejorar algunas características tales como hidrofobia, duración, y manejo. No había información disponible sobre los niveles de estos compuestos en los productos finales, para evaluar el riesgo potencial para los usuarios, las plantas y el medio ambiente.

Los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo sintéticos pueden contener monómeros, plastificantes e inhibidores de llama residuales que pueden ser dañinos (tóxicos) para los usuarios y las plantas. En particular, la espuma de poliuretano puede contener uretano y aminos aromáticas, la ureaformaldehido puede contener formaldehido libre, el polifenol puede contener fenol libre y en el poliestireno se puede encontrar monómero de estireno. El WG 2 piensa que hay muy poca información referente a tales contaminantes orgánicos, que está dispersa y que es muy difícil de evaluar y comparar.

4.4.3 Marco legal. La normativa existente sobre materiales compostados se encuentra resumida por Raninger [18]. Los contaminantes orgánicos que están regulados en algunos países, pero no en todos, de la UE y de la EFTA son el HCH (lindano), PAHs, PCBs, PCDD/Fs, y AOX (compuestos orgánicos halogenados). Según esa fuente, no es necesario establecer límites para los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, “dada la información disponible y el estado de la cuestión”.

La Norma Alemana RAL GZ250 establece un límite voluntario de “residuos de insecticidas (lindano, cipermetrina)” en productos a base de cortezas de < 0,5 mg/l materia fresca.

En la Directiva 80/778/CEE (aguas destinadas al consumo humano) hay una referencia indirecta sobre los contaminantes que se controlan en otras áreas, y en ella se identifican compuestos orgánicos indeseables en el agua potable, y establece límites restrictivos, Concentraciones Máximas Admisibles (MAC) o Niveles Guía (GL) tal como se resume en la tabla 6.

Tabla 6
Contaminantes a controlar en el agua potable Directiva 80/778/CEE

Compuesto	MAC o GL	Límite
Sustancias extraíbles con cloroformo	GL	0,1 mg/l residuo seco
Hidrocarburos disueltos o emulsionados; aceite mineral	MAC)	10 µg/l
Fenoles, excluidos fenoles naturales que no reaccionan con el cloro	MAC	0,5 µg/l
Surfactantes (MBAS)	MAC	200 µg/l laurilsulfato
Compuestos organoclorados distintos a los pesticidas	GL	1 µg/l
Pesticidas y productos afines incluidos insecticidas (organoclorados persistentes, organofosforados, carbamatos), herbicidas, fungicidas, PCBs y PCTs	MAC total MAC de cada grupo	0,5 µg/l 0,1 µg/l
PAHs	MAC	0,2 µg/l

4.4.4 Información adicional. En distintos documentos elaborados por el WG 2 se han propuesto una serie de límites para contaminantes específicos así como medidas reguladoras, que se resumen en la tabla 7 [19,20,21,22,23].

Tabla 7
Ejemplos de materiales con potencial contaminación de compuestos orgánicos y medidas de control adoptadas o propuestas

Material	Contaminante	Notas
Corteza	Pesticidas, lindano, DDT, cipermetrina	Igual o menos de 0,5 mg de lindano o de cipermetrina por litro de materia fresca (Propuesta alemana)
Paja	Pesticidas, fitoreguladores	
Fibras orgánicas	Conservantes de la madera	
Serrín	Pentaclorofenol	
Fibras de yute	Lindano, DDT, cipermetrina	
Productos de síntesis	Monómeros, plastificantes	
Poliuretano		Los expertos alemanes propusieron una declaración en la etiqueta: "libre de impurezas orgánicas", y "libre de aditivos que reducen la combustión"
Polifenol	Fenol	
Ureaformaldehido	Formaldehido libre	
Poliestireno	Monómero de estireno	
Poliacrilamida	Monómero de acrilamida	
Residuos de la acuicultura	Antibióticos (por ejemplo ácido oxolínico)	Noruega recomienda la suspensión del uso como ingredientes de los MS/SC de residuos de acuicultura que contengan peces muertos que tengan probablemente trazas de antibióticos
Suelo	PCB	Francia propone entradas máx. en el suelo de 1 mg/ha/año. (propuesta CEE 91/299/05)
Lodos de depuradora	Nonilfenol máx 50 mg/kg PS Tolueno máx 5 mg/kg PS 3 PAH máx 3 mg/kg PS 3 PCB máx 0,4 mg/kg PS	

Otras medidas reguladoras propuestas son el establecimiento de cargas críticas para el suelo (calculadas por los expertos belgas en un documento interno), declaración de procedencia de fuentes no contaminadas (propuesta por los expertos alemanes como una declaración de calidad) y el posible uso de bioensayos tales como Microtox [25] [26] para investigar al menor coste posible los compuestos tóxicos. Tras la revisión de la documentación disponible, los expertos del WG 2 consideraron que no se habían realizado suficientes ensayos sobre los materiales de interés, y por tanto, es prematuro por ahora adoptar medidas para determinar la toxicidad de los contaminantes orgánicos en mejoradores de suelo y sustratos de cultivo.

4.4.5 Recomendaciones sobre seguridad. Se acordó que la información disponible es muy escasa (de hecho no se suministraron datos concretos que avalaran los límites propuestos) y que no supone una base sólida para establecer una norma de seguridad. Se tuvo en cuenta de manera especial la extrema variabilidad de las condiciones analíticas en las que se obtuvieron los datos disponibles, y el elevadísimo coste de los métodos analíticos para la determinación de los contaminantes orgánicos comparado con los beneficios obtenidos.

Como conclusión, aunque no es deseable la presencia de contaminantes orgánicos en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, no se pueden proponer todavía unos límites debido a las razones técnicas y comerciales expuestas anteriormente.

4.5 Componentes minerales

4.5.1 Descripción del riesgo. Todos los minerales molidos pueden producir polvo, y la inhalación durante largos períodos de tiempo de cantidades considerables de cualquier materia inerte (o el llamado polvo molesto), puede sobrecargar el mecanismo de limpieza pulmonar, haciendo que los pulmones sean más vulnerables a enfermedades respiratorias.

Los componentes tóxicos de un mineral podrían incrementar el riesgo relacionado con la exposición al polvo respirable.

La sílice es un material muy abundante en diversas formas y representa aproximadamente el 20% de la corteza terrestre, siendo el 95% cuarzo. Aparece en casi todas las operaciones de minería, y como es un mineral muy corriente ha sido objeto de estudios muy detallados, resumidos en “Crystalline Silica Primer” publicada por el Bureau of Mines de USA [27].

Se encuentran trazas de sílice libre en algunos silicatos mientras que la arena y la grava están formadas principalmente por sílice libre en forma de cuarzo. Durante décadas se ha sabido que la exposición continuada y excesiva a altas concentraciones de sílice libre en el polvo respirable puede causar una enfermedad pulmonar profesional, la silicosis [28]. Es una enfermedad pulmonar no cancerígena, pero muy grave. Recientemente se ha centrado la atención en la posibilidad de relacionar la exposición a la sílice y el cáncer de pulmón. Todavía el tema está sin resolver debido a la existencia de factores confusos en los estudios en humanos y a imperfecciones en los estudios sobre animales. En USA los minerales que contienen más de 0,1% de sílice libre están sujetos a la Guía Federal relativa a la información sobre los riesgos. Se sabe que las fibras de amianto son cancerígenas y el uso de amianto en Europa está regulado por Directivas CE. Entre ellas está la Directiva 91/382/CEE que modificó la Directiva 83/477/CEE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto. También la Directiva 90/394/CEE, sobre agentes carcinógenos, regula los componentes minerales.

Las fibras minerales sintéticas son objeto de amplios estudios y publicaciones internacionales. Algunas autoridades han considerado estos materiales como posibles carcinógenos basándose en estudios que han mostrado alguna asociación entre las señales minerales sintéticas y el cáncer de pulmón pero solo tras inyección intravenosa. La International Agency for Research on Cancer (IARC) clasifica las fibras minerales como posibles carcinógenos. En su informe de 1988 [29] la IARC indica que hay pruebas suficientes para considerar que la lana de vidrio es cancerígena si se inyecta en animales, pero no hay suficientes pruebas para considerarla cancerígena para el hombre y son escasas e insuficientes las pruebas relacionadas con la lana de roca y la lana de escoria. En 1997 la CE clasificó las fibras de lana mineral como “posibles agentes cancerígenos” (clase 3) [30]. En algunos países europeos existen normativas ocupacionales y se han establecido límites para la exposición durante largo tiempo a las fibras minerales por ejemplo en Reino Unido 5 mg/m³ (8 horas TWA período de referencia) [31].

4.5.2 Productos de riesgo. Todos los mejoradores de suelo (MS) y sustratos de cultivo (SC) pueden considerarse un peligro ya que pueden crear polvo en algunas condiciones de uso. De todas formas, este riesgo se elimina con medidas sencillas.

La perlita y la vermiculita son silicatos y pueden contener trazas de sílice libre pero la cantidad presente, incluso con altas concentraciones de polvo, será baja y se elimina con medidas preventivas normales contra el polvo.

Se han realizado estudios sanitarios en trabajadores relacionados con la perlita durante 40 años, y en otros estudios científicos se concluye que la perlita no es dañina para la salud. Algunos de los trabajos más importantes relacionados con el riesgo para la salud asociado con la perlita se encuentran en Weil (1990) [32], Cooper y Sargent (1986) [33], WIL Research Laboratories (1982) [34], Rosner-Hixson Laboratories (1977) [35], National Academy of Sciences (1981) [36], Association of American Feed Control Officials (1992) [37], y United States Department of Agriculture [38].

Está bien determinada y es conocida por los fabricantes de vermiculita exfoliada de la CE la presencia de fibras de amianto en algunos yacimientos conocidos de materia prima de vermiculita. Los principales suministradores de vermiculita aseguran que se han realizado estudios para verificar la ausencia de fibras de amianto o, si existen, que sea a un nivel tal que no constituya un riesgo reconocido para la salud. De los estudios publicados y de otras fuentes de información se puede concluir que la vermiculita exfoliada producida en Europa no supone un problema sanitario reconocido.

Entre las publicaciones relacionadas con esto están Hunter y Thomson (1973) [39], Parks (1974) [40], Goldstein y Rendall (1969) [41], Swenson (1975) [42].

Es necesario tomar medidas preventivas para materiales como la lana de roca, lana de vidrio etc., para prevenir la inhalación del polvo de las fibras en relación con todos los componentes minerales. De todas formas, en horticultura los niveles de exposición son menores porque los productos a base de lana mineral se utilizan húmedos. El nivel de exposición disminuye cuando se usan envasados en bolsas de polietileno. No obstante, hay casos en que los productos se utilizan sin envasar, y puede haber situaciones de exposición cuando se desechan los productos y/o se dejan secar.

Algunos países tienen límites en cuanto a la exposición durante el trabajo a las fibras minerales sintéticas relacionados con el uso de materiales secos sin envasar. En general en la industria de fibras sintéticas se considera que los niveles normales de exposición no implican un riesgo carcinógeno de consecuencias prácticas para la salud. Esto está avalado por estudios realizados por las empresas productoras y usuarias sobre la mortalidad y morbilidad de los trabajadores. El International Programme on Chemical Safety (IPCS) en 1998 [43] revisó las fibras minerales sintéticas y concluyó que el posible riesgo de cáncer pulmonar es muy bajo para el público en general en caso de que exista, y que si continúan los bajos niveles de exposición no debe ser un tema preocupante. El International Labour Office [44] manifestó su acuerdo con el IPCS en 1989.

Entre las publicaciones relacionadas con esto están Brown et al. (1991) [45], Chiazze et al. (1993) [46], Hughes et al. (1993) [47], Marsh et al. (1990) [48], Simonato et al. (1988) [49], Wong et al. (1991) [50], y la European Insulation Manufacturers Association (1994) [51].

4.5.3 Marco legal. No existe ninguna normativa sobre los componentes minerales de los mejoradores de suelo y susstratos de cultivo.

En los productos minerales tiene menos importancia la cantidad total de componentes tóxicos que la cantidad inhalada y en especial las fracciones respirables inhaladas y muchos países tienen límites de exposición profesional para las fracciones de polvo total inhalable y respirable. Actualmente estos límites pueden variar ligeramente de unos países a otros, pero sus bases reguladores avalan varias Directivas CE entre las que se incluye la Directiva 80/1107/CEE "Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo", y la Directiva 91/659/CEE que adaptó al progreso técnico el Anexo 1 de la Directiva 76/769/CEE relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos.

Hay que tener cuidado al interpretar los mencionados límites o las concentraciones de sílice libre y de fibras de amianto en los minerales y en el polvo asociado a ellos. Ambos son muy difíciles de detectar a bajos niveles y hasta ahora no hay métodos de ensayo normalizados reconocidos internacionalmente para detectarlos. Las técnicas actuales pueden detectar aproximadamente un 1% de sílice libre (aunque algunos métodos afirman detectar niveles más bajos), y aproximadamente un 0,001% de fibras de amianto, pero estos métodos sólo están validados parcialmente.

4.5.4 Recomendaciones sobre seguridad. En aplicaciones comerciales, el uso de medidas básicas para controlar el polvo durante el manejo de los MS o SC secos o durante su humectación antes del uso eliminarán el riesgo asociado a la mayoría de estos materiales. Los niveles de exposición por lo general están muy por debajo de los límites nacionales. Se requerirá la protección obligatoria o el control cuando la exposición se aproxime a las normas nacionales.

Durante el uso doméstico se eliminarán los riesgos utilizando los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo en zonas bien ventiladas y manteniendo unas condiciones básicas de higiene personal.

Los fabricantes de mejoradores de suelo y sustratos de cultivo están obligados por ley a suministrar elementos de protección y a proporcionar la adecuada orientación para garantizar la seguridad de sus productos.

4.6 Riesgos biológicos, patógenos para el hombre y los animales; subproductos microbianos y alérgenos

4.6.1 Descripción del riesgo. Los virus, bacterias, incluyendo actinomicetos, hongos, protozoos y helmintos pueden contaminar o desarrollarse en materiales orgánicos durante el proceso de producción, descomposición o compostaje y almacenamiento. Algunos pueden causar infecciones y otros, especialmente los hongos y los actinomicetos, pueden causar alergias u otras enfermedades, tales como irritación de las mucosas, rinitis, asma, alveolitis alérgica o fiebre del heno, ya sea directamente o a través de sus productos. De todos ellos, los más importantes son, probablemente, las bacterias Gram-negativas y las fecales, los actinomicetos termofílicos y el hongo *Aspergillus fumigatus*. Puede haber riesgo de ingestión y de contacto dérmico durante el uso doméstico y profesional pero el riesgo de inhalación es más alto durante la fabricación y mezcla que durante el uso. Los patógenos y los alérgenos tienen distintos riesgos pero su origen y las especies implicadas no se diferencian claramente y son similares los métodos de control.

4.6.2 Riesgos asociados con los microorganismos y sus productos. La *infección* se produce por ingestión de material contaminado, por penetración dérmica a través de heridas abiertas, pinchazos y cicatrices.

La *irritación de las mucosas* generalmente provoca una tos seca, irritación de los ojos, nariz y garganta puede representar un efecto irritante que no implique respuestas inmunes ni a mediadores. Puede causarse por exposición a bajas concentraciones de endotoxinas o de otros componentes de los bioaerosoles.

La *bronquitis y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica* pueden tener su origen en la exposición a endotoxinas, quizás a mayores dosis que las que provocan irritación de las mucosas, pero quizás también puede deberse a reacciones inespecíficas al polvo o a otros componentes de los aerosoles. No se conoce el papel de las esporas fúngicas pero puede haber una interrelación en enfermedades atópicas (una predisposición constitucional a la sensibilización por la exposición normal, diaria a los alérgenos transmitidos por el aire, incluyendo pólenes, esporas de hongos, insectos, arañas y sus productos, pieles de animales y otros materiales proteínicos).

La *rinitis alérgica y el asma* son enfermedades inflamatorias y obstructivas de las vías largas y del tracto respiratorio superior y en individuos atópicos. Los síntomas aparecen rápidamente tras la exposición e intervienen anticuerpos IgE específicos.

La *alveolitis alérgica extrínseca* es una reacción inflamatoria granulomatosa dependiente de los T-linfocitos, sobre todo del tejido periférico de intercambio gaseoso de los pulmones, que no depende demasiado de la predisposición constitucional [53]. Los síntomas agudos de la alveolitis alérgica aparecen varias horas después de la exposición al polvo que lo provoca e incluyen frío, fiebre, tos, malestar, y, tras exposiciones repetidas, aumento de la dificultad respiratoria y pérdida de peso. Eventualmente, puede producir un daño pulmonar permanente.

El diagnóstico se basa en la historia de la exposición al antígeno pertinente, en los cambios clínicos, radiográficos y funcionales típicos de la enfermedad, y en la presencia de precipitados de anticuerpos IgG (precipitados) del agente causal, con la posible presencia de sonidos pulmonares anormales, deterioro de la capacidad de difusión pulmonar, tensión arterial del oxígeno más baja, un defecto restrictivo de la ventilación, aumento de linfocitos e infiltraciones granulomatosas y con la reproducción de la enfermedad al inhalar un determinado antígeno [54] [55]. Los precipitados indican una exposición al antígeno y se tiene que probar su relación con la enfermedad.

La alveolitis alérgica extrínseca es una enfermedad profesional y los distintos nombres que reciben las distintas formas de la enfermedad reflejan generalmente el medio en el que se produce o la fuente del aerosol antigénico. Está provocada por una serie de bioaerosoles que a menudo contienen esporas de hongos y de actinomicetos. El pulmón de granjero es el ejemplo clásico de una alveolitis alérgica.

La *fiebre por inhalación o síndrome del polvo orgánico tóxico* (ODTS) puede compartir algunas características de la alveolitis alérgica. De nuevo se produce por una intensa exposición a los bioaerosoles que da síntomas de gripe, con leucocitosis y fiebre pero que no parece requerir una sensibilización previa o un desarrollo de anticuerpos mientras que pueden producirse o no síntomas respiratorios y cambios radiográficos. A menudo puede verse afectado un grupo de trabajadores que se exponen a la vez y sus edades son normalmente inferiores a las asociadas con la alveolitis alérgica.

Se ha sugerido que los hongos, bacterias, micotoxinas y endotoxinas pueden ser la causa del ODTS, [54] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62] [63]. Puede producirse por dosis elevadas de endotoxinas de las que se sabe que producen reacciones febriles por inhalación. De todas formas, nunca se ha definido la biología del medio aéreo en el que se ha producido este síndrome, y no se ha podido establecer el papel de cada microorganismo.

Las endotoxinas pueden causar síntomas febriles como la fiebre endotoxínica y se han encontrado relaciones significativas dosis-respuesta entre el nivel de endotoxinas en el aire y el deterioro de la función pulmonar en trabajadores en distintos ambientes, [64] [65] [66] [67].

Bacterias Gram-negativas

Las bacterias gram-negativas de origen vegetal suponen un riesgo respiratorio potencial como fuentes de endotoxinas y alérgenos. La más conocida es la epifita *Enterobacter agglomerans* (sinónimo de *Pantoea agglomerans*, *Erwinia herbicola*) [65] [68] [69] [70] [71] que se encuentra en algunas plantas y productos vegetales [72]. Esta especie se caracteriza por desarrollar un color amarillo cromogénico, ser anaeróbica facultativa, ser un bacilo fermentativo con flagelos peritricos y las paredes celulares contienen lipopolisacáridos conocidos como endotoxinas que se han asociado a una serie de enfermedades profesionales. La fiebre y los problemas respiratorios se han asociado con concentraciones de bacterias gram-negativas superiores a 1 000 bacterias Gram-negativas o a 0,1 µg de endotoxinas/m³ de aire. Pequeñas dosis de endotoxinas pueden causar irritación de las mucosas y dosis más altas bronquitis o fiebre por inhalación (síndrome del polvo orgánico tóxico) [65] [73] [74]. Las endotoxinas en los trabajadores que tratan las aguas residuales se asocian con síntomas similares a la gripe, con cansancio, fiebre e irritación del tracto respiratorio superior y de los ojos [75] pero esto es más probable que ocurra durante el proceso de producción de MS y SC [76].

Otras bacterias gram-negativas comunes en polvos orgánicos y que presentan un riesgo potencial para la los trabajadores expuestos pertenecen en su mayoría a los géneros *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Alcaligenes* y *Acinetobacter* [68] [77] [78]. La presencia de *Alcaligenes faecalis* puede ser normal en bioaerosoles en granjas de animales y en plantas de procesamiento de vegetales [79] [80] y puede provocar desordenes respiratorios en ambos ambientes [81] [82].

Bacterias fecales

La presencia de patógenos fecales en los MS/SC, tales como *Salmonella spp*, supondrán un riesgo de infección para los que manejen estos materiales. El mayor riesgo probablemente está en los materiales derivados de los lodos compostados. La materia prima de los lodos contiene muchos tipos de microorganismos, en número de $1,6 \times 10^4$ ufc/ml - $6,2 \times 10^5$ ufc/ml de coliformes totales, $(3,4 \times 10^3 - 4,9 \times 10^5)$ de coliformes fecales, y $(6,4 \times 10^2 - 4,5 \times 10^4)$ estreptococos fecales/ml [83]. La relación entre coliformes fecales y coliformes totales varía entre (8,3 – 47,6)%. Puede haber *Salmonella spp* en concentraciones superiores a $(10^3 - 10^6)/l$ [84] [85]. El proceso activado de depuración de los lodos hace disminuir el total de bacterias coliformes fecales, estreptococos fecales, *Salmonella*, *Shigella* y *M. tuberculosis* un 25-99%, el virus de la polio un 90% y el virus A9 coxsackie un 98%. La eficacia del tratamiento no depende sólo de la degradación eficaz sino también de la separación completa de los microorganismos de los lodos depurados del efluente purificado secundario por sedimentación. Los patógenos que queden en el lodo seco se pueden eliminar por tratamiento con altas temperaturas antes de su eliminación. Durante el compostaje se producen altas temperaturas, normalmente alrededor de 55 °C, que pueden pasteurizar de manera eficaz los materiales contaminados con material fecal. De todas formas, es imprescindible que toda la masa alcance la temperatura requerida durante el período de tiempo necesario para eliminar todos los entero- patógenos y la cuidadosa monitorización de los parámetros del proceso.

Es difícil determinar el riesgo para la salud de los aerosoles ya que muchas bacterias proceden del medio natural. Se han descrito síntomas gastrointestinales, “Síndrome de los trabajadores de los lodos”, en trabajadores expuestos a numerosas bacterias Gram-negativas en el aire [86] y se han citado enterotoxinas de *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *E. coli*, *Aeromonas*, *Proteus* y *Pseudomonas* [87] [88]. De todas formas, los niveles de infección entre la población que vive cerca de las plantas de tratamiento de lodos no difieren de los de la población que vive en otras zonas [89] [90] [91] por lo que el riesgo de tales infecciones en las personas que manejen los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo es probable que sea muy bajo. De todas formas, la situación más delicada, se da durante el uso de estos materiales en jardinería doméstica y los productores tienen la obligación de advertir a los consumidores.

Salmonella en el suelo

El principal habitat de la *Salmonella* es el tracto intestinal de las personas y de los animales. La contaminación del agua, del suelo y de las plantas con excrementos puede causar su diseminación a través del medio natural. Excepto en el caso de *S. Bareilly*, parece que la *Salmonella spp.* no se multiplica significativamente en el medio natural, pero puede sobrevivir varias semanas en el agua y varios años en el suelo si las condiciones de temperatura, humedad y pH son favorables [92]. La supervivencia en suelo de *Salmonella Dusseldorf* disminuyó por el efecto bactericida de la estreptomycinina y por el desarrollo del conocido productor de estreptomycinina, *Streptomyces bikiniensis*, pero aumentó por la presencia de *Stm lividans* [93]. Se ha detectado la presencia de *Salmonella* en mejoradores de suelo comerciales procedentes de lodos de depuradora compostados pero no en agentes de esponjamiento y solo en pequeñas cantidades en lodos de depuradora compostados utilizados como materia prima. La distribución de los serotipos de *Salmonella* no sugiere una fuerte correlación entre la presencia de *Salmonella* en los materiales compostados y la incidencia de infecciones de *Salmonella* en la población. Estos resultados sugieren que la necesidad de preocuparse de que las enmiendas de suelo a base de lodos sean una fuente de infección de *Salmonella* es mínima aunque los productos no estén carentes de riesgo. El análisis de la exposición demostró que en la mayoría de las situaciones la probabilidad de infección es muy baja. De todas formas, el aislamiento frecuente de *Salmonella* y la predominancia de un serotipo comunmente aislado en niños infectados apoya la necesidad de seguir con el requisito de que los productos cumplan las normas referidas a bacterias antes de su uso por el gran público [94].

La comparación del recuento de placas y de ensayos de inmunoabsorción ligada a enzimas (ELISA) con el ensayo de anticuerpos por fluorescencia en microcápsulas (FA) de *Salmonella* en suelos indicó la producción de salmonellas viables pero no cultivables en suelos no estériles. Cuando se monitoriza por conteo de placas, la supervivencia de *Salmonella* era mayor en suelo estéril que en suelo no estéril. En suelo no estéril, el recuento en placas caía rápidamente con el tiempo pero los conteos directos de FA y ELISA mantenían el nivel. Las células de *Salmonella* progresivamente se hacían más pequeñas y más redondas con el tiempo. Las células muertas de *Salmonella* introducidas en el suelo desaparecían rápidamente [95]. Largos períodos de tiempo con temperaturas superiores a 55 °C durante el compostaje disminuían el número de *Salmonellas* hasta niveles aceptables [96]. De todas formas, Burge et al. (1987) [97] indicaron una posible reinvasión de *Salmonella* después del compostaje de residuos. Solo se ha hecho referencia a las técnicas que tienen la sensibilidad suficiente como para detectar hasta una célula por 100 g de suelo aunque el método generalmente requiere 72 h, y más tiempo para confirmar el resultado. Una variante más rápida utiliza bacteriófagos luminiscentes (*lux-*) [95].

Escherichia coli en el medio natural

El conteo de coliformes se ha establecido como un método importante para asegurar el nivel de contaminación fecal aunque es necesario controlar cuidadosamente el procedimiento debido a que su aislamiento puede verse afectado por la presencia de otros organismos. De todas formas, la principal preocupación ha sido generalmente la presencia de *E coli* en el agua y hay pocos datos sobre su presencia y sobre su supervivencia en suelo. LA OMS (WHO) [98] permite la presencia de 10 coliformes/100 ml de agua para el agua suministrada a pequeñas comunidades pero en USA [99] el límite está en 0 coliformes/100 ml. Se dice que se pueden detectar altas concentraciones de coliformes fecales en la mayoría de las muestras de acondicionadores de suelo procedentes de lodos de depuradora pero Andrews et al. (1994) [100] no encontraron *E. coli* ni *Salmonella spp* entre los 10^7 bacteriano a 10^9 bacterias termofílicas tolerantes a los metales y a los antibióticos en muestras de materia prima y material compostado maduro de grandes plantas de compostaje de residuos urbanos. De todas formas, se puede detectar *E coli* sin que exista contaminación fecal humana, especialmente en países tropicales. Se ha aislado *E coli*, fenotípicamente muy similar a los aislados fecales, de epifitas a 15 m sobre el nivel del suelo en bosques tropicales. Puede que esta contaminación proceda de los pájaros o de otros animales [101].

Legionella

La enfermedad del legionario o legionelosis es una forma atípica de neumonía que no se trasmite de una persona a otra pero la infección se asocia generalmente con la inhalación de aerosoles de agua que contenga bacterias viables de *Legionella*. De todas formas, se ha informado de una serie de brotes asociados con el manejo de SC en Australia [102]. Estos podrían proceder posiblemente de los aerosoles formados durante el riego a presión ya que hay pruebas de que la bacteria estaba presente en la mezcla de sustratos y podría sobrevivir ahí durante varios meses. La *Legionella* se encuentra ampliamente dispersa en los manantiales de agua, incluyendo lagos, ríos, arroyos y charcas, y también se puede encontrar en suelos y en vegetación en descomposición. Posiblemente puede encontrarse en las aguas de animales y granjas pero no está claro que estas fuentes sean más importantes que otras del medio ambiente. En Inglaterra y Gales, cada año hay aproximadamente (100-200) casos de la enfermedad del legionario, sobre todo en gente que ha viajado recientemente al extranjero aunque la mayoría de los casos están asociados con los sistemas de aire acondicionado y las torres de refrigeración de los hoteles, hospitales y otros edificios. De todas formas, muchos casos son esporádicos y no se puede determinar el origen de la infección. No se han realizado ensayos en Reino Unido sobre *Legionella* en productos a base de madera compostada aunque las pruebas de Australia sugieren que podría estar presente en materiales procedentes de zonas más cálidas. Estos pueden presentar un riesgo pequeño pero evidente para los usuarios por los aerosoles producidos durante el riego, pero se cree que el riesgo de contraer así la enfermedad del legionario es insignificante.

Actinomicetos termofílicos

Los Actinomicetos son bacterias filamentosas Gram-positivas con muchas de las características morfológicas de los hongos, pero con la estructura y fisiología de las bacterias. Muchas especies tienen esporas de aproximadamente 1 µm de diámetro que pueden ser fácilmente transportadas por el aire. Están por tanto bien adaptadas para la penetración profunda por inhalación en los pulmones.

Algunos Actinomicetos, por ejemplo *Nocardia asteroides*, pueden causar una infección, pero no se ha determinado nunca la patogenidad de las razas saprofitas en suelos o en productos almacenados. Hay otras especies importantes por su relación con la alveolitis alérgica, una reconocida enfermedad pulmonar profesional, que afecta sobre todo a agricultores y trabajadores del champiñón expuestos a gran número de esporas procedentes de los piensos enmohecidos y de los compost. Las especies implicadas son *Saccharopolyspora rectivirgula* (Sinónimos: *Faenia rectivirgula*, *Micropolyspora faeni*), *Thermoactinomyces vulgaris*, *T. thalophilus*, *Saccharomonospora viridis* y *Thermomonospora* spp. [103] [104] [105].

En el caso del heno y del grano de cereales almacenado, son más numerosos los actinomicetos, especialmente *S. rectivirgula* y *Thermoactinomyces* spp, después de su almacenamiento con una humedad superior al 35% y con temperaturas de (50-65) °C. Este heno pueden tener hasta 10⁹ esporas/g de peso seco que se liberan en forma de nubes cuando el heno se remueve, alcanzándose concentraciones de 10¹⁰/m³ en el aire. La *Thermomonospora* spp., especialmente *T. fusca*, *T. curvata* y *T. chromogena*, proliferan en el compost de champiñones preparado a base de estiércol de caballo, gallinaza y paja, y en compost de residuos urbanos a base de la compleja mezcla de materiales que se encuentra en la basura doméstica, durante el proceso de calentamiento espontáneo y calentamiento rápido o "pasteurización" a aproximadamente (55-66) °C [106] [107] [108].

Otros materiales sometidos a altas temperaturas que podrían incluirse entre los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo también pueden ser colonizados por actinomicetos. Por ejemplo, el bagazo de remolacha azucarera, la fibra aplastada y triturada de la remolacha azucarera, puede contener gran número de *Thermoactinomyces sachari*, causa de la bagaciosis [109] [110]. Por otro lado, no se sabe nada del riesgo de los actinomicetos en el cuero. De todas formas, *Streptomyces* spp puede constituir una parte importante de la microflora de suelos y compost y también se ha relacionada con la alveolitis alérgica [84] [111] [112].

Aspergillus fumigatus

Aspergillus fumigatus es un hongo filamentoso (moho) que produce un micelio filamentosos que se ramifica en el medio de cultivo y forma estructuras productoras de esporas que producen gran número de esporas casi esféricas, la mayoría de (2,5 – 3,0) µm de diámetro. El hongo se desarrolla dentro de un amplio intervalo de temperaturas, de (15 – 55) °C, y en la mayor parte de este intervalo puede crecer rápidamente en sustratos adecuados. Está omnipresente en el medio natural, colonizando plantas muertas, y está presente a menudo en materiales compostados tratados con calor.

El *A. fumigatus* es más numeroso en el heno sometido a calor y en el grano de cereales cuando se han almacenado con más de un 30% de humedad y han alcanzado temperaturas de más de 45 °C. Cantidades similares se pueden encontrar en materiales compostados, por ejemplo residuos urbanos compostados, que han alcanzado temperaturas de aproximadamente 55 °C. Estos materiales pueden contener (1- 10) millones de esporas por gramo y cuando se remueven pueden producir (10 – 100) millones de esporas por metro cúbico de aire. A menudo se encuentra *A. fumigatus* en el aire libre, pero las concentraciones algunas veces llegan a (7 – 35) partículas portadoras de esporas por metro cúbico de aire y más frecuentemente una o dos de tales partículas por metro cúbico.

El pequeño tamaño de las esporas ((2,5 – 3) µm de diámetro) les permite penetrar profundamente en los pulmones donde producen un abanico de síntomas respiratorios en personas y animales cuya naturaleza depende de la reacción inmunológica del individuo. Por la exposición a *A. fumigatus*, individuos atópicos pueden desarrollar asma y aspergilosis alérgica broncopulmonar, es este último caso a menudo el hongo se desarrolla saprofiticamente en las vías respiratorias. Individuos no-atópicos (normales) necesitan una exposición intensa a las esporas antes de sensibilizarse y desarrollar síntomas de alveolitis alérgica extrínseca y aspergiloma (pelota fúngica). En el caso del aspergiloma, el hongo crece en cavidades pulmonares, especialmente en cavidades tuberculosas antiguas. Los individuos cuya respuesta inmune está afectada por tratamientos con fármacos o radiación o por enfermedades subyacentes, por ejemplo SIDA, pueden desarrollar aspergilosis invasiva, en la que el hongo crece activamente en el tejido pulmonar y puede eventualmente extenderse a otros órganos. *Aspergillus fumigatus* puede también producir toxinas que pueden inhalarse con las esporas pero éste riesgo es desconocido aunque se ha sugerido que juegan algún papel en las enfermedades respiratorias de los trabajadores suecos de los aserraderos.

El *Aspergillus fumigatus* se clasifica como un patógeno Clase 2 que puede causar a veces enfermedades infecciosas en el hombre pero que pueden tratarse. Las profesiones en las que puede haber exposiciones a *A. fumigatus* están sometidas a las Normas de Control de Sustancias Peligrosas para la Salud (COSHH).

***Sporothrix schenckii* en turba y suelo**

Se ha denunciado varias veces en USA y Canadá la presencia de *Sporothrix schenckii*, la causa de la esporotricosis. Keyon et al. (1984) [113] aislaron *S. schenckii* en dos de 12 marcas nacionales de sustratos en Texas durante la investigación rutinaria de *Aspergillus* spp. Mientras que en otras publicaciones se hace referencia a su presencia en turba *Sphagnum*, D'Alesio et al. (1965) [114] citaron la infección de 14 personas que habían manejado turba *Sphagnum* en USA de la que se había aislado *S. schenckii*, mientras que Staplin (1981) [115] citó infecciones entre jardineros en Canadá y discutió medidas preventivas. Powell et al. (1978) [116] encontraron esporotricosis en las manos y brazos de 17 trabajadores envasando plántulas de pino en turba *Sphagnum* y Grotte y Younger (1981) [117] trataron lesiones en manos y brazos de tres mujeres y aislaron el hongo del musgo utilizado para empaquetar plantas.

Productos de riesgo

Todos los materiales orgánicos utilizados en los MS y SC tienen un riesgo potencial, pero el mayor peligro corresponde sin duda a los materiales de origen residual y a los compostados que pueden contener virus patogénicos y bacterias o, si se han tratado con calor, abundantes actinomicetos termofílicos y *Aspergillus fumigatus*. Hay pocas pruebas del desarrollo de *A. fumigatus* en turba pero pueden aparecer hongos alergénicos en productos derivados de la madera. También probablemente hay más riesgo durante el proceso de producción que durante el uso final suponiendo que el material es estable durante su almacenamiento. Las esporas probablemente quedan retenidas en los materiales húmedos a menos que durante el almacenamiento se produzca un desarrollo en superficie y las esporas pueden dispersarse en el aire cuando se abran las bolsas y se maneje el material. Las esporas de hongos, que pueden incluir bacterias Gram-negativas, actinomicetos y *A. fumigatus*, pueden dispersarse todas ellas en grandes cantidades con otro polvo durante el manejo del material en el que se han desarrollado que se haya secado durante el almacenamiento o el uso.

4.6.2.1 Resistencia a las temperaturas de las bacterias patogénicas, virosis y parásitos intestinales. Se conocen las temperaturas y la duración del tratamiento térmico necesarias para matar muchas de las bacterias patogénicas, virosis y parásitos intestinales y se muestran en la tabla 8. Las bacterias formadoras de esporas y los virus escrapie que pueden sobrevivir a tratamientos prolongados a temperatura de 100 °C son los más resistentes al calor húmedo.

Tabla 8
Condiciones letales para determinados patógenos.

Enfermedad	Organismo	Condiciones letales (calor húmedo)
Bacterias no formadoras de esporas		
Brucelosis	<i>Brucella abortus</i>	10 min – 60 °C
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	15 min – 55 °C
Aborto contagioso	<i>Vibrio fetus</i>	5 min – 56 °C
Difteria	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	10 min – 58 °C
Disentería	<i>Shigella spp.</i>	60 min – 55 °C
Envenenamiento alimenticio	<i>Salmonella spp.</i>	20 min – 60 °C
Leptospirosis (Enfermedad de Weil)	<i>Leptospira spp.</i>	10 min – 50 °C
Peste	<i>Yersinia pestis</i>	5 min – 55 °C
Infecciones de estafilococos	Staphylococci	30 min – 60 °C
Infecciones de estreptococos	Streptococci	30 min – 55 °C
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	20 min – 60 °C
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella typhi</i>	20 min – 60 °C
Bacterias formadoras de esporas		
Antrax	<i>Bacillus anthracis</i>	10 min – 100 °C
Botulismo	<i>Clostridium botulinum</i>	5 h – 100 °C 5 min – 120 °C
Gangrena gaseosa	<i>Clostridium spp.</i>	6 min – 105 °C
Tétanos	<i>Clostridium tetani</i>	3-25 min – 105 °C
Virosis		
Fiebre aftosa		30 min – 56 °C
Virus escrapie		Resiste 2 h – 100 °C
Hepatitis serológica		10 h – 60 °C
Peste porcina		1 h – 78 °C
Lombrices intestinales		
Lombrices redondas	<i>Ascaris lumbricoides</i>	1 h – 55 °C
Tenia	<i>Taenia saginata</i>	Varios minutos – 55 °C

4.6.3 Marco legal, normas y códigos. Las reglamentaciones nacionales sobre lodos de depuradora y bioresiduos señalan directamente el riesgo de microorganismos patógenos estableciendo niveles de higiene, e indirectamente, haciendo recomendaciones sobre prácticas higiénicas. No hay ninguna directiva CEE relativa a la seguridad de los materiales compostados aunque las normas nacionales o las propuestas establecen límites de contaminación o definen criterios de actuación en los procesos. Esto se resume en la tabla 9.

La Directiva 92/118/CEE (capítulo 14) establece los requisitos para el tratamiento de estiércol de animales que deberían ser:

- exento de *Salmonella*, ausente en 25 g;
- exento de enterobacterias, < 1 000 ufc/g (conteo de bacterias aerobias);
- reducida presencia de bacterias formadoras de esporas y formación de toxinas, < 14% de humedad, valor W < 0,7.

Además se prescriben requisitos para el almacenamiento para prevenir reinfecciones (por ejemplo contenedores precintados).

Se pueden encontrar referencias relacionados con este tema en: Directiva 79/869/CEE (aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable) que requiere determinar:

- coliformes totales;
- coliformes fecales;
- estreptococos fecales;
- *Salmonella*

En la Directiva 80/778/CEE (aguas destinadas al consumo humano) que establece parámetros microbianos (anexo 1).

En la Directiva 90/667/CEE (reglas veterinarias relativas a desperdicios de animales) se tratan los problemas de higiene relativos a la transformación/eliminación de los desperdicios de animales, y sobre la producción de piensos de origen animal.

La reglamentación Noruega 15/10/82 modificada en 27/7/83 (Animales, Enfermedades) prohíbe la importación de estiércol de animales, turba, suelo, heno y paja excepto algunos artículos procedentes de otros países Escandinavos.

La reglamentación Noruega sobre productos derivados de residuos y lodos de depuradora (Normas relativas a la comercialización de Fertilizantes y Mejoradores de suelo. Ministerio de Agricultura de Noruega, 11.09.96) requiere la ausencia de *Salmonella* y de huevos viables de parásitos; < 2 500 bacterias coliformes termotolerantes por gramo de suelo seco.

El Código de Prácticas de la Coir Association de Reino Unido [120] requiere la ausencia de *Salmonella* en 25 g, cinco determinaciones de *E. coli* ninguna con > 1 000 MPN/g, al menos 3 < 100 MPN/g, hasta 2 100-1 000 MPN/g.

La *Arrete* Francesa del 30/12/91 (transformación de desperdicios de animales) establece una declaración voluntaria de ausencia de parásitos.

La legislación italiana (ACT 748-84) establece tratamientos de hidrólisis de los productos animales a 130 °C. Su modificación del 27.03.98 establece requisitos microbianos para mejoradores de suelo compostados y no compostados, incluyendo residuos verdes y compost de turba (véase la tabla 9).

No hay reglamentación para bacterias, actinomicetos y hongos en mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, pero la exposición por motivos profesionales a polvos orgánicos y microorganismos está regulada en Reino Unido por el Control de Sustancias Peligrosas en Normas Sanitarias (COSHH) y está relacionada con el manejo de microorganismos patógenos [121].

Tabla 9
Disposiciones para la exclusión de patógenos en Europa

	Indirectos			Métodos Directos		
	°C	% H ₂ O	días	Área de aplicación	Patógenos	Producto (P)/Tecnología aprobada (AT)
CE/"Eco-etiqueta" 488/98 CEE				Jardinería	<i>Salmonella sp</i> <i>E.coli</i>	Ninguna < 1 000 MPN(número más probable)/g
Austria <i>borrador</i> <i>ordenanza compost</i> <i>10/98</i>	60 55	40	7 14	Recuperación de suelo Agricultura Ensacado, Campos deportivos/juego Uso técnico	<i>Salmonella sp.</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>E. coli</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>E.coli</i> , <i>Campylobacter</i> , <i>Yersinia sp.</i> , <i>Listeria</i> -	Ninguno Ninguno Si aparece, recom. de uso seguro Ninguno Ninguno Ninguno Ninguno Sin requisitos
Belgica <i>VLACO</i>	60	40	3		<i>General</i> <i>Lombrices</i>	Ninguno Ninguno
Dinamarca	55		14			
Francia	60		4			
Alemania <i>Ordenanza</i> <i>Bioresiduos</i>	55 60 ^{a)} 65 ^{a)}	40	14 7 7			(AT) ^{c)} ninguno índice de infección: < 0,5 valor guía bioensayo: < 8/planta (P): ninguno en 50 g muestra
Italia <i>Ley Fert.</i> <i>748/84 modif.</i> <i>27/03/98</i>	55		3		<i>Salmonella sp.</i> <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Fecal Strptococcus</i> <i>Nematodes</i> <i>Trematodes</i> <i>Cestodes</i>	Ninguno en 25 g muestra < 1,0 × 10 ³ UFC/g < 1,0 × 10 ³ MPN/g ninguno en 50 g muestra ninguno en 50 g muestra ninguno en 50 g muestra
Holanda <i>BRL K256/02</i>	55		4		<i>Eelworms</i> <i>Rhizomania virus</i> <i>Plasmodoph.</i> <i>brass.</i>	Ninguno Ninguno ninguno

a) compostaje en contenedor

b) compostaje en pilas abiertas

c) dos pruebas (una en invierno) para el compostaje en pilas

4.6.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 discutió sobre este tema extensamente, y aunque probablemente no sea razonable esperar que los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo estén totalmente libres de bacterias nocivas, se ha considerado necesaria una norma para asegurar a los consumidores de que el riesgo es mínimo. No es económicamente viable realizar ensayos para la identificación de una amplia gama de bacterias patógenas, pero los análisis microbiológicos con "organismos indicadores" orientarán sobre la eficacia de los tratamientos realizados para eliminar los patógenos. En los estudios bacteriológicos del agua y de los productos alimenticios se usan comúnmente las bacterias *Escherichia coli* tipo I como indicadores de riesgos potenciales de las bacterias entero-patógenas Gram-negativas y podrían ser indicadores válidos sobre la seguridad de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo.

Para aquellos productos que necesitan ser tratados se deberían especificar los tratamientos y las condiciones de los mismos. La norma es para los productos y no puede aplicarse con exactitud a las condiciones en las que se realiza el proceso sino sólo a sus resultados. Esto hace que sea difícil elegir los patógenos significativos a controlar por lo que se necesitaran buenos indicadores.

Los trabajadores que manejen compost y otros materiales que generen polvo deberían llevar equipos de protección para la respiración y debería haber una buena ventilación para minimizar la exposición. Cuando el material está suficientemente húmedo, probablemente el riesgo es menor.

Durante el uso doméstico, los riesgos serán mínimos si se utilizan los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo en zonas bien ventiladas, y se evita la inhalación de polvo con buenas prácticas de higiene.

Los fabricantes deberían conocer y cumplir la legislación existente, suministrar las fichas de seguridad de los productos y proporcionar las orientaciones adecuadas para el correcto uso y almacenamiento de sus productos.

4.7 Riesgo traumático

4.7.1 Descripción del riesgo. Este riesgo está relacionado con la abrasión, corte y heridas causadas por el contacto con elementos cortantes presentes en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Estos elementos pueden ser partes cortantes del mismo producto (astillas, escombros, fibras, partículas gruesas) o impurezas tales como vidrio, restos de metales, agujas, uñas y similares.

Este riesgo aparece tanto durante el uso doméstico como profesional, en todas las fases de trabajo que impliquen una manipulación directa del producto. También, puede producirse irritación de los ojos e irritación de la piel tras el contacto con fibras de lana mineral ($> 5 \mu\text{m}$ de diámetro) no respirables. Aunque se da más importancia al riesgo para el hombre, también existe riesgo para otra fauna cuando el producto se aplica al aire libre.

4.7.2 Discusión de los riesgos. El material que presenta el mayor riesgo de impurezas cortantes es el residuo compostado, mientras que las fibras orgánicas, fibras minerales, arena y otros materiales gruesos abrasivos pueden suponer un riesgo de lesión o de irritación ocular, y un riesgo menor de irritación dérmica, a menudo relacionado con la fracción de polvo (véase el apartado 5.8).

4.7.3 Marco legal. El WG 2 ha evaluado las normas vigentes sobre residuos compostados. Es importante señalar que la mayor parte de la legislación vigente en los estados miembros no tiene en cuenta específicamente este riesgo, y lo trata junto con lo que en este documento se ha clasificado como "impurezas" tales como plástico, vidrio, metales que también provocan un riesgo estético (no son atractivos visualmente), o intervienen en la granulometría del producto. Normalmente, se establece una cantidad máxima permitida de impurezas tales como vidrio y metales de un tamaño determinado. Hay una excepción en la Norma Francesa (NF U 44-051) que establece una declaración obligatoria de ausencia o presencia de elementos punzantes o cortantes en el compost.

Documentos comunitarios aplicables son la Directiva 92/59/CEE "sobre seguridad de productos en general" y la Directiva 89/656/CEE "sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual"

4.7.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 acordó que las normas de seguridad relativas al tamaño de partícula no protegen de manera eficaz contra los riesgos, ya que los elementos cortantes y las astillas de tamaño más pequeño, que son menos visibles, pueden presentar un mayor nivel de riesgo. Por tanto se considera necesario limitar las impurezas tales como plásticos, vidrio, metales etc. en los residuos compostados para la protección contra riesgos de distinta naturaleza (véase el apartado 5.11).

La delegación de Reino Unido ha evaluado los ensayos que utiliza la Asociación de Consumidores para otros productos (tales como ensayos de pinchazos en las piernas de los niños o en pelotas hinchadas, usados para determinar lo afilado de las hojas de afeitar) y se han considerado inadecuados para detectar elementos cortantes tales como alambres, astillas de madera, vidrio, uñas, etc. en los productos de interés para el CEN/TC 223.

Mientras que los profesionales (trabajadores de la industria) están protegidos e informados por las Fichas de Datos de Seguridad y Salud requeridas por la Directiva 80/1107/CEE (Protección de los trabajadores contra agentes químicos, físicos y biológicos), el público en general, consumidor de productos para uso doméstico, debería ser advertido y protegido contra este riesgo. En la Directiva 91/325/CEE se encuentran frases como "Riesgo no aplicable" (R). Por tanto, los materiales que contengan elementos abrasivos o cortantes prácticamente imposibles de eliminar, deben estar provistos de una ficha de datos de seguridad o de una etiqueta adecuada que incluya el riesgo y especifique las medidas preventivas. Tal como dijo la delegación de Reino Unido, en algunos casos las medidas protectoras normales, tal como llevar guantes, pueden incrementar la exposición de la piel al polvo y a las fibras. Por tanto, la decisión sobre las medidas preventivas es mejor dejarlas en manos de cada fabricante.

4.8 Polvo

4.8.1 Descripción del riesgo. El riesgo se debe a la presencia de determinadas partículas en suspensión. Polvo es un término genérico que define partículas que no se han clasificado de otra forma. Implica un riesgo por inhalación de polvo inhalable (irritación del tracto respiratorio superior), contacto con los ojos y la piel (pequeña abrasión), y penetración a través de heridas abiertas (irritación) de partículas inhalables y de mayor tamaño. El polvo también se ha asociado a riesgos biológicos de reacción/sensibilización alérgica en individuos sensibles (véase el apartado 5.6).

El polvo constituye fundamentalmente un riesgo profesional durante el proceso de fabricación de los productos y durante el proceso de mezcla de distintos sustratos en el uso profesional en el que se genere polvo. El WG 2 acordó que el riesgo es muy bajo en situaciones de uso doméstico.

4.8.2 Marco legal. No existe ninguna reglamentación de referencia CE concreta relativa al tamaño de las partículas de polvo y a los límites. La Directiva 80/1107/CEE y su derivada Directiva n. 88/642/CEE tratan sobre la protección de los trabajadores de los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo. Requieren también Fichas de Datos de Seguridad y de Sanidad en las que se citen los peligros y las medidas protectoras. La Directiva 89/391/CEE obliga al empresario a garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con su profesión (Art. 5). En esta Directiva se dan una serie de medidas a tomar por el empresario, entre las que se encuentran la protección y la información a los trabajadores, y la prevención de riesgos.

4.8.3 Discusión de los riesgos. Cualquier producto susceptible de crear polvo plantea un riesgo de intensidad variable. Aunque en algunos productos se elimina el polvo en la fábrica, el almacenamiento y el transporte pueden provocar una ruptura parcial y la reaparición del polvo.

4.8.4 Recomendaciones sobre seguridad. En general, se consideran un riesgo para la salud las concentraciones de polvo inhalable superiores a 10 mg/m^3 y de polvo respirable superiores a 5 mg/m^3 . En las guías y leyes nacionales se detallan los criterios de seguridad para el polvo en suspensión. De todas formas, algunos materiales podrían crear un riesgo a concentraciones más bajas. Aunque las mencionadas leyes sobre higiene industrial cubren el uso profesional, en el etiquetado obligatorio de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo debe aparecer información sobre el manejo adecuado con el fin de orientar al usuario para evitar la aparición de polvo y disminuir su exposición al mismo, a la explosión de polvo, a los minerales y a los alérgenos.

4.9 Radiación

4.9.1 Descripción del riesgo. El riesgo de radiación se define como la exposición de las personas, plantas y medio ambiente a fuentes radioactivas de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo radiactivos de forma natural o contaminados. La exposición puede ser directa, o indirecta a través de la cadena alimentaria.

4.9.2 Marco legal. El Reglamento CEE Euratom 3954/87 y el Reglamento 737/90/CEE y el 598/92/CEE y sus modificaciones regulan la radioactividad máxima en los productos alimenticios a 370 Bq/Kg (Cs^{134} y Cs^{137}) (leche, productos lácteos, alimentos infantiles) y 600 Bq/kg (otros alimentos y bebidas).

Las normas sobre radiación en productos alimenticios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) reflejan los límites generales recomendados por el International Committee for Radiological Protection (ICRP) para la exposición a la radiación, que son de menos de 1 mSv (largo plazo), y menos de 5 mSv/año [123]. Estos límites se traducen a límites actuales dependiendo del radioisótopo de que se trate. Los únicos límites establecidos hasta ahora están relacionados con el accidente de Chernobil, y les establecieron los Suecos para productos alimenticios comercialmente disponibles siendo de 300 Bq/kg basándose en la actividad de los isótopos Cs¹³⁴, Cs¹³⁷, y I¹³¹. Los límites para el heno estuvieron vigentes durante un período transitorio debido a los factores de conversión del cesio del heno en leche. No se establecieron límites para suelos (Comunicación de los expertos Suecos 6.4.93).

En el documento NRPB-GS8 del Radiological Protection Board de UK [124] se describen los límites generalizados para radioisótopos de estroncio, yodo, cesio, plutonio, americio y curio.

4.9.3 Discusión de los riesgos. Los materiales inorgánicos pueden reflejar el fondo geoquímico del lugar de origen. Los isótopos radioactivos del accidente de Chernobil pueden contaminar productos obtenidos en zonas afectadas. Actualmente que se sepa no hay suelos en Europa del Este que tengan tan altas concentraciones de radioisótopos (procedentes de fuentes naturales de la roca madre o como consecuencia de un accidente nuclear) que resulten inservibles para la producción de alimentos. Parece que es mínima la probabilidad de que los sustratos de cultivo y los mejoradores de suelo tuvieran una contaminación excesivamente alta. Solo se podría observar un riesgo en el caso de la importación de suelos contaminados (por ejemplo turba) de áreas polucionadas por ej. de Rusia o de Ucrania afectadas por el accidente de Chernobil. En la situación actual, este caso parece muy improbable. De todas formas, la información disponible es insuficiente para establecer límites válidos.

4.9.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 acordó que no podrían establecerse ahora límites de seguridad, dado el presumible bajo riesgo y también la ausencia de conocimientos sobre niveles de contaminación, sobre la absorción por la planta de radioisótopos de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, y sobre el riesgo para los consumidores y el medio ambiente. Esta falta de conocimientos haría altamente cuestionable cualquier límite elegido.

4.10 Riesgo fisico-químico

4.10.1 Descripción del riesgo. El riesgo fisicoquímico se define como el efecto corrosivo y/o irritante que producen los productos sobre los tejidos vivos de los usuarios o de las plantas. Tanto en el uso doméstico como en el profesional puede haber un cierto nivel de riesgo. Cuando se tiene en cuenta el riesgo para los usuarios, puede que solo el valor del pH no sea una medida suficiente para estimar el riesgo. El pH es solo uno de los factores que determinan los efectos irritantes/corrosivos o dañinos sobre los tejidos vivos (Comunicación de los expertos de UK, 22.3.93).

Aunque la vía de exposición es fundamentalmente el contacto con la piel y los ojos (uso doméstico y profesional), la inhalación de polvo alcalino/ácido también puede ser un riesgo profesional. En el uso doméstico puede producirse la ingestión por la población infantil o por un manejo inadecuado. También constituyen un riesgo para las plantas los valores extremos de acidez o alcalinidad; aunque, la tolerancia y la sensibilidad al pH dependen mucho de la planta. Por ello, el riesgo hay que considerarlo un tema relacionado con el uso adecuado a su finalidad.

4.10.2 Discusión de los riesgos. Los mejoradores de suelo y los sustratos naturales tienen valores de pH que no suponen un peligro significativo asociado con este riesgo. Puede haber mayor peligro cuando se incorporan encalantes con una finalidad determinada. Los encalantes no son objeto de trabajo del CEN/TC 223 y su presencia normalmente se declara. Cualquier mejorador de suelo o sustrato de cultivo, encalado o con otro tratamiento, puede presentar un riesgo debido a su pH básico o ácido.

4.10.3 Marco legal. Para limitar los mejoradores de suelo o sustratos de cultivo que sean inadecuados para una finalidad, algunos países regulan el intervalo de pH aceptable para los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo procedentes de residuos.

La Directiva 91/325/CEE establece los criterios para la clasificación de un producto con arreglo a su peligro potencial, según sus efectos dañinos, corrosivos e irritantes. También proporciona las frases adecuadas sobre Peligro y Asesoramiento a incluir en la etiqueta. Se requiere una Ficha de Datos de Seguridad o un adecuado etiquetado para los productos clasificados como "peligrosos" (Directiva 91/155/CEE) descritos también en "incendio".

4.10.4 Recomendaciones sobre seguridad. Mientras que el WG 1 puede requerir que se informe al usuario del valor del pH para el uso adecuado a la objetivo de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo, la salud de los usuarios está cubierta por la reglamentación citada.

4.11 Semillas y propágulos

4.11.1 Descripción del riesgo. El riesgo consiste en la presencia de semillas o propágulos viables indeseables en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo que pueden interferir con el desarrollo de los cultivos, o causar un daño estético con una disminución del valor del producto o de las cosechas obtenidas.

Aunque puede considerarse un tema del uso adecuado a su objetivo, el control de semillas y propágulos en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo puede considerarse también una medida indirecta de seguridad para el medio ambiente y para los usuarios ya que su control contribuye de manera significativa a reducir el uso de herbicidas.

4.11.2 Discusión del riesgo. Los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo orgánicos o de origen natural, los inorgánicos no tratados (ej. arcilla, marga, sedimentos, dragados) contendrán semillas y propágulos viables dependiendo del lugar de origen, y de los métodos de producción y depuración. Los productores de turba en Reino Unido consideran, basándose en la experiencia, que *Erica tetralix* y *Juncus spp.* son endémicas en la turba. El junco se está convirtiendo cada vez más en un problema de malas hierbas que necesita atención.

Los materiales compostados pueden contener semillas/propágulos procedentes de la materia prima, aunque un compostaje bien hecho parece ser suficientemente eficaz reduciendo su viabilidad.

4.11.3 Marco legal, normas y códigos. El CEN/TC 223, WG 2 ha estudiado las leyes nacionales y las normas de varios países europeos relacionadas con los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. En ellas no se mencionan las semillas excepto en:

- Borrador de la ordenanza austríaca del 10/98 establece < 3 plantas en germinación/l;
- VLACO de Bélgica no admite la presencia de semillas;
- RAL GZ250 de Alemania (cortezas), y la ordenanza sobre Biowaste establece un límite de < 2 semillas con capacidad germinativa o propágulos por litro de sustrato, la ordenanza sobre Bioresiduos establece la tasa de germinación de semillas de tomate de < 2%;
- RAL GZ 252 de Alemania < 1 semilla viable o propágulo por litro de sustrato de cultivo;
- Francia Pr U 44-551 estipula una declaración voluntaria de “libre de semillas viables” para el compost y la turba;
- La norma voluntaria Holandesa BRL K256/02 establece el límite de 2 plantas en germinación por litro de producto;
- La legislación Noruega sobre productos derivados de los residuos (Legislación relativa a la comercialización de fertilizantes y mejoradores de suelo etc. Ministerio de Agricultura 11 Septiembre 1996) establece un requisito de un máximo de 2 semillas viables o propágulos por litro; ninguna semilla viable de avena loca;
- UK BS 4156 establece que “la turba inalterada está relativamente libre de semillas viables, de otro material vegetal y de suelo. Se debería tener cuidado para evitar la contaminación”.

En la tabla 9 se resumen las condiciones de los tratamientos que se suponen reducen los riesgos biológicos y que pueden ser efectivos inactivando las semillas y los propágulos.

La Netherlands Technical Commission de Stichting Regeling Handelspotgronden (Indelling Grondstoffen bechijshygiene Bedrijfsinrichting) ha establecido los requisitos de higiene y calidad de los sustratos de cultivo que deben cumplir los miembros del SRHP. Los medios de cultivo deberían estar libres de semillas de malas hierbas.

Hubo un acuerdo general en el WG 2 sobre que términos como "libre de" o "ausente" no deberían usarse debido a su difícil y controvertida interpretación y que sería preferible utilizar frases como "no detectado" o "menos de x %".

4.11.4 Recomendaciones sobre seguridad. Un bajo nivel o nivel cero de semillas viables y de propágulos en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo aumentará la calidad global de los productos y puede contribuir a reducir la necesidad del uso de herbicidas. Aunque esto es más un tema de uso adecuado a la finalidad que de seguridad, si se supone que un medio está "libre de semillas de malas hierbas o de propágulos", un límite máximo provisional aceptable es:

- < 1 plántula/litro (Sustratos de cultivo);
- < 3 plántulas/litro (Mejoradores de suelo).

Estos límites se basan en el método provisional descrito en ÖNorm S2023 (Métodos analíticos y control de calidad del compost, Austria 1993). Si el CEN TC 223 adoptara un método de análisis alternativo para la normalización se deberían reconsiderar estos límites numéricos. Este método se basa en la incubación durante un total de 17 días de un sustrato llevado a un determinado nivel de conductividad, y situado en una bandeja de dimensiones normalizadas. Después de la incubación se cuenta el número de plántulas.

4.12 Plásticos vidrio, metales y otros materiales indeseables

4.12.1 Descripción del riesgo. El riesgo aparece por la presencia de objetos capaces de causar daños estéticos al medio ambiente. Los restos de plástico provocan un daño estético, mientras que el vidrio, los metales y otros restos punzante pueden tener efectos traumáticos (véase el apartado 5.8). La presencia en la turba o en las cortezas de materiales naturales biodegradables no constituye un riesgo estético, sino un tema de adecuación a la finalidad.

Se está debatiendo la descripción exacta del riesgo, ya que generalmente se ha relacionado con los riesgos traumáticos, y a menudos las normas para tales contaminantes tienen como objetivo aumentar la aceptación de los productos por los consumidores (material compostado) más que la protección contra riesgos específicamente identificados resultantes de la liberación de impurezas al medio ambiente.

4.12.2 Marco legal, normas y códigos. La normativa existente estudiada por el WG 2 se resume en la tabla 10.

La norma Alemana voluntaria BRL K256/02 define los siguiente términos para los materiales compostados:

- "libre de .." ($< 0,1\%$ p/p peso seco);
- "casi libre de ..." ($< (0,1 - 0,5)\%$ p/p peso seco);
- "cantidad sustancial de" ($((0,5 - 2)\%$ p/p peso seco);
- "con alto contenido en" ($> 2\%$ p/p peso seco);

4.12.3 Discusión de los riesgos. Este riesgo se relaciona fundamentalmente con los productos derivados de los residuos, en especial con los residuos compostados. La turba puede tener contaminantes tales como raíces, madera, astillas. El WG 1 ha establecido el límite del 20% de madera en las cortezas como requisito para el uso adecuado a la finalidad. De todas formas no se considera que la presencia de raíces, madera, astillas, afecte a la seguridad y dada su degradabilidad, tampoco se considera su presencia como un riesgo estético de importancia.

Tabla 10
Límites nacionales de diversas impurezas en el compost, % peso seco

País	Impurezas	Ø diámetro de malla	Límites % ps (m/m)
Austria Borrador ordenanza sobre compost 10/98	Totales: agricultura Totales: recuperación de suelo Totales: uso técnico Plásticos: agricultura Plásticos: recuperación de suelo Plásticos: uso técnico Plásticos: agric. Excluyendo suelo arable Plásticos: uso técnico Metales: agricultura	2 mm > 2 mm > 2 mm > 2 mm > 2 mm > 2 mm > 20 mm > 20 mm -	≤ 0,5% < 1% < 2% < 0,2% < 0,4% < 1% < 0,02% < 0,2% < 0,2%
Austria <i>ON S2200</i>	Vidrio, metales, plástico Vidrio Plástico plástico	> 2 mm > 2 mm > 2 mm > 20 mm	0,5 2 0,2 0
Austria <i>ON S2022</i>	Vidrio Plástico Metales férricos Metales no férricos	> 2 mm > 4 mm > 6,3 mm > 6,3 mm	2 4 0 0,5
Bélgica <i>Flanders</i>	Totales Piedras	> 2 mm > 5 mm	< 0,5% < 2%
Finlandia <i>Ley Fertil.</i>	Totales	-	< 0,5%
Francia <i>AFNOR [125]</i>	Vidrio, plástico, metales	> 2 mm > 4 mm	< 20-35 0,5-1,2
Francia <i>NF U 44-051</i>	Plásticos Metales pesados Material inerte total	> 5 mm	(A) (B) < 0,5% < 1,2% < 6% < 12% < 20% < 35%
Alemania Ordenanza sobre Bioresiduos	Vidrio, plásticos, metales piedras	> 2 mm > 5 mm	< 0,5% < 5%
Alemania <i>RAL GZ 251</i>	Vidrio, metales, plástico Piedras	> 2 mm > 5 mm	0,5 5
Italia <i>Ley Fertil.748/84 mod.</i> <i>27.03.98</i>	Plásticos Plásticos Otro material inerte	< 3,33 mm > 3,33 < 10 < 3,33 mm	< 0,45% < 0,05% < 0,9%
Holanda <i>BRL K 256/02</i>	Vidrio, metales, plásticos Vidrio Piedras	> 2 mm > 16 mm > 5 mm	0,5 0 3
Holanda <i>BOOM</i>	Totales Vidrio Vidrio piedras	> 2 mm > 2 mm > 16 mm > 5 mm	< 0,2% < 0,2% 0 < 2%
Noruega (<i>Regulaciones relativas al comercio ... 11.9.96</i>)	Impurezas	> 4 mm	< 0,5
España <i>Orden Ministerial 12731</i>	Plástico y otros inertes	> 10 mm	0

4.12.4 Recomendaciones sobre seguridad. El WG 2 ha acordado establecer unos límites provisionales del 0,5% en peso para el vidrio, y para los metales y plásticos contaminantes de más de 2 mm (en el material seco), y del 5% en peso de piedras hasta que el WG 4 desarrolle un método analítico adecuado. Los materiales que se añaden intencionadamente, que no tienen efectos nocivos, por definición son materiales no contaminantes y deberían mencionarse en las etiquetas según la decisión tomada por el WG 1.

4.13 Agentes eutróficos

4.13.1 Descripción del riesgo. Este es un riesgo para el medio ambiente provocado por la adición de nutrientes (nitrógeno, fosfatos) a los acuíferos debido al uso excesivo o inadecuado de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. El uso inadecuado incluye la eliminación inadecuada, y el uso en zonas no restringidas a corta distancia de los acuíferos. El riesgo de eutrofización depende mucho de las condiciones locales.

4.13.2 Discusión de los riesgos. El peligro está relacionado con el uso de mejoradores de suelo orgánicos. Al contrario que los fertilizantes, los mejoradores de suelo (excepto los materiales residuales como el estiércol de animales y lodos de depuradora, y los productos mejorados intencionadamente) por lo general no contienen cantidades significativas de nutrientes solubles disponibles. Los sustratos de cultivo normalmente se fertilizan con cantidades equilibradas de nutrientes para el adecuado desarrollo de las plantas, cantidades que se van reduciendo por la absorción de las plantas durante el cultivo.

El uso inadecuado de cualquier producto enriquecido con nitrógeno y fosfatos puede contribuir a la eutrofización del agua. La forma química del nitrógeno y de los fosfatos puede modificar la intensidad del peligro.

4.13.3 Marco legal. La Directiva CEE 91/676, también conocida como la Directiva de los Nitratos regula la aplicación de nitratos en zonas vulnerables por el uso de fertilizantes.

El Tratado del Mar del Norte tiene como objetivo una reducción del 50% de la entrada de nutrientes entre 1985 y 1995 en zonas donde esta entrada puede causar polución.

Holanda /Dutch Royal Decree, Calidad y uso de los restantes fertilizantes orgánicos establece una cantidad máxima de fosfatos en kg/ha/año de P_2O_5 derivados del estiércol, lodos, o compost, que puede aplicarse al suelo según el uso del suelo y el año. Debería declararse el contenido total de N y de P_2O_5 .

La Ordenanza Alemana sobre Fertilizantes, en concordancia con la Directiva CE de los Nitratos, prohíbe los mejoradores de suelo que contengan más del 0,5% N, 0,3% P_2O_5 , y 0,5% K_2O .

La reglamentación Noruega (The Requirement For Care) establece los requisitos de almacenamiento: el almacenamiento debería realizarse al menos a 150 m del agua potable, y a 50 m de cualquier acuífero.

Otras reglamentaciones nacionales sobre lodos de depuradora establecen también distancias mínimas a los pozos y acuíferos que hay que respetar cuando se aplican los lodos en agricultura.

4.13.4 Recomendaciones sobre seguridad. Es necesaria la declaración obligatoria del "nitrógeno total" (Kjeldahl) de los mejoradores de suelo (enmiendas de suelo) para que los usuarios tomen las medidas necesarias para cumplir las regulaciones de la CEE y locales, y para utilizar el producto de forma adecuada. También es necesaria la declaración del contenido total de fósforo para comercializar productos en países en los que, para proteger las condiciones locales, está regulada la cantidad de fosfatos en el suelo.

Los sustratos de cultivo están exentos de cumplir estos requisitos en materia de seguridad ya que su contenido en nitrógeno y fósforo disminuye durante el cultivo, y es menos probable que se utilicen al aire libre.

En el etiquetado voluntario (opcional) puede figurar otra información adicional sobre el contenido en nitrógeno y fósforo.

El documento técnico del CEN/TC 223 "Mejoradores de suelo y Sustratos de cultivo - Etiquetado, especificaciones y esquema de productos" (CR 13456 WI 00223076) establece que en el etiquetado obligatorio debe figurar el método de uso/aplicación, y que en esta parte de la etiqueta se puede incluir información adicional sobre como prevenir la eutrofización.

4.14 Emisiones gaseosas

4.14.1 Descripción del riesgo. El riesgo se define como la emisión a la atmósfera de compuestos tóxicos o dañinos. Este riesgo está relacionado sobre todo con las fases de fabricación de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Puede haber emisiones gaseosas en caso de incendio durante la combustión de productos orgánicos y sintéticos, y se han citado emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles durante las operaciones de clasificación y compostaje de residuos sólidos urbanos.

La producción de gases con efecto invernadero (CO₂, metano) está relacionada con la mineralización de la fracción orgánica de los materiales orgánicos. Aunque una cantidad significativa de los gases con efecto invernadero proceden de fuentes agrícolas, su control no es objeto del CEN/TC 223. Igualmente, el control de las emisiones de amonio procedentes del estiércol de animales está fuera del campo de trabajo del TC 223.

Principalmente durante la preparación, pero también durante el almacenamiento y la aplicación de los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo puede producirse olor. Aunque es poco frecuente que sea una amenaza directa para la salud, el olor puede ser una clara molestia para la población expuesta. Los principales productos que se encuentran en la fracción olorosa son compuestos de sulfuro, ácidos grasos, compuestos de amonio y aminas, y terpenos.

4.14.2 Discusión de los riesgos. No se asocian las emisiones gaseosas con los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo inorgánicos. Los productos orgánicos pueden producir olor durante su fabricación (compostaje), almacenamiento y aplicación.

En caso de combustión, los materiales orgánicos normalmente generan productos que no se diferencian de los producidos en la combustión de la madera natural, mientras que en la combustión de materiales sintéticos se pueden producir humos nocivos o tóxicos. Las reacciones de incompatibilidad entre materiales sintéticos y pesticidas pueden producir emisiones gaseosas.

Aunque pueden aparecer trazas de monómeros volátiles residuales en materiales sintéticos (véase el apartado sobre riesgo de contaminantes orgánicos), no hay información concreta que cuantifique este hecho.

4.14.3 Recomendaciones sobre seguridad. Aunque por ahora no se ha creído conveniente establecer una norma de seguridad, se pueden disminuir los riesgos relacionados con las potenciales emisiones gaseosas procedentes de la combustión o de reacciones químicas cumpliendo las reglas adecuadas (véase el apartado 5.1 *Riesgo de incendio*). Para minimizar los problemas relacionados con el olor es recomendable que los fabricantes incluyan medidas de control del olor cuando marquen las directrices de uso de aquellos productos que pueden producirlo.

4.15 Factores fitotóxicos

4.15.1 Descripción del riesgo. El riesgo se debe a la presencia en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo de elementos o compuestos que pueden inducir toxicidad en las plantas cultivadas en el sustrato. Causas potenciales de toxicidad son la excesiva salinidad, los EPT, los herbicidas y otros contaminantes orgánicos, los subproductos de la degradación o de la fermentación, las secreciones de las raíces. Algunos de los factores fitotóxicos (por ejemplo: salinidad) dependen mucho de la sensibilidad de la planta, por lo que la definición de niveles de seguridad interfiere claramente con los temas pertinentes a la adecuación para su uso, por lo que se han excluido del trabajo del WG 2. La inmovilización de nutrientes como consecuencia de una inadecuada relación C/N o de otros factores tampoco se considera como un factor fitotóxico.

Los contaminantes orgánicos e inorgánicos previamente descritos también pueden provocar fitotoxicidad. No obstante, este apartado se refiere específicamente a otros compuestos tóxicos desconocidos o cuya determinación analítica por métodos químicos/físicos es económica o técnicamente imposible, o cuya toxicidad se debe a efectos sinérgicos de dos o más factores simultáneos.

La identificación de factores fitotóxicos indeterminados se basa fundamentalmente en la realización de bioensayos que utilizan semillas, explantos, algas, o bacterias bioluminiscentes (el último es un bioensayo de toxicidad no específico para plantas, véase el apartado 5.4 Contaminantes Orgánicos). Algunos ensayos intentan evaluar la madurez de los materiales compostados y su estabilidad midiendo sus efectos sobre el desarrollo vegetal y las características de autocalentamiento, [126] [127].

4.15.2 Marco legal. Las reglamentaciones nacionales tratan la fitotoxicidad en los materiales compostados y en las cortezas. Francia impone un ensayo, el método del carbón vegetal activo, basado en Bouhot (1982) [128]. Holanda propone un ensayo de elongación radicular (el método no está disponible todavía) con cebada de primavera. Austria ha desarrollado un método para la compatibilidad de plantas en materiales compostados que utiliza berro y fleo [129]. Italia ha desarrollado un método de elongación radicular de *Lepidium sativum* (berro) para determinar la madurez del compost [130].

La Norma de Referencia Internacional más relacionada con éste tema es la ISO/TC 190 Draft Standard DIS 11269-1: Calidad del suelo – Determinación de los efectos de los polucionantes sobre la flora del suelo: Parte 1: métodos de medida de la inhibición del crecimiento de las raíces. Este ensayo trata de determinar los efectos tóxicos en las plantas. El método se ha determinado para ser aplicable a todo tipo de suelos, componentes del suelo, residuos o productos químicos que puedan aplicarse al suelo excepto cuando el agente contaminante es muy volátil o solo afecta a la fotosíntesis (extraído al objeto y campo de aplicación del documento).

La Directiva 91/325/CEE, en el Apéndice VI menciona los criterios para determinar la toxicidad para la flora, y deja el método para un desarrollo posterior.

4.15.3 Discusión de los riesgos. Todos los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo son susceptibles a la fitotoxicidad.

4.15.4 Recomendaciones sobre seguridad. Es obligatoria la declaración del intervalo en que se encuentra el valor del pH y de la conductividad del producto para informar al usuario de sus características para la adecuación a su finalidad.

El WG 2 concluyó que se necesita un ensayo de fitotoxicidad para la protección contra los elementos tóxicos incuantificables por otras vías. Se deberían tener en cuenta los siguientes criterios cuando se desarrollen uno o más ensayos:

- a) Deberían permitir determinar los efectos fitotóxicos que son difíciles o demasiado caros de cuantificar mediante análisis químico.
- b) Deberían servir para las matrices que componen los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo.
- c) No deberían confundir la falta de nutrientes con la fitotoxicidad.
- d) No deberían verse afectados negativamente por la presencia de altas cantidades de sales de amonio y altos niveles de salinidad (como a menudo ocurre en ensayos de germinación que se aplican a los mejoradores de suelo).
- e) Debería ser posible realizarlos de forma rutinaria a un coste aceptable.
- f) Deberían responder positivamente a la presencia de herbicidas fitotóxicos indeseables y a otros productos químicos orgánicos de síntesis, incluso a los monómeros de los mejoradores de suelo/sustratos de cultivo polimerizados.
- g) Deberían responder positivamente a los productos de la fermentación que puedan indicar un mal compostaje o una mala estabilización del material compostado.

Puede que se necesite más de un método debido a los diferentes componentes de los productos (matrices).

4.16 Patógenos vegetales

4.16.1 Descripción del riesgo. Presencia potencial de agentes infecciosos para las plantas, microbios, virus, hongos, insectos, nematodos, en los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. En los documentos de las referencias [131] [132] se encuentra una lista de los patógenos potenciales y de sus análisis.

4.16.2 Discusión de los riesgos. Todos los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo tienen el peligro de ser portadores de patógenos vegetales. El compostaje y otros tratamientos (especialmente las altas temperaturas) parecen reducir eficazmente éste peligro.

4.16.3 Marco legal. La Directiva 77/93 y sus modificaciones establecen medidas de protección contra la introducción en los Estados Miembros de organismos nocivos. Las Directivas n. 92/10/CEE y 92/103/CEE modifican los Anexos que contienen los requisitos técnicos y los organismos nocivos para los que se necesitan medidas de control. La European and Mediterranean Plant Protection Organisation (EPPO) ha dispuesto métodos y requisitos específicos de cuarentena [133].

La delegación Alemana propuso que no se permitiera ningún patógeno en la turba, cumpliéndose este requisito al poner límites obligatorios sobre el origen de la turba (deberá proceder de zonas vírgenes). En otra parte [134], se describen los métodos analíticos para los hongos patógenos del suelo. El Informe Técnico del CEN "Mejoradores de suelo & Sustratos de cultivo. Etiquetado, especificaciones y esquema de productos" recomienda que la declaración sobre el origen sea un requisito del etiquetado opcional.

En España, la Orden Ministerial 12731 de 28 de Mayo de 1998 (BOE 3 de Junio de 1998) establece que las enmiendas orgánicas, incluido el compost, deben cumplir las Directivas 77/93/CE, 91/683/CE, 92/76/CE, 92/103/CE, y 92/98/CE tal como se especifica en el Real Decreto 2071/1993 de 26 de Noviembre (BOE 16 de Diciembre de 1993).

4.16.4 Recomendaciones sobre seguridad. Los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo deberían ajustarse a las directivas y normas existentes que establecen la ausencia de patógenos vegetales en el suelo que se adhiere a las raíces, en los sustratos de cultivo, y en materiales a base de madera tales como cortezas y madera.

En la etiqueta voluntaria puede aparecer información adicional sobre la ausencia de determinados patógenos (como información sobre calidad para la adecuación a su finalidad), suponiendo que para corroborar esta información se dispone de datos analíticos o de otro tipo de pruebas comprobables. Los métodos analíticos deberían indicarse y deberían aceptarse por la CEE, por el CEN o por la EPPO.

5 RESUMEN DE LOS RIESGOS Y DE LAS ACCIONES RECOMENDADAS

En la tabla 11 se resumen los riesgos considerados en este documento clasificados de forma práctica. También se catalogan las acciones que a juicio del WG 2 tiene que tomar el TC 223, los fabricantes, los usuarios y los legisladores, para conseguir la necesaria seguridad de los productos.

Tabla 11
Riesgos y acciones recomendadas correspondientes¹⁾

Sección	Riesgo debido a	Acción recomendada ²⁾
5.1	Incendio	Ninguna
5.2	Explosión de polvo	Ninguna, ver también polvo
5.3	Elementos Potencialmente Tóxicos	Véase este documento
5.4	Contaminantes orgánicos y polucionantes	Véase este documento
5.5	Componentes minerales	Etiquetado obligatorio, guía para un uso seguro
5.6	Riesgos biológicos	Véase este documento
5.7	Subproductos microbianos, alergenicos	Véase este documento
5.8	Físicos – traumáticos	Etiquetado obligatorio (manejo seguro)
5.9	Polvo	Etiquetado obligatorio (manejo seguro)
5.10	Físicos – radiación	Ninguna
5.11	Físico – química (pH)	Declaración obligatoria del rango
5.12	Semillas- propágulos	Ensayos de germinación
5.13	Plástico, vidrio, metal, piedras ³⁾	Análisis de la composición
5.14	Agentes eutróficos	Declaración obligatoria del Nitrógeno total (otros valores en declaraciones voluntarias) para MS sólo
5.15	Emisiones gaseosas	Ninguna
5.16	Factores fitotóxicos	Declaración obligatoria del rango de pH y conductividad. Ensayos sobre fitotoxicidad
5.17	Patógenos vegetales	Ninguna (cumplimiento de las regulaciones existentes)

NOTAS

1) El manejo seguro incluye la especificación del Equipo de Protección Personal más adecuado, y es responsabilidad del fabricante.

2) Además de las leyes y normas que ya existen al respecto.

3) Los materiales que se añaden intencionadamente, que no tienen efectos nocivos, por definición no son impurezas.

ANEXOS

ANEXO A (Informativo)

ANTECEDENTES

El WG 2 comenzó sus actividades en enero de 1992, y desde entonces ha celebrado siete reuniones en las que los expertos nominados por los Estados Miembros del CEN discutieron la forma de desarrollar el plan de trabajo, y los asuntos a tratar. También estudiaron el método para seleccionar las medidas de seguridad propuestas y para recopilar y evaluar la información científica y la normativa. Los temas relacionados con la seguridad del compost, y en especial con los contaminantes inorgánicos, se estudiaron por un grupo de personas "ad hoc" durante cierto tiempo debido a la gran cantidad de datos disponibles, de temas y a la necesidad de una profunda discusión sobre este asunto.

Se adoptaron los principios generales descritos en la Guía ISO/IEC 51, y se diseñó un plan de trabajo que los incluía entre las prioridades.

En las primeras reuniones se revisaron los conceptos de usos normales y de usos incorrectos razonablemente previsibles con idea de discutir sobre los mismos asuntos y para que todos los expertos participantes pudieran referirse a conceptos consensuados por todos; se definieron las distintas categorías de riesgo, y se aplicaron a las tres principales áreas (usuarios, medio ambiente y plantas). Entonces se estudiaron los productos y se clasificaron en grupos homogéneos atendiendo a su composición y a su origen, para poder evaluar los riesgos y los asuntos de seguridad de una manera más uniforme dada la gama tan amplia de productos objeto del CEN/TC 223.

Una vez que se habían elaborado los grupos de productos y los riesgos, se realizó una extensa búsqueda sobre la legislación existente, en la que colaboraron los expertos de cada país aportando sus respectivas leyes nacionales, normas, códigos de prácticas, normas voluntarias, o cualquier otro documento que estuviera relacionado de alguna forma con la seguridad de los mejoradores de suelo, sustratos de cultivo, y productos afines. La búsqueda abarcó también a Directivas y legislación de la UE, y a las normas ISO que ya existían sobre determinados temas. Las normas y legislaciones están cambiando constantemente, y la información que se incluye en este documento era la información disponible en el momento en que se redactó. Los usuarios deberían darse cuenta de que las normas y leyes pueden haber cambiado.

Se decidió que los temas (riesgos y/o productos) ya regulados por normas y leyes internacionales preexistentes no serían objeto de estudio por el WG 2, que, por tanto, concentró su esfuerzo en áreas en las que no había legislación o normas. Hubo que hacer frente a un importante problema debido a la existencia de diversa legislación nacional sobre el medio ambiente, que trata el tema de la protección ambiental de manera muy distinta, con distintos enfoques y distintas políticas entre países. Aunque en un principio los expertos del WG 2 deseaban armonizar todos estos planteamientos, a medida que progresaba el trabajo se iba poniendo de manifiesto la extrema dificultad de alcanzar esta armonía, quedando fuera de las posibilidades y del campo de trabajo del WG 2. Un ejemplo es el caso de los Elementos Potencialmente Tóxicos, para los que muchos países han adoptado leyes estrictas relativas a los materiales compostados y lodos de depuradora para la protección del suelo y para la definición de límites admisibles de agentes polucionantes. Estos límites se han obtenido de distinta forma según países, atendiendo a las condiciones locales, usos y prácticas, y a la amplitud de criterios sobre el manejo del suelo y de los residuos. A medida que progresaba el trabajo se ponía más claramente de manifiesto que era muy difícil y además inadecuado en principio normalizar todos estos aspectos.

Los temas tratados en este documento a menudo hacen referencia a la calidad del suelo ya que probablemente los productos se aplicarán en agricultura para su uso o eliminación. Frecuentemente se consideran los límites relacionados con la calidad del suelo como responsabilidad de los gobiernos nacionales y por tanto fuera del campo de trabajo del CEN. Sin embargo, como los mejoradores de suelo se supone que se aplicarán al suelo, se debería tener en cuenta el uso sostenible del suelo cuando se evalúe la seguridad de esos productos. Además, los fabricantes necesitan asegurarse de que sus productos son adecuados para la venta y que no plantean riesgos inaceptables para los consumidores ni para el medio ambiente. Se decidió que en lugar de proponer medidas de seguridad, el WG 2 elaboraría un documento en el que se informaría del trabajo realizado y los resultados.

Alguno de los riesgos que se identificaron al comienzo del trabajo se contemplaron más tarde como un tema de adecuación a su finalidad y por tanto se eliminaron de la agenda de trabajo. Esto ocurrió frecuentemente sobre todo en aspectos relacionados con los efectos en las plantas, ya que la tolerancia y los requisitos de determinadas condiciones (tales como salinidad, por ejemplo) pueden variar mucho entre especies y por tanto es más adecuado considerarlo como un criterio sobre el uso adecuado a su finalidad. En este caso el WG 2 recomienda a los fabricantes que indiquen en la etiqueta los valores de los parámetros de interés, y que indiquen las aplicaciones opcionales del producto.

Cuando no había legislación o normas, los expertos aportaron datos científicos. Otro problema fue la falta de información sobre métodos analíticos y la dificultad de relacionarlos con la información disponible. Este problema apareció claramente al tratar de los contaminantes orgánicos, hasta el punto que el WG 2 juzgó prematuro proponer unos valores normalizados hasta que se disponga de métodos analíticos con base científica para su elaboración.

ANEXO B (Informativo)**PROPUESTA PARA LA DISCUSIÓN DE LOS LÍMITES DE METALES EN MEJORADORES DE SUELO Y SUSTRATOS DE CULTIVO**

P A Wheeler
Warren Spring Laboratory, Stevenage, UK

1 INTRODUCCIÓN

En la última reunión del CEN 223/WG 2 en Milán los días 6-7 de mayo de 1993 se eligió el criterio basado en el nivel de riesgo para establecer los límites de metales. Tal como se discutió se establecerían los límites para las tres clases de la siguiente forma

Clase I Uso doméstico

Se basarían en los valores de ingesta recomendados por la OMS y otros que representen la ingestión directa.

Clase II Uso profesional con fines alimentarios

Se establecerían según el criterio de que la concentración final en el suelo no debería sobrepasar los límites establecidos en la directiva sobre los lodos de depuradora y suponiendo que la cantidad total añadida sería el 50% del suelo. (para un sustrato se considerarían cantidades superiores a esta).

Clase III Uso profesional con fines no alimentarios

Este límite se determinaría en las reglamentaciones nacionales.

Para ilustrar la discusión sobre los valores de los límites que se presentan aquí se incluyen ejemplos de los cálculos para determinar dichos límites junto con información complementaria. Mucha de la información proviene de los estudios de USEPA o Reino Unido (fondo geoquímico del suelo, dieta nacional, etc.) y por tanto puede ser necesario introducir ligeros cambios si estas características nacionales fueran marcadamente distintas en otros países europeos. Se incluye aquí toda la información importante y si más adelante se dispone de nueva información, se pueden revisar las cifras. En los cálculos se han incluido también los micronutrientes cobre y zinc, aunque se acordó que no sería necesario aplicar los límites exactamente de la misma forma ya que se requieren unos valores mínimos de éstos metales para todos los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo. Habría que señalar que esto solo es un ejemplo de metodología y que estos cálculos deberían ser reelaborados por expertos en estas materias si se van a considerar oficialmente.

Estos valores se han calculado teniendo en cuenta la biodisponibilidad obtenida para los materiales similares al suelo. Para el caso de otros materiales significativamente distintos de estos, debido a su contenido en materia orgánica, pH, etc. tales como los materiales inorgánicos (perlita, vermiculita), será necesario recalcular estos valores utilizando los factores de biodisponibilidad adecuados.

Además, también será necesario volver a realizar estos cálculos para materiales cuya densidad sea significativamente distinta ya que la zona de absorción en el suelo o en el contenedor está determinada por el volumen explorado por las raíces de la planta. Así, en materiales con baja densidad, el volumen explorado por las raíces comprendería menos masa de suelo/sustrato y por tanto una menor cantidad total de elementos tóxicos que en otro suelo/sustrato con la misma concentración (expresada en peso) pero mayor densidad. La mayor cantidad de un elemento tóxico puede influir en su absorción y por tanto se requerirá un factor de biodisponibilidad distinto.

2 CLASE III USO PROFESIONAL CON FINES NO ALIMENTARIOS

Tal como se mencionó anteriormente, se basará en los reglamentos nacionales. En Reino Unido no existe ninguna reglamentación y es probable que se utilicen como guía orientativa las reglamentaciones sobre aplicación de lodos de depuradora.

3 CLASE II USO PROFESIONAL CON FINES ALIMENTARIOS

Este límite se basará en los niveles “seguros” para el suelo que marca la directiva relativa a lodos de depuradora y por tanto asumiendo una aplicación de un máximo del 50% del mejorador de suelo. Los límites en el mejorador de suelo se calculan de tal forma que cuando se considera la concentración media existente en el suelo la concentración final en ese suelo no supere los niveles establecidos en la directiva de los lodos, esto se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_{MS} = \frac{L_{suelo} - 0,5 C_{suelo}}{0,5}$$

donde

L_{MS} concentración límite en el mejorador de suelo

L_{suelo} concentración límite para el suelo según la directiva de los lodos de depuradora

C_{suelo} fondo geoquímico del suelo (media nacional)

En la tabla 1 figuran las concentraciones medias en suelo para los metales pesados considerados por el WG 2. En esta tabla también figuran la concentración permitida en suelo según la directiva de los lodos de depuradora.

Tabla 1
Concentraciones en suelo en Reino Unido

		Concentración media en el suelo en Reino Unido µg/g peso seco	Concentración admisible en suelo según la directiva de los lodos µg/g peso seco	
			Límite inferior	Límite superior
Cadmio	Cd	0,9	1	3
Cromo	Cr	38	100	150
Cobre	Cu	18	50	140
Plomo	Pb	0,1	1	1,5
Niquel	Ni	21	30	75
Mercurio	Hg	48	50	300
Zinc	Zn	85	150	300

Utilizando éstos valores y asumiendo una dilución del 50% del material aplicado se pueden calcular los límites utilizando el cadmio como ejemplo.

$$\begin{matrix} (0,5 \times 0,9) \\ \text{del suelo} \end{matrix} + \begin{matrix} (0,5 \times L) \\ \text{del mejorador} \\ \text{de suelo} \end{matrix} = \begin{matrix} 1 \\ \text{límite en el suelo} \end{matrix}$$

Utilizando esta ecuación y los datos de la tabla 1 se obtiene un límite de 1,1µg/g peso seco, de igual forma para el límite superior (3 µg/g peso seco) se obtiene un límite de 5,1µg/g peso seco, siguiendo el mismo procedimiento se pueden calcular los límites para otros metales y figuran en la tabla 2.

Tabla 2
Límites para mejoradores de suelo para usos clase II

		Límites calculados basándose en los límites de los lodos para el suelo y en las concentraciones medias en suelo en Reino Unido	
		Utilizando los límites inferiores de la directiva	Utilizando los límites superiores de la directiva
Cadmio	Cd	1,1	5,1
Cromo	Cr	162	262
Cobre	Cu	82	262
Plomo	Pb	1,9	2,9
Niquel	Ni	39	129
Mercurio	Hg	52	552
Zinc	Zn	215	515

Tal como se dijo esto corresponde a aplicaciones de mejoradores de suelo clase II (uso profesional con fines alimentarios). Para sustratos de cultivo la aplicación del 100% llevaría al uso de los niveles de suelo de la directiva de los lodos. De todas formas, la aplicación de sustratos de cultivo sería más complicada ya que el medio está sometido a condiciones significativamente distintas de las del suelo, por ejemplo, la retención de agua, zona explorada por las raíces, etc. y por tanto la utilización de los límites de suelo para los lodos puede ser solo una medida provisional.

4 CLASE I USO DOMÉSTICO

Tal como se mencionó antes, los niveles para la clase I se basarían en la ingestión directa. Esta vía de exposición puede conducir a dos formas de toxicidad, aguda y crónica. La toxicidad aguda se ha basado en un niño de 20 kg de peso que consuma 500 g del producto en un corto espacio de tiempo. La toxicidad crónica se basa en exposiciones durante largo tiempo y tiene en cuenta efectos tales como la acumulación y la retención en el cuerpo, etc. El cálculo de la toxicidad crónica se basa en una tasa de ingestión de 500 mg por día que se ha obtenido de estudios con niños patrón. Por tanto se asume una exposición a lo largo de la vida por ingestión de aproximadamente 13 kg del producto. Organismos como la OMS han publicado valores de la ingesta diaria recomendada de varios metales y aquí se han utilizado cuando se disponía de ellos.

4.1 Cadmio

4.1.1 Toxicidad aguda. El nivel de toxicidad aguda LDL_0 (mínima dosis letal para el hombre) para una ingestión inespecífica de cadmio es de 15 mg/kg y por tanto una dosis letal para un niño de 20 kg sería de 300 mg¹. Por tanto una dosis límite de 500 g del producto equivaldría a 600 μ g/g peso seco. El cloruro de cadmio tiene una LD_{50} de 5 mg/kg (oral, en ratones) lo que supone una concentración límite de 10 μ g/g peso seco.

4.1.2 Toxicidad crónica. USEPA² determinó que 150 μ g/día era una dosis segura para cualquier procedencia. IPCS mostró que una ingesta diaria de 140 μ g/día – 259 μ g/día tenía efectos sobre la salud.

Muchos fumadores empedernidos (3 paquetes diarios) pueden recibir aproximadamente 75 μ g/día, por lo que la ingesta a través de los alimentos, el aire y el agua debería ser menor de 75 μ g/día.

La OMS recomienda una ingesta máxima diaria de 57 μ g/día – 71 μ g/día.

Se han calculado los valores normales para el Cd en el medio ambiente y son:

- Para un agua con 2 µg/l el consumo de un adulto es de 2 l/día y por tanto un total de 4 µg/día.
- La concentración media en el aire es de 0,007 µg/m³ con una tasa respiratoria para un adulto de 23 m³/día la ingesta a través del aire es de 0,161 µg/día para adultos.
- La ingesta de alimentos es más complicada ya que depende de la dieta pero usando los trabajos de USEPA y por tanto la dieta de EEUU la ingesta se ha estimado en 2,9 µg/día para adultos.

Por tanto, la ingesta total de fuentes naturales es de 7,1 µg/día. Ahora suponiendo una tasa de consumo de suelo de 500 mg/día y una dosis adicional admisible de 49,9 (57 – 7,1) µg/día la concentración de seguridad sería de 99,8 µg/g PS.

4.2 Cobre

4.2.1 Toxicidad aguda. Los datos disponibles¹ para las formas más tóxicas por ingestión oral son:

Acetoarsenito de cobre	LD ₅₀ (ratas, oral) 22mg/kg
Cloruro de cobre	LD ₅₀ (cerdos de guinea, oral) 31 mg/kg

Por tanto para proteger a un niño de 20 Kg de peso que ingiera una dosis de 500 g la concentración límite debería ser de 880 – 1 240 µg/g peso seco.

4.2.2 Toxicidad crónica. No se pudo encontrar información sobre límites máximos de cobre en la dieta y se consideró de mayor interés alcanzar objetivos mínimos. La OMS sugiere que la ingesta mínima de cobre debería ser de 2 mg/kg, mientras que en UK la media está en 1,8 mg/kg aproximadamente. La comisión del codex alimentarius ha establecido un límite de 0,5 mg/kg-día lo que para un adulto sería de 35 mg/día. Teniendo en cuenta éste límite y un consumo medio de 500 mg por día el límite en el producto sería de 70 000 µg/g peso seco, muy por encima de cualquier límite para un uso adecuado a la finalidad.

4.3 Cromo

4.3.1 Toxicidad aguda. No se encontró información sobre toxicidad oral, pero se encontraron los siguientes datos sobre inyección subcutánea (scu) e intravenosa (iv) para el cromo (II) y (VI)

Oxicloruro de cromo (VI)	scu en ratones	LDL ₀ 5,5 mg/kg
Sulfato de cromo (III)	iv en ratones	LDL ₀ 85 mg/kg

Según el criterio de la ingesta diaria de 500 g el límite para el Cromo (VI) sería de 220 µg/día peso seco y para el Cromo (III) sería de 3400 µg/día peso seco.

4.3.2 Toxicidad crónica. La OMS ha establecido la ingesta normal de éste metal en (50-200) µg/día y dice que coincide con los requisitos de la dieta. Según la OMS no se conocen efectos crónicos producidos por el cromo aparte de los que aparecen en los trabajadores de las industrias de hierrocromado expuestos al cromo (VI) de la atmósfera. La máxima preocupación correspondía a la deficiencia en cromo en la dieta de los niños desnutridos.⁴

Asumiendo que un límite de seguridad sería una cantidad del doble de la ingesta normal de (50 – 200) µg/día , se permitiría una ingesta directa de (50-200) µg/día . Esto lleva a un límite de (100 – 400) µg/g peso seco en el mejorador de suelo o sustrato de cultivo.

4.4 Níquel

4.2.1 Toxicidad aguda. El nivel de toxicidad que se ha encontrado más adecuado es para el metal níquel con una LDL₀ de 5 mg/kg para ingestión oral en cerdos, por lo que para un niño de 20 kg de peso que consumiera 500 g de producto el límite sería de 200 µg/g PS.

4.2.2 Toxicidad crónica. No se han encontrado límites para la ingesta de níquel. Se estima que la ingesta normal es del orden de (100 – 800) $\mu\text{g}/\text{día}$ sobre todo de (100 – 200) $\mu\text{g}/\text{día}$. Hasta 100 $\mu\text{g}/\text{día}$ pueden proceder de los utensilios de cocina. Asumiendo que 800 $\mu\text{g}/\text{día}$ es un límite “seguro” y que 200 $\mu\text{g}/\text{día}$ proceden de los alimentos y que otros 100 $\mu\text{g}/\text{día}$ provienen de los utensilios de cocina, la ingesta adicional admisible sería de 500 $\mu\text{g}/\text{día}$. Asumiendo todo ello, la concentración en el compost no debería superar los 1 000 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco

4.5 Plomo

4.5.1 Toxicidad aguda. El límite de toxicidad más severo que se ha encontrado corresponde al tetraetilo de plomo con un valor LDL_0 1,5 mg/kg (en humanos). En condiciones normalizadas el límite en un producto sería de 60 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco. De todas formas hay que recordar que en los materiales compostados muy poco o nada del plomo presente se encontrará en esa forma química por lo que esos límites pueden ser demasiado restrictivos para compuestos tales como óxido, nitratos y cianuro etc. cuyas dosis letales son de (100 – 500) mg/kg lo que llevaría a valores significativamente más altos, por ejemplo sobre 4 000 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco.

4.5.2 Toxicidad crónica. Para la OMS la ingesta diaria admisible es de (400 – 500) $\mu\text{g}/\text{día}$. En Reino Unido se ha medido una ingesta diaria de (200 – 250) $\mu\text{g}/\text{día}$. Teniendo en cuenta estos datos, la ingesta adicional admisible por ingestión regular de un producto es mayor de a 150 $\mu\text{g}/\text{día}$. Asumiendo lo expuesto, el límite de seguridad sería de 300 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco.

4.6 Mercurio

4.6.1 Toxicidad aguda. Nitrato de mercurio (II). LDL_0 8 mg/kg (intraperitoneal, en ratones)¹. Asumiendo una dosis de 500 g para un niño de 20 kg el límite de seguridad sería de 320 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco

4.6.2 Toxicidad crónica. Los documentos de OMS/FAO establecen una dosis de seguridad para el mercurio de 0,3 mg/semana (42 $\mu\text{g}/\text{día}$), los estudios de USEPA asumen un factor de seguridad de 21 $\mu\text{g}/\text{día}$. La ingesta normal diaria de fuentes naturales etc. es de 6 $\mu\text{g}/\text{día}$ aproximadamente por lo que una dosis de seguridad adicional por ingestión directa sería de (15 – 36) $\mu\text{g}/\text{día}$. Asumiendo una ingestión directa del mismo orden que para los otros metales de 500 mg/día, la concentración límite en el compost es de (30 – 71) $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco.

4.7 Zinc

4.7.1 Toxicidad aguda. Se ha encontrado que el mayor nivel de toxicidad por ingestión oral corresponde al fosfato de Zinc LDL_0 20 mg/kg (mujeres)¹. Por tanto para un niño de 20 kg de peso la concentración límite sería de 800 $\mu\text{g}/\text{g}$ peso seco.

4.7.2 Toxicidad crónica. La OMS y la comisión del codex alimentarius no han establecido límites ya que suponen que existe un amplio margen de seguridad entre los niveles de la ingesta normal de productos alimenticios y de otras fuentes y los niveles a los que se podrían observar efectos tóxicos. Estiman que algunos grupos, tales como los vegetarianos, podrían verse afectados por una deficiencia en zinc. Por todo ello, no se pueden establecer límites por este método.

5 TOXICIDAD A TRAVÉS DE LA CADENA ALIMENTARIA

Aunque se acordó basar los límites para los productos clase I en los efectos de la ingestión directa, se han obtenido cifras para la mayoría de los metales pero la información es incompleta. Se puede utilizar un criterio alternativo para establecer límites racionales que se base en las implicaciones de los metales aplicados a las concentraciones que se encuentran en un cultivo alimentario que se ha desarrollado utilizando estos metales. El límite se puede calcular evaluando un factor medio de absorción por las plantas y comparándolo con la concentración límite reglamentada para la media de los productos alimenticios cultivados en el suelo. Los valores medios deberán calcularse teniendo en cuenta la proporción de alimentos en la dieta de la población mejor que utilizando determinadas plantas que pueden no representar la diversidad de alimentos que se consumen normalmente.

Esta ruta de exposición se aplica a la jardinería doméstica cuando todas las frutas y hortalizas se cultivan en suelos tratados con cantidades máximas de mejoradores de suelo. Esta es una situación altamente improbable y puede representar el caso más extremo del individuo más expuesto.

En las páginas adjuntas se reproducen los límites nacionales admisibles para los metales en los productos alimenticios así como la parte importante de una encuesta sobre nutrición en Reino Unido y los factores de transferencia para varios grupos de plantas según USEPA.

Para calcular la concentración limitante en el mejorador de suelo o sustrato de cultivo, el valor del límite se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$L_{sc} = \frac{L_{p. \text{alim}}}{f_{\text{transferencia}}}$$

donde

L_{sc} concentración límite en el sustrato de cultivo

$L_{p. \text{alim}}$ concentración límite en el producto alimenticio

$f_{\text{transferencia}}$ factor de transferencia para el metal en la planta (concentración en el tejido de la planta/concentración en el suelo)

Para mejoradores de suelo, asumiendo una aplicación máxima de un 50%, la tasa de aplicación se modifica de la siguiente forma:

$$L_{MS} = \frac{\frac{L_{p. \text{alim}}}{f_{\text{transferencia}}} - 0,5 C_{\text{suelo}}}{0,5}$$

donde

L_{MS} concentración límite en el mejorador de suelo

C_{suelo} fondo geoquímico del suelo

En la tabla 3 se muestran los resultados de una encuesta en Reino Unido sobre las proporciones de consumo y compra de los diversos grupos de alimentos.

Tabla 3
Resultados de una encuesta nacional sobre nutrición en Reino Unido

	Consumo g/persona-semana	Distribución (%)	Distribución de la tasa de "producción propia"
Patatas	1096	12,3	24,0
Hortalizas de hoja verde	276	3,1	6,1
Legumbres secas	9	0,1	0,2
Legumbres frescas	246	2,8	5,4
Raíces	347	3,9	7,6
Frutas	1075	12,0	23,6
Cereales	1510	16,9	33,1
Otros productos	2047	22,9	npp
Leche (l)	2182 (2,182)	24,5	npp
Huevos (nº)	133 (2,21)	1,5	npp
Total	8,932	100,0	100,0

npp = no "producción propia".

Combinando estos datos con los límites para los productos alimenticios que figuran en las reglamentaciones nacionales, se pueden calcular los valores medios expresados en peso tal como aparecen en la tabla 4.

Tabla 4
Cálculo del límite para el cadmio para una dieta media

	Límite según la legislación (la más restrictiva es de Alemania, Holanda y Reino Unido) µg/g PS	Distribución (%)	Límite para una dieta media µg/g peso seco
Patata	0,1	24,0	0,024
Hortalizas de hoja verde	0,1	6,1	0,006
Legumbres secas	0,1	0,2	0,000
Legumbres frescas	0,1	5,4	0,005
Raíces	0,1	7,6	0,008
Frutas	0,03	23,6	0,007
Cereales	0,1	33,1	0,033
Total			0,083

Siguiendo el mismo procedimiento se puede calcular el factor medio de transferencia de la planta a partir de los valores de los factores de transferencia publicados por USEPA. Hay que puntualizar que estos factores de transferencia están basados en aplicaciones de lodos de depuradora, los factores de transferencia derivados de trabajos experimentales en los que se aplican los metales en forma de sales pueden alcanzar valores mucho más altos y puede que no sean representativos de lo que ocurre en campo ya que la disponibilidad de los metales es muy variable según la especie química. Si se conocieran los factores obtenidos en trabajos experimentales con otros materiales tales como turba, compost de residuos sólidos urbanos, etc. se podrían incluir.

Tabla 5
Cálculo del factor medio de transferencia para el cadmio

	Factor de transferencia µg/g peso seco en planta µg/g peso seco en el suelo	Distribución (%)	Límite para una dieta media µg/g peso seco
Patata	0,03	24,0	0,007
Hortalizas de hoja verde	0,43	6,1	0,026
Legumbres secas	0,01	0,2	0,000
Legumbres frescas	0,01	5,4	0,001
Raíces	0,22	7,6	0,017
Frutas	0,05	23,6	0,012
Cereales	0,016	33,1	0,005
Total			0,068

Así, incorporando los valores calculados a las ecuaciones de los límites para los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo:

$$L_{\text{produc. alimenticio}} \text{ es } 0,083 \text{ } \mu\text{g/g peso seco}$$

$$f_{\text{transferencia}} \text{ es } 0,068$$

$$C_{\text{suelo}} \text{ es } 0,9 \text{ } \mu\text{g/g peso seco}$$

Así para el cadmio:

$$L_{\text{SC}} = 1,2 \text{ } \mu\text{g/g peso seco}$$

$$L_{\text{MS}} = 1,5 \text{ } \mu\text{g/g peso seco}$$

En la tabla 6 figuran esos cálculos realizados para los otros metales de interés.

Tabla 6
Límites para los mejoradores de suelo y sustratos de cultivo basados en la ingesta a través de la cadena alimentaria

Metal	L_{produc. alimenticio} μg/g peso seco	F_{transferencia}	C_{suelo} μg/g peso seco	L_{SC} μg/g peso seco	L_{MS} μg/g peso seco
Cadmio Cd	0,08	0,07	0,9	1,2	1,5
Cromo Cr	nd	nd	38		
Cobre Cu	20	0,04	18	500	982
Plomo Pb	0,31	0,0024	48	129	210
Níquel Ni	nd	0,10	21		
Mercurio Hg	0,02	.0037	0,1	5,4	10,7
Zinc Zn	50	0,09	85	556	1027

nd sin determinar por falta de datos

6 CONCLUSIONES

Dadas las tres formas de ingestión de los metales pesados y las diversas formas de calcular los límites, en la tabla 7 figuran los límites combinados para cada uno de los metales. Aquí se han calculado los valores para el cobre y el zinc, pero debido a los requisitos de estos elementos como micronutrientes, se aplicaría un criterio de uso adecuado al objetivo, obteniéndose también valores mínimos. Estos valores mínimos en algunos casos estarán por encima de los valores expresados en la tabla 7. Esto se debe a que se han calculado los límites realizando enormes simplificaciones que, en general, han sobreestimado ampliamente los riesgos y por tanto la flexibilización de los límites en este sentido no es probable que afecte a la seguridad del producto. Los valores de la tabla 7 no reflejan esto.

Tabla 7
Límites (en µg/g peso seco calculados para mejoradores de suelo y sustratos de cultivo)

		Clase III Uso profesional con fines no alimentarios		Clase II Profesional		Clase I Doméstico			
		MS	SC	MS	SC	Toxicidad aguda	Toxicidad crónica	Base en la ingesta	
								MS	SC
Cadmio	Cd	*	*	1,1-5,5	1-3	10	100	1,5	1,2
Cromo	Cr	*	*	162-262	100-150	220 (VI) 3 400 (III)	100-400	nd	nd
Cobre	Cu	*	*	82-262	50-140	880-1 240	70 000	982	500
Plomo	Pb	*	*	52-552	50-300	60-4 000	300	210	129
Níquel	Ni	*	*	39-129	30-75	200	1 000	nd	nd
Mercurio	Hg	*	*	1,9-2,9	1-3	320	30-71	10,7	5,4
Zinc	Zn	*	*	215-515	150-300	800	nd	1 027	556

* referido a reglamentación nacional

nd sin determinar por falta de datos

Referencias

- 1 Department of the Environment, "Waste management paper no 23. Special waste: a technical memorandum providing guidance on their definition", HMSO, London, 1981, ISBN 0 11 751555 8.
- 2 U S Environmental Protection Agency, "Technical support document – land application and distribution and marketing of sewage sludge", report No PB89-136576, US Dept of Commerce, NTIS, Springfield VA, 1988.
- 3 "Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. 16th report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives", FAO nutrition meeting report series No. 51, WHO Technical report series No. 505 (1972) Geneva.
- 4 IPCS International Programme on Chemical Safety, "Environmental Health Criteria 61. Chromium", WHO, Geneva 1988.

ANEXO C (Informativo)

**LÍMITES DE METALES PESADOS EN MEJORADORES DE SUELO:
DIRECTRICES PARA LA DISCUSIÓN**

**Límites de metales pesados en mejoradores de suelo:
Directrices para la discusión**

Por Florian Amlinger

Según el Comité ON 199 / Austria

Viena, Marzo 1994

Límites de metales pesados en mejoradores de suelo: Directrices para la discusión

La siguiente información sobre normas de seguridad para los límites de metales pesados en los mejoradores de suelo de uso general (alimentario, no alimentario, profesional, doméstico) se basa en la reciente discusión habida en el CEN/TC 223/WG 2 y fue formulada por expertos científicos en Viena.

1 INTRODUCCIÓN

El principal factor que se debe considerar al limitar los metales pesados en el medio ambiente es su impacto ecotóxico. Debido a que los mejoradores de suelo orgánicos y los fertilizantes representan una mayor contaminación de metales pesados que el suelo, puede producirse una acumulación al menos en los primeros 20 cm de suelo. Internacionalmente los límites de metales pesados se basan en la extracción con ácido (agua regia: HNO_3 : HCl = 3:1). Hoy está comprobado que la correlación con la movilización y disponibilidad de los metales pesados así como con la absorción por las plantas es insatisfactoria.

El suelo representa un equilibrio dinámico. Para establecer las normas de aplicación segura de los mejoradores de suelo contaminados, es esencial considerar las propiedades del suelo que son importantes en la dinámica de los metales pesados para la evaluación del riesgo ecológico y sostenible.

En primer lugar, este artículo presenta distintos escenarios para la acumulación neta de metales pesados basado en la reciente discusión. En segundo lugar, proporciona algunos ejemplos y referencias sobre la significación ecotóxica de la contaminación del suelo. Basándose en esto, se hace una propuesta sobre límites generales de metales pesados en los mejoradores de suelo.

2 RIESGOS DE ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO.

Los cálculos se basan en

- Concentración del fondo geoquímico del suelo (valores medios en Austria; (Amlinger et al., 1990);
- aportación media atmosférica e impacto del Cd de los fertilizantes fosfatados;
- Acumulación potencial debido a los mejoradores de suelo basados en compost.

Se han asumido las siguientes concentraciones de metales pesados en compost, referido al 30% de materia orgánica (M.O):

- Límite Clase I; ÖNORM S2200 en Austria [**KI.I/A**]
- Límite Clase II; ÖNORM S2200 en Austria [**KI.II/A**]
- Propuesta del Límite Clase 2; CEN/TC 223/WG 2; 5 Febrero de 1993; (N.75;p. 3) [**CEN/Feb. 93**]
- Propuesta del Límite WHEELER (1993) basada en la directiva/límite superior CE de los lodos de depuradora (N.99; p. 5; tabla 2, columna derecha) [**EC/U.L.**]

Aportes atmosféricos cantidad/ha/a según KÖCHL (1987), ISERMANN (1992), ANÓNIMO (1993a), ANÓNIMO (1993b), véase la tabla 1.

Tabla 1
Aporte medio atmosférico de metales pesados /ha y año

Metal	Aporte en g/ha/a
Cd	3,5 (+2,1)*
Cr	20
Cu	75
Hg	1
Ni	20
Pb	130
Zn	500

* ... aportación debida a fertilizantes fosfatados (ISERMANN, 1992)

Para la **exportación de metales pesados**, la información disponible hace referencia a (citado por KÖCHL, 1987; ISERMANN, 1992; ANÓNIMO, 1993 a):

- Absorción por las plantas.
- Erosión superficial.
- Tasa de lavado.

Tabla 2
Exportación y balance de metales pesados en g/ha/a (no se considera la carga del compost)

Metal	Exportación en g/ha/a por				Balance en g/ha/a	
	Planta 1	Erosión* 2	Lavado 3	Total 1+2+3	Con erosión	Sin erosión
Cd	2	2,6	1,5	6,1	-0,5	+2,1
Cr	20	260		280	-260	0
Cu	41	217		258	-183	+34
Hg		0,87		0,87	+0,13	+1
Ni	18	260	12	290	-270	-10
Pb	19	217	3,7	240	-110	+107
Zn	298	607	115	1 020	-520	+87

* Hay documentación de que la exportación de Cd por erosión es del 45% del total (de ISERMANN, 1993). Esto equivale al 0,289% de la concentración del fondo geoquímico en los primeros 20 cm del horizonte más superficial. Se utilizó el mismo porcentaje para el cálculo de la exportación de metales pesados por erosión para todos los metales.

Tabla 3
Límites de metales pesados en los mejoradores de suelo (compost) para el 30% y el 3,5% de materia orgánica

	KL. I/A *		KL. II/A *		CEN/Feb. '93 **		EG/U.L. ***	
	30%	3,50%	30%	3,50%	30%	3,50%	30%	3,50%
Cd	0,7	0,96	1	1,38	1,5	2,07	5,1	7,03
Cr	70	96,50	70	96,50	150	206,79	262	361,19
Cu	70	96,50	100	137,86	200	275,71	262	361,19
Hg	0,7	0,96	1	1,38	1	1,38	2,9	4,00
Ni	42	57,90	60	82,71	75	103,39	129	177,84
Pb	70	96,50	150	206,79	150	206,79	552	760,97
Zn	210	289,50	400	551,43	750	1 033,93	515	709,96

* ÖNORM S 2200 (1993); **Propuesta del CEN/TC 223/WG 2, 5 Feb. 1993 (N.75, p.3); *** Propuesta de WHEELER (1993)

En la tabla 3 se dan las concentraciones de metales pesados para el compost para los límites considerados.

Como es habitual en Austria y Alemania, se asumió un 30% de materia orgánica para todos los datos. Basándose en esto, la segunda columna tiene en cuenta la consiguiente degradación de la materia orgánica hasta un 3,5% de peso seco cuando se aplica al suelo.

Los cálculos se basan en una aplicación de 10 tm/ha y año.

El cambio en la concentración de metales pesados en el suelo se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{mg / kg (s + c)} = \frac{\text{mg / kg(s)} \cdot \text{t(s)} + \text{mg / kg(c)} \cdot \text{t(c)}}{\text{t(s)} + \text{t(c)}}$$

mg/kg(s) ... concentración de metales pesados en el suelo en el horizonte considerado (mg/kg p.s.)

mg/kg(c) ... concentración de metales pesados en el compost, relacionado con el contenido en materia orgánica del suelo (mg/kg p.s.)

T(s)..... peso del suelo por ha relacionado con el horizonte considerado (toneladas)

T(c)..... toneladas de compost aplicadas calculadas según el contenido en materia orgánica del suelo (t/ha p.s.)

En la tabla A 1a- A 1c y A 2a- A2c (véase anexo), se calcula **la acumulación de metales pesados durante períodos de 30 años, 50 años y 100 años** según los datos de las tablas 1, 2 y 3 suponiendo aplicaciones de 10 t de compost/ha/a (p.s.). La tabla A1a-h se calculó considerando la disminución por erosión, la tabla A2a--h sin ésta disminución.

Se usó como base la carga media del fondo geoquímico de los suelos agrícolas de Austria.

Las tablas A1e-d y A2e-d muestran el número de años requeridos de aplicación continua de compost hasta alcanzar los límites asumidos (A1d & A2d:Austria ÖNORM L 1075¹; A1e & A2e: límite superior de la Directiva CE de los lodos de depuradora). Finalmente, en las tablas A1f-h & A2f-h se muestran los porcentajes de los límites que se alcanzan en todos los casos considerando o no la reducción por erosión. En las Tablas 4a & 4b se resumen los porcentajes relativos a los límites de Austria para el suelo (L.V./A.)

Véase la tabla 2 para el cálculo de la reducción debida a la erosión. El aumento neto es significativamente menor sin considerar la erosión, en particular si se asumen los límites bajos para el compost.

1) Las secciones 3 y 4 tratan de las fuentes de datos científicos para el uso de los límites para el suelo de Austria.

Las tablas 4a y 4b muestran claramente que - basándose en el marco descrito en éste artículo - durante un período de 100 años sólo se superaran los valores límite para el suelo si se supone que el compost tiene un nivel de metales pesados acorde a EC/U.L. (WHEELER. 1993) (excepto para el Zn). Incluso en las condiciones más favorables, los límites de suelo para el Cd y el Pb se superan ya a los 50 años en un 7,5% y 8,8% respectivamente. Solo a los 30 años se supera el 70% del límite para los dos elementos.

Al utilizar los límites de Austria ÖNORM S 2200 (1993) KI.I/A & KI.II/A, no se alcanza en ningún caso el 70% del límite para el suelo (excepto para el Pb:70,9% a los 100 años).

Tabla 4a

Balance 1 - con erosión: Porcentajes alcanzados de los límites para el suelo de Austria según ÖNORM L 1075 a los 30 años, 50 años y 100 años de aplicación continua de compost a razón de 10 tm/ha/a. Se incluyen todos los valores > 70% de los límites para el suelo (en mg/kg p.s.).

	Límite para el suelo (A) mg/kg p.s.	% del límite para el suelo			
		30 años (EC/U.L.)	50 años (EC/U.L.)	100 años (CEN/Feb. '93 (EC/U.L.)	
Cd	1	76,5%	107,5%	–	185,0%
Cr	100	–	–	–	98,4%
Cu	100	–	–	77,3%	97,2%
Hg	1	–	–	–	101,2%
Ni	60	–	71,2%	–	92,4%
Pb	100	75,3%	108,8%	–	192,7%
Zn	300	–	–	92,4%	–

Tabla 4b

Balance 2 - sin erosión: Porcentajes alcanzados de los límites para el suelo de Austria según ÖNORM L 1075 a los 30 años, 50 años y 100 años de aplicación continua de compost a razón de 10 tm/ha/a. Se incluyen todos los valores > 70% de los límites para el suelo (en mg/kg p.s.)

	Límite para el suelo (A) mg/kg p.s.	% del límite para el suelo			
		30 años (EC/U.L.)	50 años (EC/U.L.)	100 años (CEN/Feb. '93 (EC/U.L.)	
Cd	1	79,1	111,8	78,2	193,7
Cr	100	–	–	71,2	107,1
Cu	100	–	–	84,5	104,4
Hg	1	–	–	–	104,1
Ni	60	–	78,4	77,9	106,8
Pb	100	77,5	112,4	70,9*	199,9
Zn	300	–	–	99,1	74,0

*... válido incluso para la Clase 2 ÖNORM S2200 en Austria (KI.II/A).

Asumiendo los límites de Cd (5,1 mg/kg p.s.) y de Pb (552 mg/kg p.s.) (EC/U.L) en el compost, los límites para el suelo establecidos en Austria se alcanzarán a los 45 años. En la tabla 5 se resume la situación para el CEN/Feb. 93 y EC/U.L.

Tabla 5
Número de años que se tarda en alcanzar los límites para los suelos austriacos asumiendo los límites sugeridos por el CEN/Feb. 93 y EC/U.L.

	Límite para el suelo	CEN/Feb. '93		EC/U.L.	
	Austria mg/kg d.m.	Límite M.S. mg/kg d.m.	Años hasta alcanzar el límite para el suelo	Límite M.S. mg/kg d.m.	Años hasta alcanzar el límite para el suelo
Cd	1,0	1,5	145	5,1	43
Cr	100	150	170	262	91
Cu	100	200	126	262	94
Hg	1,0	1,0	272	2,9	96
Ni	60	75	179	129	88
Pb	100	150	163	552	43
Zn	300	750	101	515	151

3 EVALUACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Se considerará la importancia ecotoxicológica de los cálculos anteriores basándose en una serie de trabajos de investigación.

En la tabla 6 se da una lista de datos referentes a la absorción de metales pesados por las plantas así como los límites importantes.

Tabla 6
Datos y normas relativas a la absorción de metales pesados por las plantas

	1 Límite de pH para la mayor disponibilidad	2 Coeficiente de transferencia suelo-planta ***	3 Valores normales en la planta mg/kg d.m.	4 Límites de toxicidad en plantas relacionados con la recolección mg/kg d.m.	5 Límites en alimentos mg/kg alimento	6 Límites en el pienso mg/kg pienso	OMS Absorción máxima semanal (70 kg)
Cd	6,0	0,01 - 10	<0,1 - 0,5	2,5 - 10	0,1 - 0,2*	1,0	490 µg
Cr	4,5	0,01 - 0,5	<0,1 - 1,0	1 - 2	–	–	–
Cu	4,5	0,01 - 2,0	2 - 20	15 - 20	–	50	–
Hg	4,0	–	2,6 - 86 ppb	0,5 - 1,0	0,3 - 0,5	0,1	350 µg
Ni	5,5	0,01 - 0,5	0,1 - 2,0	20 - 30	–	–	–
Pb	4,0-4,5	0,001 - 0,5	0,1 - 10	10 - 20	0,3 - 0,5**	40	3,5 mg
Zn	5,5	0,01 - 10	2 - 100	150 - 200	–	250	–

*... fruta: 0,05; espinaca: 0,5 mg/kg

**...col rizada:2,0 mg/kg

***... mg/kg en planta/mg/kg en suelo (p.s.)

1) ANÓNIMO (1988); 2) SAUERBECK & STYPEREK (1988); 3) MAIER et al. (1993); 4) SAUERBECK (1983); 5) ANÓNIMO (1986); 6) HECHT (1982)

Un número considerable de trabajos de investigación describen **la dinámica de movilización y disponibilidad de metales pesados en relación con propiedades específicas de los suelos.**

Según ANÓNIMO (1988), la sorción de metales pesados se realiza fundamentalmente por

- Absorción a compuestos de cambio
- Precipitación química
- Sorción orgánica

La fuerza de sorción específica a Fe- hidroxilizado. Al- y óxidos de Mn sigue el orden $Cd < Ni < Zn < Cu < Pb$. Debido a la materia orgánica del suelo la sorción por agentes complejantes organo-metálicos sigue el orden $Zn < Co < Ni < Pb < Cu$. Ambas formas de sorción están íntimamente relacionadas con el pH.

HERMS y BRÜMMER (1984) mostraron que la disponibilidad disminuía en suelos con bajo nivel de humus y pH entre 3 – 6 según el orden $Cd > Zn > Cu > Pb$. En suelos con altos niveles de materia orgánica de alto peso molecular de alta estabilidad y bajo pH, la inmovilización disminuye en el orden $Cu > Cd > Zn > Pb$.

La movilización por compuestos complejantes orgánicos solubles sigue el orden $Cu > Cd > Zn > Pb$.

Este fenómeno puede acelerarse por fases de descomposición microbiana intensiva de la materia orgánica (por ejemplo degradación del estiércol fresco).

Además la aplicación de cloruros como componentes de los fertilizantes minerales puede aumentar la disponibilidad del Cd.

En resumen, se debe prestar especial atención al Cd y Zn – pero también al Cu y Ni- debido a la dependencia que tienen la desorción y el coeficiente de transferencia suelo:planta > 1 del pH .

Se ha descrito la significación de los límites para el suelo considerando la toxicidad crónica (acumulativa) del cadmio y su relativa mayor movilidad en el suelo y en las plantas.

En la tabla 7 figura una lista de plantas que alcanzan una tasa de transferencia para el Cd > 1

Tabla 7
Coefficiente de transferencia (C.T) para el cadmio suelo /planta > 1
(de LÜBBEN & SAUERBECK, 1992)

Cultivo	C.T. suelo a planta
Puerro	1,20
Zanahoria	1,29
Rábano	1,61
Hoja de lechuga	3,21
Hoja de apio	3,73
Espinaca	5,34
Raíz de apio	7,09

Para el Cd, especialmente en suelos con pH 6 y baja capacidad de sorción, puede haber posibilidad de acumulación en hojas y raíces (SAUERBECK y STYPERECK, 1988). Las plantas forrajeras están por tanto sujetas a considerable impacto.

Un nivel en el suelo de 2 mg/kg p.s. puede llevar a una concentración de Cd en espinaca de 1,5 mg/kg de alimento, es decir, tres veces el límite alemán (0,5 mg/kg de alimento).

HORAK et al. (1994) discutieron el efecto conjunto del aumento de las concentraciones de metales pesados en los suelos, y describen la acumulación de Cd en el grano de trigo así como un efecto negativo sobre parámetros microbianos en el suelo incluso si el nivel de Cd en suelo es moderado.

Tabla 8
Impacto del Cd como un efecto combinado con los metales pesados Cu, Ni, Zn y V en el contenido del grano de trigo y en los parámetros microbiológicos del suelo (HORAK et al., 1994)

Suelos pH	Cd en suelo Agua regia mg/kg p.s.	Cd en suelo Acetato amónico mg/kg p.s.	Contenido en el grano de trigo mg/kg p.s.	Inhibición de la respiración En % del testigo	Inhibición de la actividad arilsulfatasa En % del testigo
Control*	0,2 – 0,3	0,03 – 0,07	0,05 – 0,11	–	–
A (7,5)	2,2	0,37	0,4	30%	29%
B (6,9)	2,3	0,50	0,92	35%	60%
C (7,7)	2,6	0,20	0,38	28%	70%

*... rango de los suelos A, B y C

Como resultado del efecto conjunto del Cd, Cu, Ni, Zn y V, se encontraron efectos tóxicos para valores de Cd de 0,28 mg/kg p.s. extraído con acetato amónico. Esto se refiere a un valor de 1,9 mg/kg p.s. en un suelo ligeramente ácido, algo húmico, aluvial arenoso, utilizando extracción con ácido.

CHANEY (1991) citó un antagonismo Zn:Cd no confirmado: no se observó supresión de la absorción de Cd al aumentar la concentración de Zn en el suelo.

En las figuras A1-A4 (véase el anexo) se resume un efecto decreciente de parámetros microbianos tales como mineralización del C, respiración, actividad arilsulfatasa y actividad deshidrogenasa debido al aumento de la contaminación con Cd, Cu, Ni y Zn.

Se aplicaron los metales pesados en forma mineral a 3 suelos (A, B y C) a 3 niveles 4 años antes del análisis.

Durante este período de transformaron en compuestos específicos del suelo.

La tabla 9 muestra que las dinámicas de disponibilidad son comparables a los resultados obtenidos en muestras de suelo sin tratar.

Tabla 9
Relaciones entre contenido movilizado (NH₄ –acetato) y total (agua regia) en ensayos de suelos tratados con sales de metales pesados y en lugares naturales (de HORAK et al., 1994)

	Cd		Cu		Ni		Zn	
	Total mg/kg	NH ₄ –ac En % tot	Total mg/kg	NNH ₄ –ac En % tot	Total mg/kg	NH ₄ –ac En % tot	Total mg/kg	NH ₄ –ac En % tot
Suelos, 4 años después de la aplicación de sales de metales pesados	2,2	21,7	90	1,4	62	2,1	273	2,7
	2,3	16,8	142	1,5	78	1,4	263	1,3
			232	1,6			303	1,4
			239	1,8			435	2,0
Lugares naturales	0,4	35	124	1,0	96	1,2	212	1,7
	1,2	30	352	1,8			491	1,5
			4416	1,3				

Así, si los metales pesados minerales tienen suficiente tiempo de reaccionar con el medio (en nuestro caso 4 años), tales resultados experimentales son también claramente importantes para la agricultura práctica.

KÖCHL (1984) informó de resultados similares en una comparación de los niveles de **Cd** en trigo de primavera, cebada de primavera y maíz tras la aplicación de sulfato de cadmio (660 g Cd/ha) y lodos (112 t p.s./ha = 660 g Cd/ha) en dos lugares diferentes (Tabla 10)

Tabla 10
Niveles de Cd en plantas verdes de trigo de primavera, cebada de primavera y maíz en dos localidades tras la aplicación 660 g/ha de Cd en forma de sulfato de Cd y 112 t/ha de lodos (de KÖCHL, 1984)

	Concentración de Cd en plantas verdes (mg/kg p.s.) tras la aplicación de 660 g Cd/ha como	
	112 t p.s. lodos/ha	Sulfato de Cadmio
Localidad 1 (pH=7,5)	0,085	0,096
Localidad 2 (pH=5,4)	0,288	0,455

Aquí era evidente que la movilización potencial sólo está influenciada en parte por el tipo de Cd aplicado, mientras que las condiciones locales (valor del pH) juegan un papel más importante.

En el marco de un estudio a largo plazo, WIMMER (1984) mostró que un período de fertilización de 5 años con lodos (100 m³/ha/a) y compost de basuras (50 t/ha/a) conduce a un aumento de 1,3 a 3 veces en la concentración de metales pesados en el suelo (Cu, Cr, Ni, Pb, Zn). En la Tabla 11 se comparan los valores del suelo en los testigos y en las variantes con fertilización con las concentraciones en el grano de avena en el 4º año de recolección.

Tala 11
Valores de los metales pesados en el suelo y en el grano de avena tras 4 años de aplicaciones de compost de basuras (de WIMMER, 1984)

	Cu	Ni	Pb	Zn
Suelo (mg/kg p.s.)				
Testigo	31	41	30	72
Compost de RSU (50 t/ha/a)	84	54	45	111
En % del testigo	271%	131%	155%	154%
Grano de avena (mg/kg p.s.)				
Testigo	4,4	0,8	0,09	24,0
Compost de RSU (50 t/ha/a)	5,2	3,2	0,11	36,5
En % del testigo	118%	400%	122%	152%

Este experimento mostró que en particular las fracciones de **Zn** y de **Ni** del compost de basuras son fácilmente absorbibles por las plantas.

V. BOGUSLAWSKI (1987) examinó la concentración de metales pesados en el suelo y en el grano y paja de cebada de invierno tras la aplicación de lodos durante 18 años en Alemania. Los resultados obtenidos para el **Cd**, **Ni** y **Zn** se resumen en la tabla 12.

Tabla 12
Niveles de Cd, Ni y Zn en suelo así como en el grano y paja de cebada de invierno tras 18 años de fertilización con lodos (de V. BOGUSLAWSKI, 1987)

mg/kg p.s.		Tratamientos				
		Testigo	1	2	3	4
Cd	Suelo	0,10	< 0,10	0,20	0,36	0,40
	Paja	0,023	0,035	0,053	0,053	0,072
	Grano	0,015	0,019	0,022	0,024	0,04
Ni	Suelo	35,6	21,4	33,8	24,6	28,2
	Paja	0,25	<0,2	0,24	0,29	0,28
	Grano	< 0,125	< 0,125	< 0,125	0,13	0,66
Zn	Suelo	57,5	77,0	77,5	75,0	85,0
	Paja	6,05	9,93	13,1	23,2	37,3
	Grano	32,1	37,5	38,8	53,2	61,5

Testigos: Sin lodos
 1 aprox. 2,5 t lodos/ha p.s. cada 2 años
 2 aprox. 2,5 t lodos/ha p.s. cada año
 3 aprox. 5 t p.s. lodos/ha p.s. cada 2 años
 4 aprox. 5 t p.s. lodos/ha p.s. cada año

En el caso del **Zn**, un aumento en la concentración del 49% en el suelo (trat. 4) lleva a un aumento del 516% en la paja y del 91% en el grano. Usando como ejemplo el Tratamiento 4, **el Cd mostró un incremento relativo uniforme de la concentración:** suelo + 300%; paja + 231%; grano + 266%. Incluso para los niveles totales generalmente moderados dentro del marco de los límites establecidos para el suelo en Austria, **es evidente que la absorción de las plantas reacciona de manera sensible a los cambios en los elementos Cd y Ni.**

La evaluación durante un período de estudio de 25 años (SAUERBECK y STYPEREK, 1987) lleva a los siguientes resultados:

El Zn, de forma similar al Cd, muestra las mayores tasas de absorción, en especial en las partes vegetativas; esto también es válido para las plantas monocotiledoneas. **Fueron suficientes valores de 300 mg/kg en el suelo para superar la concentración fitotóxica de Zn de > (200-300) mg/kg en las plantas.** En suelos ácidos con poca arcilla, se alcanzaron concentraciones que ocasionan trastornos toxicológicos en planta con valores de 100 mg/kg en el suelo.

La situación es similar para el **Cu. Concentraciones de 100 mg/kg en suelo** (límite en Austria y Alemania) **en suelos arenosos son suficientes para provocar una acumulación crítica fitotóxica** de 20 mg/kg en plantas dicotiledoneas (por ejemplo remolacha azucarera).

En un estudio de 5 años de duración sobre el impacto de los residuos urbanos en el suelo, en la edafofauna y en las plantas (SAUERBECK y LÜBBEN, 1991), se compararon los límites de Cd en los alimentos (véase también tabla 6) con las concentraciones alcanzadas en la actualidad en las plantas en relación con los niveles en el suelo. Estos resultados se resumen en la tabla 13.

Tabla 13
Porcentaje de muestras con niveles de Cd por encima de los límites para los productos alimenticios (ZEBS)
en relación con la concentración en el suelo (de SAUERBECK y LÜBBEN, 1991)

Concentración en el suelo mg/kg p.s.	Trigo	Avena	Rábano	Zanahoria	Espinaca	Hoja de lechuga	Hoja de apio
	Grano						
ZEBS:	0,12	0,12	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0
0,0 - 0,3	22	22	0	0	0	67	44
0,3 - 0,5	25	50	17	0	8	33	83
0,5 - 0,75	50	25	0	0	19	75	63
0,75 - 1,0	63	50	25	0	0	100	100
1,0 - 1,5	82	67	33	17	17	100	100

ZEBS: límite en los productos alimenticios en mg/kg p.s. (ANÓNIMO, 1989)

La tabla 13 demuestra claramente que:

- 1 la concentración de Cd en el grano de trigo, en hojas de lechuga y en hojas de apio frecuentemente alcanza o supera el límite en productos alimenticios;**
- 2 la frecuencia de estas transgresiones aumentan con el nivel de contaminación del suelo.**

Basándose en esos valores determinados para el suelo que podrían superar los límites en los productos alimenticios, es evidente que los valores de referencia derivados para el Cd en extractos con agua regia están marcadamente por debajo de los límites en vigor desde 1992 para el suelo de 3,0 mg/kg p.s.

Tabla 14
Valores orientativos de la concentración de Cd en el suelo (extracción con agua regia)
por encima de los cuales se pueden superar los límites en planta
(de SAUERBECK y LÜBBEN, 1991)

Cultivo	Valor orientativo para el suelo (mg/kg p.s.)
Grano de trigo	0,27
Grano de avena	0,34
Vainas de judía	1,84
Guisante	0,42
Espinaca	1,15
Lechuga	0,43
Rábano	2,34
Zanahoria	0,55
Media de todas las plantas (rango)	0,70 (0,40 - 1,20)

Según STADELMANN et al. (1984), la actividad microbiana de varios suelos responde - así como la planta- según los factores clave de pH, contenido en arcilla contenido en materia orgánica muerta. Los parámetros sensibles clasificados son:

- número de bacterias
- crecimiento bacteriano
- espectro bacteriano
- mineralización del C

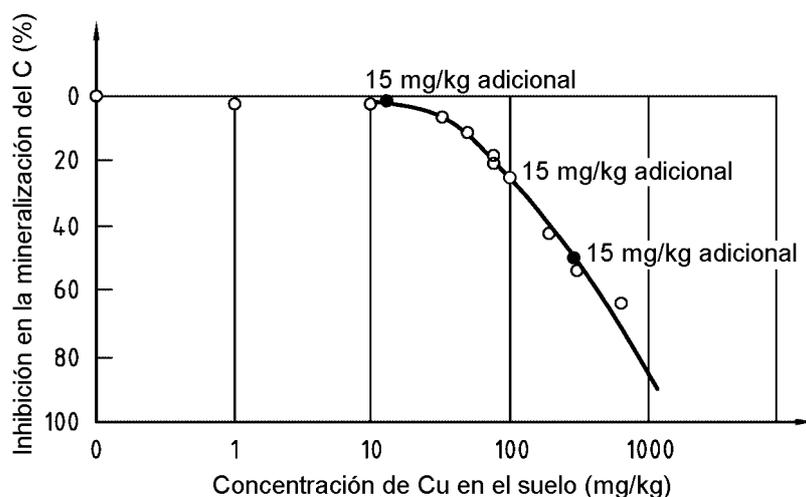


Fig. 1 – Interacción entre la concentración de Cu en el suelo y la mineralización del C a los 32 días de la contaminación con Cu

STADELMANN et al. (1984) registró concentraciones tóxicas límite de Cu para la mineralización del C en un suelo ácido, pobre en humus, arcillo arenoso (pH 5,7; C org 0,724%; N 0,134%; arcilla 14,1%; sedimentos 39,7%; arena 46,2%; CIC 11,3 mmol/100g; Cu 8,5 mg/kg) tras la aplicación de 15 mg/kg p.s. de suelo. Esto equivale a una concentración total de 23,5 mg/kg de Cu respecto a p.s. Concentraciones en el suelo de (8,5 + 80) mg/kg = 88,5 mg/kg p.s. produjeron un 20% de inhibición, mientras que la adición de 300 mg/kg causó un 50% de inhibición en la mineralización del C (véase la figura 1).

Un trabajo de investigación realizado en Alemania entre 1986 y 1990 (SAUERBECK y LÜBBEN, 1991) obtuvo las siguientes conclusiones sobre el efecto de los metales pesados en la edafofauna y en la microbiología del suelo:

Los microorganismos afectados por concentraciones superiores de metales pesados mostraron una elevada tasa respiratoria y tuvieron por tanto una mayor necesidad de energía de mantenimiento. "*Sus actividades bioquímicas enzimáticas, por ejemplo, su capacidad para catalizar procesos metabólicos - en parte se redujeron considerablemente*". Por tanto, la micro-flora del suelo usó una parte mayor de su sustrato alimenticio para reparar la célula que para producir biomasa. Además, se registró un debilitamiento del crecimiento de *cianobacteria* y *clorofitas* así como una reducción en la fijación atmosférica de nitrógeno por parte de *cianobacterias*.

En experimentos de laboratorio en que los suelos se trataron con sales de metales pesados, se redujo significativamente la respiración basal, junto con la actividad de varios enzimas en suelos con concentraciones de metales pesados de solo el 50% de los límites vigentes en Alemania en 1992.

Aunque queda por comprobar los detalles, SAUERBECK y LÜBBEN, (1991) concluyeron que los metales pesados son los principales responsables del frecuente considerable perjuicio causado a los microorganismos del suelo.

La actividad alimenticia de la edafofauna disminuyó a altas concentraciones de metales pesados; valores de hasta los límites permitidos (BRD ABfKlär Vo 1982) mostraron un debilitamiento de esta fauna.

En un ensayo de mezcla de suelo conteniendo lodos contaminados con metales pesados, se registraron daños a las lombrices (tanto como a nivel microbiano) a concentraciones en el suelo solo del 50% de los valores máximos especificados en Alemania en 1992.

Ya que concentraciones de metales pesados en el rango del límite superior original afectaron negativamente al menos a unas pocas especies, el estudio de 5 años de duración sobre el comportamiento de la flora y de la fauna del suelo llevaron a los autores a recomendar una **reducción de los límites de Cd para el suelo (originalmente de 3 mg/kg) a (1,0-1,5) mg/kg, para el Zn (originalmente de 300 mg/kg) a (150-200) mg/kg y para el Cu (originalmente de 100 mg/kg) a 80 mg/kg p.s.**

4 RESÚMEN Y CONCLUSIONES

Los cálculos sobre acumulación de metales pesados en suelos agrícolas y una serie de trabajos de investigación permiten la evaluación de los límites con importancia ecotoxicológica para el suelo y para los mejoradores de suelo.

a Balance de metales pesados

El balance de metales pesados se basa en los siguientes factores:

- 1 Los niveles medios del fondo geoquímico en suelos agrícolas de Austria
- 2 Los límites actuales para el compost en Austria [KI.I/A y KI.II/A] así como las propuestas discutidas en el CEN/TC 223/WG 2 en Feb. 1992 (N.75;p.3) [CEN/Feb.93] y las presentadas por Pat WHEELER (1993; N.99;p.5) [EC/U.L.] (tabla 3)
- 3 Entradas atmosféricas para el Cd, de los fertilizantes fosfatados (tabla 1)
- 4 Salidas por recolección y lavado, ambos considerando o no la erosión (tabla 2)
- 5 Una aplicación anual de 10 t p.s. de mejorador de suelo (compost) por ha correspondiente a un balance de humus de aprox. +/- 3 t materia orgánica/ha/a.

Es evidente que, basándose en los valores de EC/U.L, los límites de Austria para el suelo (excepto para el Zn) se superaran de manera significativa al cabo de 100 años, incluso sin incorporar las pérdidas por erosión.

Tabla 15
Superación de los límites austríacos para el suelo tras solo 100 años de aplicación de compost
(10 t p.s./ha/a) basado en los límites de WHEELER (1993; EC/U.L.)

	Concentraciones del fondo geoquímico de los suelo Austria	Valor límite Para los suelos Austria	CEN/Feb. 93		EC/U.L.	
			Límite M.S.	Conc. suelo a los 100 años	Límite M.S.	Conc. Suelo a los 100 años
Cd	0,3	<i>1,0</i>	1,5	<i>0,78</i>	5.1	<i>1,94</i>
Cr	30	<i>100</i>	150	<i>71</i>	262	<i>107</i>
Cu	25	<i>100</i>	200	<i>85</i>	262	<i>104</i>
Hg	0,1	<i>1,0</i>	1,0	<i>0,43</i>	2.9	<i>1,04</i>
Ni	30	<i>60</i>	75	<i>47</i>	129	<i>64</i>
Pb	25	<i>100</i>	150	<i>71</i>	552	<i>200</i>
Zn	70	<i>300</i>	750	<i>297</i>	515	<i>222</i>

M.S.... mejorador de suelo

Para el Cd y el Pb, los límites se alcanzan solo a los 43 años. Véase el anexo/tablas A1a A2h para los detalles.

b Evaluación ecotoxicológica

La primera cuestión que surge es la validez de las normas y de los límites superiores establecidos en Austria o en Alemania para suelos utilizables universalmente [Cd 0,1 - 1,5; Cr 100; Cu (80-100); Hg 1,0; Ni (50-60); Pb 100; Zn (150-300) mg/kg p.s.]. Estos datos pueden ser avalados por una serie de estudios.

b.1 Absorción de metales pesados por las plantas

Tanto las **tasas de transferencia suelo planta** determinadas empíricamente como investigaciones particulares confirman que la superación de los límites para el suelo anteriores entraña el peligro de acumulación en las plantas. Esto es verdad tanto para los límites tóxicos relacionados con la recolección como para los patrones alimenticios según al Ministerio de Sanidad en Alemania (ANÓNIMO, 1989). La capacidad de movilización y por tanto la potencial **disponibilidad de los metales pesados para las plantas** depende en gran parte de los siguientes factores:

- Propiedades del suelo.
- Valor del pH, contenido en arcilla, contenido en materia orgánica estable (la disponibilidad disminuye al aumentar los valores).
- El elemento y su concentración total.
- La especie y el órgano de la planta (raíz > partes vegetativas > órganos reproductores: ordenados según la tendencia a una acumulación decreciente).

Así, se asumen las condiciones "en el peor de los casos" que promueven la movilización de metales pesados (por ejemplo escasa sorción, acidez, suelos pobres en arena y humus y cultivos aprovechables por la hoja y el fruto).

En el caso de la bioacumulación de **Cd**, cuya vida media en el hombre es de (30-40) años, numerosos ejemplos demuestran que las concentraciones que producen alteraciones se alcanzan a concentraciones en el suelo > (1 - 1,5) mg/kg p.s.. Un amplio estudio con una gran gama de especies vegetales estableció que las concentraciones máximas admisibles en los productos alimentarios se superaban para un valor de referencia de 0,7 mg/kg p.s. de Cd en el suelo.

Concentraciones en el suelo entre 1,0 mg/kg y 1,5 mg/kg p.s. llevan a superar las concentraciones permitidas en los productos alimenticios en un 85% en muestras de grano de trigo, 67% en muestras de grano de avena, y en un 100% en todos los casos relacionados con lechuga y hojas de apio. Otro estudio confirmó estos resultados: niveles en el suelo de (2,2 - 2,6) mg/kg p.s. de Cd provocaron concentraciones de (0,4 - 0,9) mg/kg p.s. en el grano de trigo (estándar: 0,12 mg/kg p.s. de Cd).

El aumento de las concentraciones en el suelo lleva al correspondiente aumento en la planta de **Zn, Ni y Cu** también. En la mayoría de los casos, el Zn aumentó proporcionalmente al Ni, en un caso significativamente más.

La evaluación global de los estudios a largo plazo con lodos de depuradora mostraron que, para el Zn y el Cu, valores en el suelo cercanos a los límites superiores (Zn = 300 mg/kg; Cu = 100 mg/kg) llevaban a niveles tóxicos importantes en la recolección.

b.2 Parámetros microbiológicos del suelo y edafofauna

Una serie de trabajos que incluían estos parámetros, que sirven como indicadores del desarrollo del suelo como un sistema cíclico, confirmaron la validez de los límites anteriores. Una alteración irreversible de la actividad microbiana es un problema serio, ya que es la base de la conservación del suelo en el sentido de la productividad del suelo. Concentraciones de **Cd** en el suelo de (2,2 - 2,6) mg/kg p.s. inhibieron hasta un 35% la respiración y un 70% la *actividad arilsulfatasa* respecto a los valores del testigo en el suelo de referencia sin contaminar. En un estudio complementario, una concentración total de Cu de 88,5 mg/kg p.s. fue suficiente para disminuir la mineralización del C un 20%.

Un amplio programa en Alemania reveló los siguientes **impactos debidos al aumento de la contaminación con metales pesados**:

- Reducción de la actividad enzimática; menor producción de biomasa.
- Disminución del crecimiento de *cianobacteria* y *clorofites*.
- Menor fijación de N por cianobacteria.
- Significativa reducción de la respiración basal a concentraciones de suelo del 50% de los límites para el suelo.
- Menor actividad alimenticia de la edafofauna

Estos resultados llevan a recomendar la reducción de los límites para el suelo de la Directiva alemana de los lodos de depuradora a valores de (1,0 - 1,5) mg/kg (originalmente 3,0 mg/kg) para el Cd; (de 150 - 200) mg/kg (originalmente 300 mg/kg) para el Zn, y a 80 mg/kg (originalmente 100 mg/kg) para el Cu.

c Conclusiones relativas al establecimiento de límites en los mejoradores de suelo

Una revisión de los estudios experimentales y prácticos sobre la significación ecotoxicológica de los metales pesados muestra que los límites de metales pesados en vigor en Austria y Alemania están justificados en suelos agrícolas utilizables universalmente.

Esto lleva al requisito de que se debe mantener la funcionalidad de los suelos agrícolas a largo plazo; en especial, se deberían minimizar las aportaciones de metales pesados procedentes de la aplicación de fertilizantes orgánicos. No parece que sea una estrategia razonable superar los límites con efecto ecotoxicológico a los (45 - 100) años por la aplicación de mejoradores de suelo demasiado contaminados. Basándose en los límites superiores discutidos el 5 de Febrero de 1993 en el CEN/TC 223/WG 2 en Milan, **se propusieron los siguientes límites superiores para los mejoradores de suelo:**

Tabla 16
Propuesta para los límites generales de EPTs en los mejoradores de suelo como un compromiso a nivel EU (basado en un 30% de materia orgánica)

	Límites para los mejoradores de suelo mg/kg p.s.
Cd	<i>1,5</i>
Cr	<i>150</i>
Cu	<i>200</i>
Hg	<i>1,0</i>
Ni	<i>75</i>
Pb	<i>150</i>
Zn	<i>500</i>

Suponiendo una aplicación continua de compost de 10 t p.s./ha/a, estos valores garantizan (incluso si la materia orgánica está mineralizada en su mayor parte) que **los límites anteriores para el suelo no se alcanzarán durante al menos 150 años.**

Es más, parece razonable normalizar los datos de concentración para contenidos del 30% de materia orgánica para mejorar las posibilidades de comparación y para simplificar los cálculos.

Desde el punto de vista de la protección del medio ambiente, son muy importantes en el comercio internacional las normas de calidad específicas para cada producto. La evaluación el riesgo debe estar basada científicamente y reflejar el estado actual de conocimientos; este enfoque puede proporcionar un marco de seguridad para aplicaciones difíciles de controlar o que pueden realizarse inadecuadamente.

En este sentido, **se recomienda que la validez de las normas se restrinja a un período máximo de (10 - 15) años.** Esto permitira adecuar la incorporación de innovaciones modificando el balance de metales pesados en agricultura y horticultura.

Referencias

- AMLINGER F., SAPELZA W. & I. WIESHOFER (1990; unpubl.): Schwermetalle in Grünkomposten - Gehalte, Grenzwerte, Frachten und Wechselwirkungen mit Boden und Pflanze. Literaturstudie im Auftrag der Magistratsabteilung 48 - Stadtreinigung und Fuhrpark, Wien.
- ANONYMOUS (1988): DVWK Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212/1988: Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil I: Beurteilung der Fähigkeit der Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren.
- ANONYMOUS (1989): Richtwerte 1986 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln.Nr.1, p.22-23.
- ANONYMOUS (1993a; unpubl.): Beurteilung des Schwermetall-Eintrages bei Bioabfallkompost und Klärschlamm - Vorschläge zur Beschränkung der Anwendung in der Landwirtschaft. Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer, Wien.
- ANONYMOUS (1993b): Oberösterreichischer Bodenkataster - Bodenzustandsinventur 1993. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz
- CHANEY, R.L. (1991): Land application issues. In: Northeast regional solid waste composting conference. Proceedings, June 24-25 1991, Albany, New York, p.34-43
- BUGOSLAVSKY E.V. (1988): VDLUFA-Schriftenreihe, 23, Kongreßband 1987.
- HECHT H. (1982): CN DES Eintrags von Schwermetallen in die Futtermittel und die dabei zu beachtenden Belastungsgrenzen. Landw. Forsch. SH. 39, Kongreßband 1982, p.94-107.
- HERMS U. & G. BRÜMMER (1984): Einflußgrößen der Schwermetalllöslichkeit und -bindung in Böden. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 147, 3, p.400-424.
- HORAK O., KAMEL A/A., LUMMERSDORFER E., ECKER S., BENETKA E., REBLER R. & E. KANDELER (1994): Mobile Schwermetallfraktionen in Böden. Abschlußbericht an den Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank Proj.Nr. 3929; Zwischenbericht an das BMLF Proj.Nr. L 701, Forschungszentrum Seibersdorf OEFZS-A--2821
- ISERMANN K. (1992): Cadmium-Ökobilanz der Landwirtschaft. In: Universität Jena: Die biologische Bedeutung der Mengen und Spurenelemente. 12. Arbeitstagung der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 10.-11.Dezember 1992, p.200-208.
- KÖCHL A. (1985): Nutz- und Schadwirkung von Klärschlamm. In: Landw.-chem. Bundesanstalt, Linz: Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung, 10. Seminar: Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eignung landwirtschaftlicher Böden. 4.-5. Juni 1984, p.65-80.
- KÖCHL A. (1987): Die Belastung der Böden des Marchfeldes mit Schadstoffen. In: Österr. Ges. f. Natur- und Umweltsch. u/a.(1987): Bodenschutz und Wasserwirtschaft. Fachtagung 15.10.1987, Wien, p.27-48.
- KÖCHL A. (1993): Bodenbelastungen und Grundwasserqualität. In: 6. Seminar für Toxikologie 7.-8.Okt.1993 - Belastungen des Bodens und ihre toxikologische Bewertung. p.21-31.
- LÜBBEN S. (1993): Abhängigkeit der Schwermetall-Transferfaktoren Boden/Pflanze vom Kontaminationsgrad des Bodens. VDLUFA-Schriftenreihe, 29, Kongreßband 1983.
- LÜBBEN S. UND D. SAUERBECK (1992): Transferfaktoren und Transferkoeffizienten für den Schwermetallübergang Boden-Pflanze. BMFT-Verbundvorhaben "Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen"(FKZ 0339059), Kap.II-5, p.210.
- MAIER R., ÖHLINGER R., PUNZ W. & F. AMLINGER (1993): Toxische Metalle. In: Ludwig Boltzmann-Institut für biologischen Landbau und angewandte Ökologie (Hrsg.): Handbuch der Kompostierung - Ein Leitfaden für Praxis, Verwaltung, Forschung. Wien, p.234-260.
- ÖNORM L 1075 (1990): Anorganische Schadelemente in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM S 2200 (1993): Gütekriterien für Komposte aus biogenen Abfällen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- PERL J. & R. HEINRICHS (1992): Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen. BINE, Projekt Info-Service, Nr.20/November 1992 IISSN 0937-0367, p.152-155.

- SAUERBECK D. (1983): Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? *Landwirtsch. Forsch.*, 39, p.108-129.
- SAUERBECK D. & P.STYPEREK (1988): Schwermetallakkumulation durch Klärschlammanwendung - Ergebnisse aus 25 langjährigen Feldversuchen. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 23, Kongreßband 1987, 489-506.
- SAUERBECK D. & S. LÜBBEN (1991): Auswirkungen von Siedlungsabfällen auf Böden, Bodenorganismen und Pflanzen. Forschungszentrum Jülich GmbH, BMFT Forschungsvorhaben 0339059, Berichte aus der Ökologischen Forschung, Bd.6/1991.
- STADELMANN F.X., GUPTA S.K., RUDAZ A & E. SANTSCHI-FUHRMANN (1984): Die Schwermetallbelastung des Bodens als Gefahr für die Bodenmikroorganismen. *Schweiz. Landw. Fo.*, 23 (3), p.227-239.
- WHEELER P. A. (1993): Metal limits in soil improvers and growing media note for discussion. CEN/TC 223/WG2 N. 99, p.3-5.
- WIMMER J. (1984): Aufbau und bisherige Ergebnisse des Klärschlamm- und Müllkompostversuches St. Florian. In: *Landw.-chem. Bundesanstalt, Linz: Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung*, 10. Seminar: Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eignung landwirtschaftlicher Böden. 4.-5. Juni 1984, p.135-141.

ANEXO

Acumulación de EPTs con Erosión:

Tabla A1.a
Acumulación de EPTs en 30 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,04	0,34	0,07	0,37	0,12	0,42	0,47	0,77
Cr 30,0	2,04	32,04	2,04	32,04	9,75	39,75	20,53	50,53
Cu 25,0	3,16	28,16	6,05	31,05	15,68	40,68	21,65	46,65
Hg 0,1	0,06	0,16	0,09	0,19	0,09	0,19	0,27	0,37
Ni 30,0	-0,75	29,25	0,98	30,98	2,43	32,43	7,62	37,62
Pb 25,0	3,89	28,89	11,60	36,60	11,60	36,60	50,30	75,30
Zn 70,0	10,13	80,13	28,42	98,42	62,12	132,12	39,49	109,49

Tabla A1.b
Acumulación de EPTs en 50 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,07	0,37	0,12	0,42	0,20	0,50	0,78	1,08
Cr 30,0	3,41	33,41	3,41	33,41	16,24	46,24	34,22	64,22
Cu 25,0	5,27	30,27	10,09	35,09	26,13	51,13	36,08	61,08
Hg 0,1	0,10	0,20	0,15	0,25	0,15	0,25	0,46	0,56
Ni 30,0	-1,25	28,75	1,64	31,64	4,04	34,04	12,71	42,71
Pb 25,0	6,49	31,49	19,33	44,33	19,33	44,33	83,83	108,83
Zn 70,0	16,88	86,88	47,37	117,37	103,53	173,53	65,82	135,82

Tabla A1.c
Acumulación de EPTs en 100 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,14	0,44	0,23	0,53	0,39	0,69	1,55	1,85
Cr 30,0	6,81	36,81	6,81	36,81	32,49	62,49	68,43	98,43
Cu 25,0	10,54	35,54	20,17	45,17	52,26	77,26	72,16	97,16
Hg 0,1	0,21	0,31	0,30	0,40	0,30	0,40	0,91	1,01
Ni 30,0	-2,51	27,49	3,27	33,27	8,09	38,09	25,41	55,41
Pb 25,0	12,98	37,98	38,65	63,65	38,65	63,65	167,66	192,66
Zn 70,0	33,76	103,76	94,74	1654,74	207,06	277,06	131,64	201,64

*ÖNORM S 2200 (1993);

**propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75,p.3);

*** propuesta WHEELER (1993)

Tabla A1.d
Años hasta alcanzar el límite para el suelo cuando se aplican 10 t/ha y año de compost
 Límite para el suelo: Austria; ÖNORM L 1075 (1990)

Límite para el suelo (austr.) Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación/a	J bis RW						
Cd 0,7	0,001	507	0,002	299	0,004	177	0,016	45
Cr 70,0	0,068	1027	0,068	1027	0,325	215	0,684	102
Cu 75,0	0,105	711	0,202	372	0,523	144	0,722	104
Hg 0,9	0,002	438	0,003	298	0,003	298	0,009	99
Ni 30,0	----	----	0,033	917	0,081	371	0,254	118
Pb 75,0	0,130	578	0,387	194	0,387	194	1,677	45
Zn 230,0	0,338	681	0,947	243	2,071	111	1,316	175

Tabla A1.e
Años hasta alcanzar el límite para el suelo cuando se aplican 10 t/ha y año de compost
 Límite para el suelo: Directiva CE - Límite superior

Límite para el suelo (austr.) Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación/a	J bis RW						
Cd 2,7	0,001	1955	0,002	1152	0,004	684	0,016	174
Cr 120,0	0,068	1761	0,068	1761	0,325	369	0,684	175
Cu 115,0	0,105	1091	0,202	570	0,523	220	0,722	159
Hg 1,4	0,002	681	0,003	464	0,003	464	0,009	154
Ni 45,0	—	—	0,033	1376	0,081	557	0,254	177
Pb 275,0	0,130	2119	0,387	711	0,387	711	1,677	164
Zn 230,0	0,338	681	0,947	243	2,071	111	1,316	175

*ÖNORM S 2200 (1993);

**propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75.p.3)

***; propuesta WHEELER (1993)

Acumulación de EPTs con Erosión:

Tabla A1.f
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 30 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	34,1	11,4	37,0	12,3	41,8	13,9	76,5	25,5	1	3
Cr	32,0	21,4	32,0	21,4	39,7	26,5	50,5	33,7	100	150
Cu	28,2	20,1	31,1	22,2	40,7	29,1	46,6	33,3	100	140
Hg	16,2	10,8	19,1	12,7	19,1	12,7	37,4	24,9	1	1,5
Ni	48,7	39,0	51,6	41,3	54,0	43,2	62,7	50,2	60	75
Pb	28,9	9,6	36,6	12,2	36,6	12,2	75,3	25,1	100	300
Zn	26,7	26,7	32,8	32,8	44,0	44,0	36,5	36,5	300	300

Tabla A1.g
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 50 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	36,9	12,3	41,7	13,9	49,7	16,6	107,5	35,8	1	3
Cr	33,4	22,3	33,4	22,3	46,2	30,8	64,2	42,8	100	150
Cu	30,3	21,6	35,1	25,1	51,1	36,5	61,1	43,6	100	140
Hg	20,3	13,5	25,1	16,7	25,1	16,7	55,6	37,1	1	1,5
Ni	47,9	38,3	52,7	42,2	56,7	45,4	71,2	56,9	60	75
Pb	31,5	10,5	44,3	14,8	44,3	14,8	108,8	36,3	100	300
Zn	29,0	29,0	39,1	39,1	57,8	57,8	45,3	45,3	300	300

Tabla A1.h
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 100 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	43,8	14,6	53,4	17,8	69,5	23,2	185,0	61,7	1	3
Cr	36,8	24,5	36,8	24,5	62,5	41,7	98,4	65,6	100	150
Cu	35,5	25,4	45,2	32,3	77,3	55,2	97,2	69,4	100	140
Hg	30,6	20,4	40,2	26,8	40,2	26,8	101,2	67,4	1	1,5
Ni	45,8	36,7	55,5	44,4	63,5	50,8	92,4	73,9	60	75
Pb	38,0	12,7	63,7	21,2	63,7	21,2	192,7	64,2	100	300
Zn	34,6	34,6	54,9	54,9	92,4	92,4	67,2	67,2	300	300

*ÖNORM S 2200 (1993); **propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75,p.3), *** propuesta WHEELER (1993)

Acumulación de EPTs *sin* Erosión:

Tabla A2.a
Acumulación de EPTs en 30 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,07	0,37	0,10	0,40	0,14	0,44	0,49	0,79
Cr 30,0	4,64	34,64	4,64	34,64	12,35	42,35	23,13	53,13
Cu 25,0	5,33	30,33	8,22	33,22	17,85	42,85	23,82	48,82
Hg 0,1	0,07	0,17	0,10	0,20	0,10	0,20	0,28	0,38
Ni 30,0	1,85	31,85	3,58	33,58	5,03	35,03	10,22	40,22
Pb 25,0	6,06	31,06	13,77	38,77	13,77	38,77	52,47	77,47
Zn 70,0	16,20	86,20	34,49	104,49	68,19	138,19	45,56	115,56

Tabla A2.b
Acumulación de EPTs en 50 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,11	0,41	0,16	0,46	0,24	0,54	0,82	1,12
Cr 30,0	7,74	37,74	7,74	37,74	20,58	50,58	38,55	68,55
Cu 25,0	8,89	33,89	13,70	38,70	29,75	54,75	39,70	64,70
Hg 0,1	0,12	0,22	0,17	0,27	0,17	0,27	0,47	0,57
Ni 30,0	3,08	33,08	5,97	35,97	8,38	38,38	17,04	47,04
Pb 25,0	10,11	35,11	22,94	47,94	22,94	47,94	87,45	112,45
Zn 70,0	27,00	97,00	57,49	127,49	113,65	183,65	75,94	145,94

Tabla A2.c
Acumulación de EPTs en 100 años; mg/kg p.s. (Compost: 10 t p.s./ha/a; peso de 20 cm de suelo = 3 000 t/ha)

Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/U.L***	
	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total	Acumulación	total
Cd 0,3	0,22	0,52	0,32	0,62	0,48	0,78	1,64	1,94
Cr 30,0	15,48	45,48	15,48	45,48	41,15	71,15	77,10	107,10
Cu 25,0	17,78	42,78	27,41	52,41	59,50	84,50	79,39	104,39
Hg 0,1	0,23	0,33	0,33	0,43	0,33	0,43	0,94	1,04
Ni 30,0	6,16	36,16	11,94	41,94	16,75	46,75	34,08	64,08
Pb 25,0	20,21	45,21	45,88	70,88	45,88	70,88	174,89	199,89
Zn 70,0	54,00	124,00	114,97	184,97	227,29	297,29	151,88	221,88

*ÖNORM S 2200 (1993);

**propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75.p.3),

*** propuesta WHEELER (1993)

Tabla A2.d
Años hasta alcanzar el límite para el suelo cuando se aplican 10 t/ha y año de compost
 Límite para el suelo: Austria; ÖNORM L 1075 (1990)

Límite para el suelo (austr.) Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/UL***	
	Acumulación/a	<i>J bis RW</i>						
Cd 0,7	0,002	311	0,003	218	0,005	145	0,016	43
Cr 70,0	0,155	452	0,155	452	0,412	170	0,771	91
Cu 75,0	0,178	422	0,274	274	0,595	126	0,794	94
Hg 0,9	0,002	383	0,003	272	0,003	272	0,009	96
Ni 30,0	0,062	487	0,119	251	0,168	179	0,341	88
Pb 75,0	0,202	371	0,459	163	0,459	163	1,749	43
Zn 230,0	0,540	426	1,150	200	2,273	101	1,519	151

Tabla A2.e
Años hasta alcanzar el límite para el suelo cuando se aplican 10 t/ha y año de compost
 Límite para el suelo: Directiva CE - Límite superior

Límite para el suelo (austr.) Fondo geoquímico del suelo mg/kg p.s.	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EC/UL***	
	Acumulación/a	<i>J bis RW</i>						
Cd 2,7	0,002	1 201	0,003	841	0,005	561	0,016	165
Cr 120,0	0,155	775	0,155	775	0,412	292	0,771	156
Cu 115,0	0,178	647	0,274	420	0,595	193	0,794	145
Hg 1,4	0,002	597	0,003	423	0,003	423	0,009	149
Ni 45,0	0,062	730	0,119	377	0,168	269	0,341	132
Pb 275,0	0,202	1 361	0,459	599	0,459	599	1,749	157
Zn 230,0	0,540	426	1,150	200	2,273	101	1,519	151

*ÖNORM S 2200 (1993);

**propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75,p.3);

*** propuesta WHEELER (1993)

Acumulación de EPTs sin Erosión:

Tabla A2.f
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 30 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	36,7	12,2	39,6	13,2	44,4	14,8	79,1	26,4	1	3
Cr	34,6	23,1	34,6	23,1	42,3	28,2	53,1	35,4	100	150
Cu	30,3	21,7	33,2	23,7	42,8	30,6	48,8	34,9	100	140
Hg	17,0	11,4	19,9	13,3	19,9	13,3	38,2	25,5	1	1,5
Ni	53,1	42,5	56,0	44,8	58,4	46,7	67,0	53,6	60	75
Pb	31,1	10,4	38,8	12,9	38,8	12,9	77,5	25,8	100	300
Zn	28,7	28,7	34,8	34,8	46,1	46,1	38,5	38,5	300	300

Tabla A2.g
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 50 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	41,2	13,7	46,1	15,4	54,1	18,0	111,8	37,3	1	3
Cr	37,7	25,2	37,7	25,2	50,6	33,7	68,5	45,7	100	150
Cu	33,9	24,2	38,7	27,6	54,7	39,1	64,7	46,2	100	140
Hg	21,7	14,5	26,5	17,7	26,5	17,7	57,0	38,0	1	1,5
Ni	55,1	44,1	59,9	48,0	64,0	51,2	78,4	62,7	60	75
Pb	35,1	11,7	47,9	16,0	47,9	16,0	112,4	37,5	100	300
Zn	32,3	32,3	42,5	42,5	61,2	61,2	48,6	48,6	300	300

Tabla A2.h
Porcentaje del límite para el suelo (Austria y directiva CE/límite superior) alcanzado tras 100 años de aplicación de compost (10 t/ha/a)

	KL.I/A *		KL.II/A *		CEN/Feb. 93**		EG/U.L.** *		Límite para el suelo (mg/kg p.s.)	
	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE	Austria	Dir. CE
Cd	52,5	17,5	62,1	20,7	78,2	26,1	193,7	64,6	1	3
Cr	45,5	30,3	45,5	30,3	71,2	47,4	107,1	71,4	100	150
Cu	42,8	30,6	52,4	37,4	84,5	60,4	104,4	74,6	100	140
Hg	33,5	22,3	43,1	28,7	43,1	28,7	104,1	69,4	1	1,5
Ni	60,3	48,2	69,9	55,9	77,9	62,3	106,8	85,4	60	75
Pb	45,2	15,1	70,9	23,6	70,9	23,6	199,9	66,6	100	300
Zn	41,3	41,3	61,7	61,7	99,1	99,1	74,0	74,0	300	300

*ÖNORM S 2200 (1993);

**propuesta CEN/TC223/WG2, 5 Feb 1993 (N.75.p.3) ;

*** propuesta WHEELER (1993)

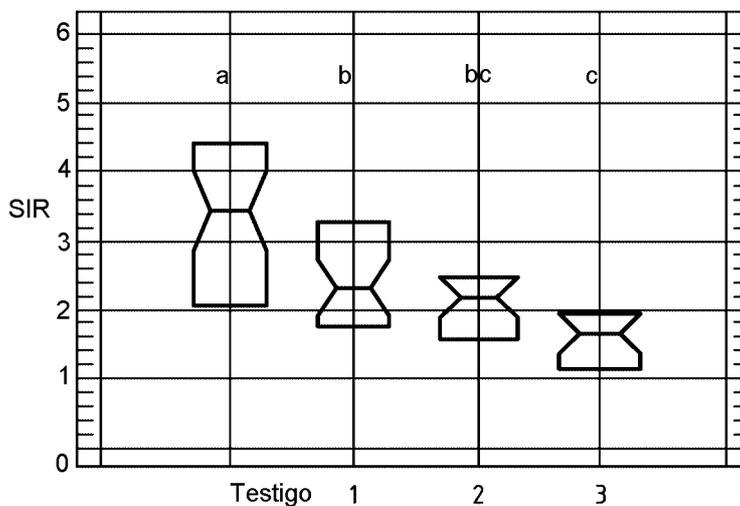


Fig. A.1 – SIR de los tres suelos ensayados durante todo el período del ensayo en $\text{mg CO}_2 * 100 \text{ g TS}^{-1} * 24 \text{ h}^{-1}$

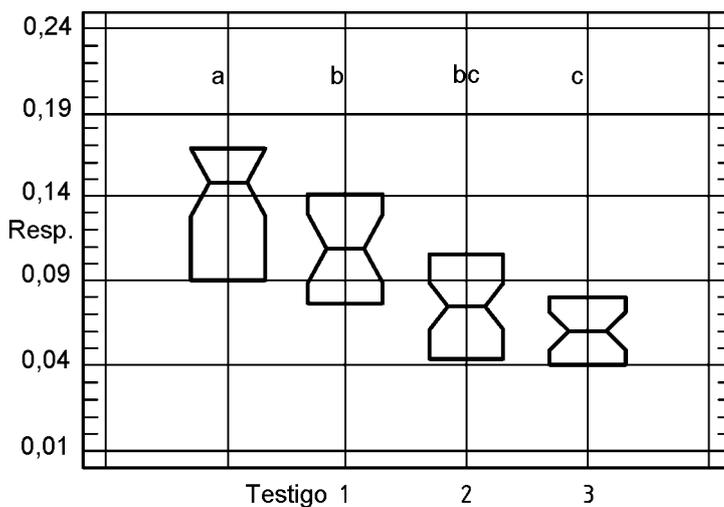


Fig. A.2 – Respiración de los tres suelos ensayados durante el período del ensayo en $\text{mg CO}_2 * 100 \text{ g TS}^{-1} * 24 \text{ h}^{-1}$

	Testigo	1	2	3
Cd	0,2 – 0,3	2,2 – 2,6	3,5 – 4,5	4,6 – 6,6
Cu	13 – 22	82 – 94	134 – 162	191 – 239
Ni	15 – 42	46 – 62	62 – 88	72 – 128
Zn	56 – 94	263 – 303	378 – 477	451 – 699

Contaminación (rango en mg/kg p.s.)*

* extracción con agua regia

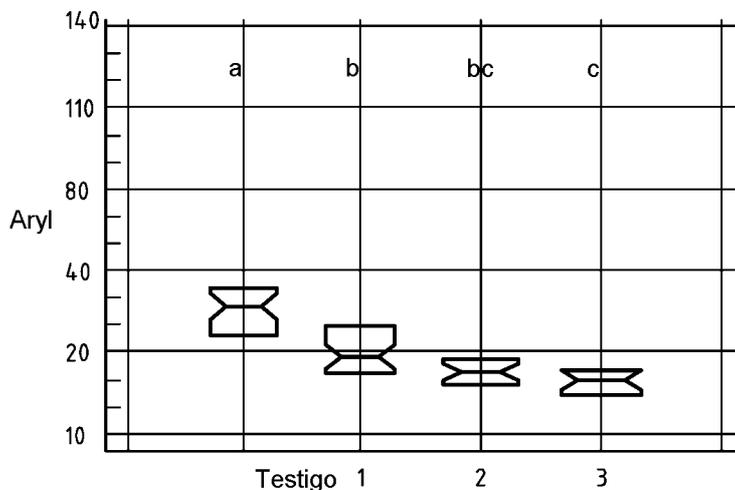


Fig. A.3 – Actividad arilsulfatasa de los tres suelos ensayados durante todo el período del ensayo en Nitrofenol* g TS-1 * h-1

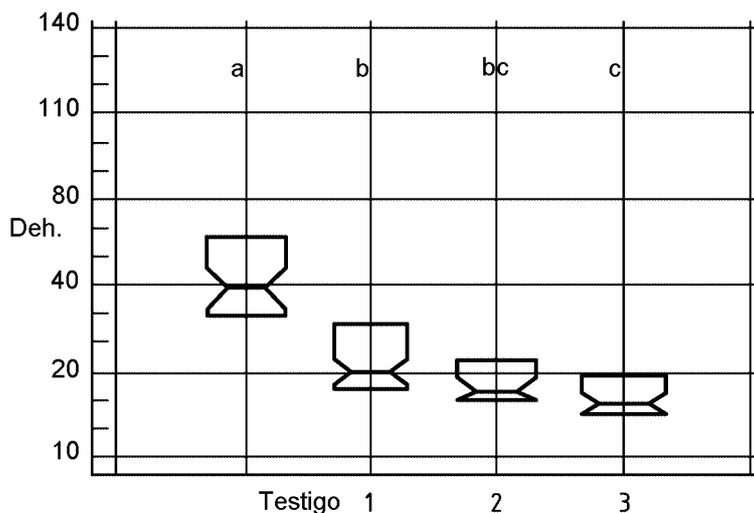


Fig. A.4 – Actividad dehidrogenasa de los tres suelos ensayados durante todo el período del ensayo en µg TFP* g TS⁻¹ * 16 h⁻¹

	Testigo	1	2	3
Cd	0,2 – 0,3	2,2 – 2,6	3,5 – 4,5	4,6 – 6,6
Cu	13 – 22	82 – 94	134 – 162	191 – 239
Ni	15 – 42	46 – 62	62 – 88	72 – 128
Zn	56 – 94	263 – 303	378 – 477	451 – 699

Contaminación (rango en mg/kg p.s.)*

* extracción con agua regia

ANEXO D (Informativo)

PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE VALORES PREVENTIVOS PARA EL SUELO

El concepto usado para la obtención de valores preventivos para el suelo es distinto del utilizado actualmente para la derivación de los límites y de los valores de acción para evaluar los riesgos de los agentes polucionantes según la vía de exposición o el uso propuesto.

Para obtener los límites se ha propuesto una clasificación según la utilización, los valores de protección plausibles y las rutas de exposición relevantes, que, de todas formas no deberían aplicarse a los valores preventivos. Los valores preventivos tienen que permitir la protección del suelo a largo plazo contra futuros impactos. La protección a largo plazo pretende preservar la posibilidad de distintos usos del suelo. La restricción de la aplicación de los valores preventivos a ciertos usos concretos sería contradictoria respecto a éste requisito. Un uso distinto conduciría a usos menos ambiciosos. En contraste con esto, se necesita una diferenciación de los suelos atendiendo a su composición natural y a su sensibilidad a los polucionantes.

La derivación de valores preventivos para el suelo se basa en la idea de que cualquier suelo estará protegido contra agentes polucionantes, si no se superan los umbrales con efecto ecotoxicológico - teniendo en cuenta el fondo geoquímico- y si a esas concentraciones, no aparecen evidencias de efectos indeseables o peligrosos en las plantas y en las aguas superficiales, y si hay suficientes diferencias con los límites propuestos para la ruta de exposición suelo/hombre.

No se considera útil establecer los valores preventivos por debajo de los valores del fondo geoquímico y las medidas administrativas no serían de utilidad. Por eso, hay que relacionar los umbrales con efectos específicos determinados con los valores representativos del fondo geoquímico.

Para suelos que tengan concentraciones naturales del fondo geoquímico más altas la preocupación sobre cambios en el suelo que entrañen riesgo solo se da (y por tanto se provoca la aplicación de medidas preventivas) si estas sustancias han sido o serán liberadas por influencias antrópicas (por ejemplo cultivos, usos).

Para la derivación de los valores preventivos se aplican los siguientes requisitos técnicos:

- 1 La información sobre acumulación y **efecto de los polucionantes** en los suelos proporciona las bases para establecer los valores preventivos. En primer lugar se hace referencia a la diversa información que se encuentra en la bibliografía sobre umbrales con efecto ecotoxicológico (para los efectos provocados en el hábitat, poder tampón, degradación y efecto sumidero). Además, si fuera posible, hay que evaluar los efectos de los polucionantes sobre otros objetivos a proteger (por ejemplo efectos fitotóxicos sobre plantas alimenticias, sobre las aguas superficiales y sobre la salud humana). Se deberán comprobar los umbrales determinados teniendo en cuenta los valores del fondo geoquímico para contemplar el suelo como **parte integrante del ecosistema**.
- 2 Habrá que tener en cuenta la sensibilidad de los suelos clasificando la textura del suelo (arcilla, limo, arena) y usando los valores de pH. Se evaluarán por separado los suelos con contenidos significativamente elevados del fondo geoquímico. Habrá que asegurar la clasificación de un determinado suelo según las categorías teniendo en cuenta los valores preventivos.
- 3 Se expresarán los valores preventivos como contenidos totales con objeto de caracterizar la importancia ecotoxicológica de una sustancia incluyendo su fracción potencialmente movilizable. Para considerar la función del suelo como "capacidad del suelo para filtrar, tamponar y degradar sustancias, en especial, para la protección de las aguas superficiales" se podría utilizar información adicional sobre lixiviados en mg/l para evaluar el contenido previsto de los lixiviados (fuera del ámbito de éste documento).

Consideraciones metodológicas para la consecución de los requisitos. En los dos métodos que se exponen a continuación para la evaluación de efectos ecotoxicológicos se presentan datos que, de todas formas, no se adaptan específicamente a las cuestiones tratadas en este contexto. Por tanto, se indican las razones para el uso de cada método.

En el pasado se han investigado y desarrollado distintas posibilidades para la determinación de los efectos de los polucionantes sobre la edafofauna. El objetivo de estos trabajos fue desarrollar un método aplicable para derivar los valores genéricos para el suelo. Al hacerlo, se puso especial atención en las sustancias orgánicas en los suelos, según los requisitos establecidos en el “Chemical Act y The pesticide” (Plant Protection) Act, pero no se tuvieron en cuenta los EPTs, de los que se ha tratado en éste documento. La información más relevante figura en el anexo.

Se diferencian por lo general dos métodos que se utilizan actualmente para pasar de parámetros medidos (NOEC o LOEC o EC_x ²⁾) a los objetivos de protección ecológica.”

- 1 Según el método del factor se puede alcanzar un objetivo de calidad a partir del dato empírico más bajo determinado utilizando factores de seguridad de hasta 1 000 (utilizado sobre todo para la evaluación toxicológica del agua). Si se dispone de un NOEC³⁾ suficientemente representativo el factor se reduce a 10. Los factores 10 - 1 000 tienen que mostrar los efectos interactivos de las sustancias, la diferencia entre efectos agudos y crónicos y las diferencias entre las medidas realizadas en laboratorio y las realizadas en campo. Con éste método se minimiza el riesgo de pasar por alto los efectos a las dosis más bajas. Esto se asegura especialmente debido a que en los ensayos químicos éste método no se aplica matemáticamente ni estrictamente. Es más, éste método se basa en el principio general de emplear un factor de seguridad de al menos 10 para tener en cuenta los imponderables si fuera necesario.
- 2 Según el método de la distribución se extrapolan los resultados de los efectos mínimos determinados asumiendo por tanto que (a) la distinta sensibilidad de los diferentes organismos del suelo puede representarse por una distribución estadística normal, (b) el resultado del efecto que se use indica las variaciones en la sensibilidad (niveles tróficos) de los organismos, y que (c) la protección del 95% del inventario de especies equivale a la protección del ecosistema del suelo. Este método requiere una cantidad mayor de datos sobre los efectos que el método del factor. Por tanto permite la conversión de los resultados de los efectos agudos a crónicos (por ejemplo de una EC_{50} a NOEC crónica), el uso de diferentes parámetros ensayados o puntos finales toxicológicos así como la conversión matemática de resultados obtenidos en ensayos de toxicología acuática a ecosistemas terrestres, es decir, en esta caso al suelo.

Hay que resaltar el hecho de que el método del factor tiene en cuenta la inseguridad de los resultados, que podría resultar de la extrapolación de los resultados obtenidos en ensayos de laboratorio con una única especie a los ecosistemas a proteger. Tanto el método de distribución como el método del factor se utilizan actualmente para evaluar los riesgos para el medio ambiente. Las concentraciones en el medio ambiente se consideran críticas, si superan los valores críticos definidos por los métodos antes mencionados (por ejemplo tal como PNEC (concentración sin efectos predecibles) o tal como HC_5 (concentración de riesgo)).

Desde este punto de vista, un valor preventivo, que tiene el carácter de ser un objetivo de calidad, debería estar por debajo del valor considerado crítico. Debido a esto, ambos métodos se consideran aplicables en general para la evaluación de las sustancias en los suelos.

De todas formas, los métodos mencionados no se usarán en el contexto dado para la derivación de los valores preventivos de los EPTs para el suelo, de los bifenilos policlorados y de los hidrocarburos policíclicos aromáticos. Las razones sobre todo se refieren a la naturaleza metodológica: para las sustancias geogénicas/pedogénicas o antropogénicas en suelos, las principales premisas de ambos métodos son insuficientes para deducir los estándar preventivos. En particular, no tienen en cuenta los procesos de unión de los EPTs en los suelos, la distinta eficiencia de las rutas por las que los metales afectan a los microorganismos del suelo (tanto la absorción por ingestión como a través de la solución del suelo) y la distinta capacidad de los organismos del suelo para regular fisiológicamente la absorción y la eliminación de los EPTs y para adaptarse en parte a mayores concentraciones de los EPTs en los suelos. Así mismo, tampoco se presta atención a las cuestiones derivadas de sustancias tales como PCB y PAH del envejecimiento, humificación y tipos de humus del suelo.

Por estas razones los resultados obtenidos a partir de estos métodos son bajos y poco realistas en comparación con los obtenidos para la especiación o para el fondo geoquímico de los metales. La aplicabilidad de los resultados de laboratorio a situaciones de campo de los suelos son problemas adicionales que también se presentan para otras sustancias.

2) NOEC – concentración sin efecto observable, LOEC – concentración mínima con efecto observable, EC_x – concentración que produce efecto observable a un número (porcentaje) de la población investigada.
3) teniendo en cuenta los niveles tróficos.

Por tanto, la derivación de valores preventivos para las sustancias mencionadas parece que es necesario y justificable realizarla sin una fórmula matemática uniforme y estricta para todas las sustancias⁴⁾.

Así los umbrales para los EPTs, PCB y PAH con efecto ecológico se derivarán a partir de los datos de evaluación directa sobre NO-EFFECT-LEVEL (Sin efectos observables). Se usa el rango de variación que aparece en la bibliografía como el/los menor/menores NOECs y LOECs para cada especie. Si se dispone de ello, se harán referencias a los datos sobre diferenciación de la textura del suelo, formas de unión/solución de los metales y sensibilidad de las especies para así evaluar la significación de las especies empleadas y los umbrales (lugar en la cadena alimentaria, significación para los procesos clave relacionados con el suelo en los ecosistemas).

Comparación con los datos del fondo geoquímico. Los umbrales con efecto ecotoxicológico encontrados se compararán con los datos actuales sobre los contenidos del fondo geoquímico, que se suponen reflejan el intervalo y la frecuencia de distribución del contenido de polucionantes (fondo geoquímico) presente actualmente en los suelos. Al hacerlo, se aplica la siguiente definición: los valores del fondo geoquímico son valores representativos de los valores normales del fondo geoquímico de una sustancia o grupo de sustancias en los horizontes superficiales. El contenido del fondo geoquímico de un horizonte superficial se compone del contenido debido a causas naturales (geogénica/pedogénica) y la distribución omnipresente de sustancias como consecuencia de los inputs de sustancias de síntesis en los suelos.

Las bases de datos disponibles muestran la necesidad de diferenciar los datos de los valores del fondo geoquímico según distintos criterios. La Pedogénesis, la variedad y tipo de suelos causada por los distintos usos requiere la diferenciación de los valores del fondo geoquímico. Desde el punto de vista actual no parece útil ni adecuado indicar valores altamente agrupados en el sentido de “un valor para todo tipo de suelos”.

Como los suelos muestran distintos contenidos en elementos dependiendo del material originario y de sus usos y distintas sensibilidades se requerirá un sistema diferenciado para los valores del suelo para establecer las normas para el uso de materiales orgánicos. Los valores del fondo geoquímico muestran que las concentraciones más bajas de polucionantes se pueden encontrar por lo general en los suelos arenosos (en particular de origen en el pleistoceno). Después vienen los limosos, que de todas formas destacan sobre los arcillosos.

Diferenciación de los suelos. La diferenciación de los suelos, esencial para la derivación de los valores preventivos, se basa en las siguientes consideraciones:

Los suelos muestran distintos contenidos en metales pesados y distintas sensibilidades dependiendo del material de origen.

Para la derivación de los valores preventivos la diversidad de suelos se pueden clasificar en algunas clases. La clasificación se basa en los principales grupos de suelos. La textura de los suelos se caracteriza por el tamaño de las partículas minerales del suelo. La distribución del tamaño de partícula se puede determinar de manera fiable por métodos de laboratorio así como por métodos de campo.

Parece útil la siguiente diferenciación de los suelos:

Suelos de tipo arcilloso: contenido en arcilla >25%

Suelos de tipo limoso: contenido en arcilla del 12% al 25% y contenido en sedimentos > 50%

Suelos de tipo arenoso: contenido en arcilla < 12% y contenido en sedimentos < 50%

La categoría “Suelos con valores específicamente mayores del fondo geoquímico”, se puede definir teniendo en cuenta los valores locales representativos del fondo geoquímico apoyados por una lista suplementaria europea de valores preventivos o por la aplicación de normativas para los suelos según países. La proporción de estos tipos de suelos en todo el territorio de Alemania es pequeña (aunque en algunas zonas significativamente mayor). Los suelos que en general pertenecen a ésta categoría son como sigue:

4) Para otros polucionantes o grupo de polucionantes habrá que comprobar en detalle la utilidad del procedimiento según el método del factor o el método de distribución.

- Suelos con contenidos geogénicos más altos de ej. magmatitas, metamorfitas (por ejemplo granito, gneis) así como roca arenosa y limosa
- Suelos con contenidos más altos debido a causas predominantemente antropogénicas (debido a la estructura de los asentamientos)
- Suelos de marismas o zonas inundadas

Los suelos orgánicos recibirán una consideración especial.

Además es necesario diferenciar los valores de pH de los suelos para prestar la debida atención a la dinámica de los EPTs, que en éste caso se debe sobre todo al valor del pH, que depende del compuesto. Se toma como base un valor límite del pH que se da para la movilización de los EPTs importantes. En el marco de la derivación de valores preventivos se usa un valor límite del pH específico para cada compuesto, y por debajo de ése valor se espera que aumente significativamente la movilización de cadmio, zinc, níquel y plomo. Para el cadmio, zinc y níquel el valor límite del pH es de 6,0 y para el plomo de 5,0. Para el Cd, Zn y Ni, los valores preventivos para la categoría “limosos” se aplican a suelos de categoría “arcillosos” con $\text{pH} < 6,0$ y para el Pb con $\text{pH} < 5,0$; los valores preventivos de la categoría “arenosos” se aplican a suelos de categoría “limosos” con pH de 6,0, y para el Pb $< 5,0$.

Para la movilización o inmovilización de compuestos orgánicos es decisivo no tanto el valor del pH sino el contenido en humus de los suelos. Una diferenciación de los suelos atendiendo al contenido en humus tiene que tener en cuenta que – al menos en suelos de uso agrícola – el contenido en humus sobre todo se determina por el cultivo. El contenido en humus del suelo agrícola (horizonte superficial) llega al (2 – 3)%, y a veces es mayor dependiendo del cultivo. En praderas, comparativamente el contenido en humus es significativamente mayor y además varía según la profundidad (de 0 cm a 10 cm: (6 – 12)%, de 10 cm a 30 cm: (3 – 6)% y a más de 30 cm el contenido normal no depende del uso del suelo). El contenido en humus de los suelos forestales, que no se consideran en este contexto, varía según el horizonte.

La diferenciación de los contenidos en humus requerida para los valores preventivos se elegirá de tal forma que se corresponda con las distintas formas de cultivo. Este requisito se alcanza al distinguir “mayor que o menor que el 8%”.

Valores preventivos provisionales expresados como contenidos en material sólido tal como recomienda la UBA⁵⁾.

Los compuestos y en especial los EPTs muestran distintas formas de unión en los suelos, que dependen de lo fuertemente que un compuesto esté ligado a la matriz del suelo y de la mayor o menor disponibilidad con la que pueda ser absorbido por las plantas, si está disponible para los organismos del suelo o si puede ser resituado con los lixiviados. En este contexto las características relacionadas con el suelo y con los procesos (sobre todo el pH, la textura del suelo, el contenido en humus, las condiciones redox) juegan un papel esencial además de las propiedades relacionadas con los compuestos.

Cuando se evalúan los compuestos en el suelo es especialmente necesario en el caso de los EPTs elegir el adecuado método de digestión según objetivo propuesto de evaluación (método de extracción) e indicar el método para los valores derivados. En general, al utilizar métodos de extracción específicos para las distintas formas de unión (fracciones) en que se encuentra presente (o puede estar presente) un metal en el suelo será posible tratarlos separadamente. Para el propósito preventivo de protección del suelo no es técnicamente posible ni adecuado en cuanto al esfuerzo necesario el hecho de realizar una extracción secuencial con numerosos agentes extractantes. Es más necesario determinar los contenidos totales o una fracción similar como parámetro del riesgo potencial total presumible.

Para los EPTs los valores preventivos se dan sobre la base de la fracción extraída con agua regia. Al describir los contenidos de compuestos potencialmente movilizables se indica las fracciones ecológicamente importantes del contenido de metales en el suelo.

5) Agencia Federal del Medioambiente (Alemania).

La extracción con agua regia a menudo se interpreta como el contenido total, aunque para ser exactos se extrae el contenido total solamente en el caso de algunos metales (por ejemplo para el Cd, Cu, Pb, Zn, Ni entre el 80% y el 100%). De todas formas, para el caso de otros metales tales como el cromo, solo se extrae una pequeña proporción. Por ésta razón se tiene que realizar una distinción entre la extracción con agua regia la denominada digestión total (presión-temperatura-digestión con ácidos concentrados). La ventaja del método es su alto grado de armonización ya que se ha definido como método normalizado en análisis medioambientales (ISO 11466) y en la Ordenanza de los Lodos de depuradora (86/278EC). La fracción movilizable de los EPTs incluye la proporción soluble en agua, la fracción fácilmente intercambiable debido a adsorción inespecífica, y los complejos organo-metálicos solubles. Hay disponibles métodos especiales de extracción (extracción con sal neutra). Su aplicación sería útil para la evaluación del riesgo en lugares contaminados (por ejemplo en términos de rutas y objetivos determinados, si hay evidencias que conducen a asumir la contaminación del suelo).

Los contenidos del suelo extraídos con agua regia ofrecen una norma para la evaluación del contenido de elementos en el suelo para su protección contemplando todas las rutas ecológicamente importantes. Esto es cierto para la ruta suelo-lixiviado, si pueden excluirse factores de riesgo evidentes (por ejemplo presencia de aditivos en solución, suelos alterados, valores anormalmente altos o bajos del pH, agua estancada).

Hay que tener en cuenta que los datos utilizados para la determinación de los valores del fondo geoquímico del suelo para los EPTs se han recopilado utilizando distintos métodos de extracción (extracción total y agua regia). Tal como se afirmó antes, los valores preventivos para los EPTs se mostrarán como contenidos a determinar con agua regia, solamente.

Como resultado del razonamiento expuesto en este informe se recomiendan los siguientes valores preventivos:

Tabla 1a
Valores preventivos para los metales en suelos, contenido total en mg/kg (agua regia⁶⁾)

Suelos	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg	Ni	As	Zn
Textura de suelo arcillosa	1,5	100	60	100	1	70	20	200
Textura de suelo limonosa	1	70	40	60	0,5	50	15	150
Textura de suelo arenosa	0,4	40	20	30	0,1	15	10	60
	Suelos con contenidos más altos del fondo geoquímico: Establecidos, si se requiere, atendiendo a los valores locales representativos del fondo geoquímico							

6) Extracción según DIN 38 414-7, análisis usando ICP OES según DIN 38 406 22.

Tabla 1b
Valores preventivos para el PCB₆, benzo(a)pirina y PAH₍₁₆₎ en contenido total en mg/kg en suelos⁷⁾

Suelos	PCB ₆	Benzo(s)pyrene	PAH ₍₁₆₎
Suelos con contenido en humus > 8%	0,1	1	10
Suelos con contenido en humos < 8%	0,05	0,3	3
Suelos con contenidos del fondo geoquímico específicamente más altos	Establecidos, si se requiere, atendiendo a los valores locales representativos del fondo geoquímico		

Guía para la aplicación de la tabla 1a “Valores preventivos para los EPTs”. Para el Cd, Ni y Zn es evidente que los valores preventivos de la categoría “limosos” se aplican a suelos de categoría “arcillosos” con pH < 6,0 (valor límite del pH); los valores preventivos para la categoría “arenosos” se aplican a suelos de categoría “limosos” con pH < 6,0. Esto también es válido para el Pb, usando un valor límite del pH de 5,0.

7) Análisis de PCB₆: DIN 38 414-20 para benzo (a)pirina y PAH₍₁₆₎; método según Guía LUA-NW Hoja No. 1.

ANEXO E (Informativo)**PRIORIDADES DE TRABAJO PARA EL WG 2**

Asumiendo los principios generales expresados en la Guía ISO/IEC 51, las prioridades fueron las siguientes.

- a) Hacer la lista y definir los productos de interés;
- b) Considerar el uso recomendado y el uso incorrecto razonablemente previsible de los productos;
- c) Identificar los riesgos que presentan los productos;
- d) Clasificar los productos en grupos homogéneos, según sus riesgos potenciales en relación con su composición y el uso recomendado para evaluar más fácilmente los riesgos;
- e) Evaluar la legislación existente y las normas tanto nacionales como internacionales;
- f) Establecer, para cada uno de los riesgos identificados, sus niveles de seguridad recomendados (también definido como Seguridad Intrínseca: el nivel máximo admisible de un componente de riesgo);
- g) Formular cualquier recomendación adicional para incluir en la etiqueta, en caso de que no se pueda alcanzar el nivel necesario de seguridad definiendo o restringiendo la composición de un producto. Esto incluye información sobre el uso adecuado, el manejo, el uso de equipos y ropas protectoras, el almacenamiento, la eliminación, y el aviso sobre los riesgos residuales inevitables.
- h) Resumir toda la información y las acciones recomendadas en un informe técnico.

BIBLIOGRAFÍA

Normas

CR 13456 : -, *Soil improvers and growing media – Labelling, specifications and product schedules.*

ISO/IEC Guide 51:1990, *Guidelines for the inclusion of safety aspects in Standards*, and revised Draft January 1998.

ISO /TC 190, Draft Standard DIS 11269-1: *Soil quality — Determination of the effects of pollutants on soil flora: Part 1: method for measurement of inhibition of root growth.*

BOOM Besluit van 30 januari 1998, houdende regels met betrekking tot de kwaliteit en het op of in de bodem brengen van overige organische meststoffen (Besluitkwaliteit en gebruik overige organische meststoffen). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Jaargang 1998, nr. 86. (Revisions published in nr. 392 and nr. 536).

BRL-K265/02, Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa-productcertificaat voor Compost uit groente-, fruit- en tuinafval van huishoudens en bedrijven. KIWA-BRL-K265/02, Kiwa N.V. Certificatie en Keuringen, Rijswijk, Netherlands. (will be upgraded to KIWA-BRL-K265/03 in 1999).

BS 4156:1990, Recommendations for peat for horticultural and landscape use

BS 5852:1990, Methods of test for assessment of the ignitability of upholstered seating by smouldering and flaming ignition sources.

BS 7175:1989, Methods of test for assessment of the ignitability of bedcovers and pillows by smouldering and flaming ignition sources.

BS 7177:1996, Specification for resistance to ignition of mattresses, divans and bed bases.

BS EN 71-2:1994, Safety of toys. Flammability

German Biowaste Ordinance: Bioabfall- und Kompostverordnung Bundesgesetzblatt 21.09.98 pp. 2955-2981.

German Soil Protection Ordinance: Bundesratsdrucksache 780/98 vom 10.09.1998.

RAL GZ250 Bark for plant cultivation, German Institute for Quality Assurance and Certification, January 1991

RAL GZ251 (in the Standards section): Kompost, GYtesicherung RAL-GZ 251, Ausgabe Januar 1992, RAL Deutsches Institut fYr GYtesicherung und Kennzeichnung

RAL GZ252 Gute- und Prufbestimmungen for Kultursubstrate

Önorm S2023, Analytical methods and quality control of compost, Austria 1993

Legislación

CE Directiva 76/0117/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre el material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva, Diario Oficial nº L.24 30/1/1976 p.45

CE Directiva 76/0769/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos, Diario Oficial nº L.262 27/09/1976 p.201

CE Directiva 77/0093/CEE, Medidas de protección contra la introducción en los Estados miembros de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, Diario Oficial nº L.026,31/01/1977 p.20

CE Directiva 79/0196/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros sobre material eléctrico utilizable en atmósfera explosiva provisto de determinados sistemas de protección, Diario Oficial nº L.43 20/2/1979 p.20

CE Directiva 79/0869/CEE, Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, Diario Oficial nº L.271 29/10/1979 p.44

CE Directiva 80/0778/CEE, Aguas destinadas al consumo humano, Diario Oficial nº L.229 30/8/1980 p.11

CE Directiva 80/1017/CEE, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo, Diario Oficial nº L.327 31/12/1980 p.8

CE Directiva 83/0477/CEE, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo, Diario Oficial nº L.263 24/9/1983 p.25

CE Directiva 86/0278/CEE, Protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura, Diario Oficial nº L.181 4/7/1986 p.6

CE Directiva 86/117/CEE, Relativa a las condiciones sanitarias de los animales y a las certificaciones veterinarias para la importación de carne fresca de Groenlandia, Diario Oficial nº L.099 15/04/1986 p.26

CE Directiva 88/0379/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de clasificación, embalaje y etiquetado de preparados peligrosos, Diario Oficial nº L.187 16/7/1988 p.14

CE Directiva 88/0642/CEE, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo, Diario Oficial nº L.356 24/12/1988 p.74

CE Directiva 89/0391/CEE, Aplicación de medida para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, Diario Oficial nº L.183 29/6/1989 p.1

CE Directiva 89/0392/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre maquinaria, Diario Oficial nº L.183 29/6/1989 p.44

CE Directiva 89/0656/CEE, Disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual, Diario Oficial nº L.393 30/12/1989 p.18

CE Directiva 90/0394/CEE, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo, Diario Oficial nº L.196 26/7/1990 p.1

CE Directiva 90/0667/CEE, Normas veterinarias relativas a la eliminación y transformación de desperdicios animales, Diario Oficial nº L.363 27/12/1990 p.51

CE Directiva 91/0155/CEE, Definición y fijación de las modalidades del sistema de información específica relativo a los preparados peligrosos, Diario Oficial nº L.76 22/3/1991 p.35

CE Directiva 91/0325/CEE, Criterios para la clasificación de los productos de acuerdo a su potencial peligro, por sus efectos nocivos, corrosivos, irritantes, Diario Oficial nº L.180 8/7/1991 p.1

CE Directiva 91/0382/CEE, Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo, Diario Oficial nº L.206 29/7/1991 p.16

CE Directiva 91/0659/CEE, Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados Miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos, Diario Oficial nº L.363 31/12/1991 p.36

CE Directiva 91/0676/CEE, Protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura, Diario Oficial nº L.375 31/12/1991 p.1

CE Directiva 92/0059/CEE, Seguridad de los productos, Diario Oficial nº L.228/8/1992 p.24

CE Directiva 92/0118/CEE, Condiciones de policía sanitaria y sanitarias aplicables a los intercambios y a las importaciones en la Comunidad de productos no sometidos con respecto a estas condiciones, a las normativas comunitarias específicas a que se refiere el capítulo I del Anexo A de la Directiva 89/662/CEEy, por lo que se refiere a los patógenos, de la Directiva 90/425/CEE, Diario Oficial nº L.62/3/7/1993 p.49

CE Directiva 92/0010/CEE, Medidas de protección contra la introducción en los Estados miembros de organismos nocivos para los vegetales y productos vegetales, Diario Oficial nº L.70 17/03/1992 p.27

CE Directiva 92/0103/CEE, Medidas protectoras contra la introducción en los Estados miembros de organismos nocivos para los vegetales y productos vegetales, Diario Oficial nº L.363 11/12/1992 p.1

CE Reglamento 737/90/CEE, Relativo a las condiciones de importación de productos agrícolas originarios de países terceros como consecuencia del accidente ocurrido en la central nuclear de Chernobil, Diario Oficial nº L.082 29/3/1990 p.1

CE Reglamento 598/92, Lista de productos excluidos de la aplicación del Reglamento del Consejo nº 737/90/CEE ..., Diario Oficial nº L.064, 10.03.1992 p.15.

EURATOM Reglamento 3954/87, Tolerancias máximas de contaminación radiactiva de los productos alimenticios y los piensos tras un accidente nuclear o cualquier otro caso de emergencia radiológica, Diario Oficial nº L.371, 30.12.87 p.11.

USEPA, 1994. Normas para el uso y la eliminación de lodos de depuradora.- Criterios para la clasificación de los métodos de eliminación de los residuos sólidos y modos de hacerlo., 40 CFR Parts 257, 403, 503.

Reglamento Noruego. Requerimientos sanitarios(Autoridad estatal para el control de la polución)

Reglamento Noruego relativo a la comercialización de fertilizantes y mejoradores de suelo etc. Ministerio de Agricultura, 11.09.96.

Real Decreto Aleman, calidad y uso de los restantes fertilizantes orgánicos, propuesta datada el 22.2.93

Ordenanza Alemana sobre Fertilizantes (en la "regulation section": Verordnung Yber die gute fachliche Praxis beim Dyngen (Dyngeverordnung)

Bundesgesetzblatt 1996, Teil I Nr.6, Bonn 6. Febrero 1996

Otras referencias bibliográficas**Referencias sobre incendio**

- 1 Fisons Western Corporation. Material Safety Data Sheet, Canadian Sphagnum Peat. Material Safety Data Sheet No. 1001, 13 October 1988.
- 2 Sax. N. I. Dangerous Properties of Industrial Materials. Van Nostran Reinhold.
- 3 Bunt, A.C., Media and Mixes for Container Grown Plants, Unwyn Hyman, 1988.

Referencias sobre contaminantes inorgánicos

- 4 US Environmental Protection Agency, Standards for the use of and disposal of sewage sludge, 40 CFR parts 257, 403 and 503, Federal Register, Friday February 19,1993.
- 5 UK Department of the Environment, " Sustainable Development: The UK Strategy" Cm2426, HMSO, London, 1994.
- 6 RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (1992): Gütesicherung Kompost RAL - GZ251, Fassung Januar 1992, Bonn.
- 7 Regulations concerning trade in fertilisers and soil improvers issued by the Ministry of Agriculture, 1 February 199?.
- 8 WHO Technical Report Series 1972, N 505.

Referencias sobre contaminantes orgánicos

- 9 Kissel, J.C., C.L. Henry and R.B. Harrison. 1992. Potential emission of volatile and odorous organic compounds from municipal solid waste composting facilities. Biomass and Bioenergy, vol 3 n. 3-4, 181-94, 1992.
- 10 Fricke K. and H. Vogtmann (1993). Quality of source-separated compost. Biocycle, October 1993, 64-70.
- 11 Commission of the European Communities, Directorate-General Science, Research and Development.1992. Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural wastes. Review of COST 68/681 programme, 1972-90. Edited by J.E. Hall, P.J. Newman and P. L' Hermite.
- 12 M.D. Webber and J.D. Goodin. Studies on the fate of organic contaminants in sludge-treated soils. In: Commission of the European Community. (1992) Effects of organic contaminants in sewage sludge on soil fertility, plants and animals. Edited by J.E. Hall, D. R. Sauerbeck and P. L' Hermite.1992. EUR 14236 EN.
- 13 Hembrock-Heger Persistent organic contaminants in soils, plants and food. In: Commission of the European Community. (1992) Effects of organic contaminants in sewage sludge on soil fertility, plants and animals. Edited by J.E. Hall, D. R. Sauerbeck and P. L' Hermite.1992. EUR 14236 EN.
- 14 Welp G. and G.W. Brümmer. Toxicity of organic pollutants to soil micro-organisms. In: Commission of the European Community. (1992) Effects of organic contaminants in sewage sludge on soil fertility, plants and animals. Edited by J.E. Hall, D. R. Sauerbeck and P. L' Hermite.1992. EUR 14236 EN.
- 15 Wild, S.R., S.J. Harrad and K.C. Jones. 1994. The influence of sewage sludge applications to agricultural land on human exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and -furans (PCDFs). Environmental Pollution 83 (1994), 357-369.
- 16 USEPA. 40CFR Part 257 et al.. Standards for the use or disposal of sewage sludge, final rules. Federal Register, Friday February 19,1993.

- 17 Man Made Vitreous Fibres, Nomenclature, Chemistry, and Physical Properties. Nomenclature Committee of TIMA Inc., 1991.
- 18 Raninger, B (1992), The qualification and certification of compost, Paper presented at ISWA conference 'Incineration and Biological waste treatment' Amsterdam, Sept. 1992.
- 19 Tidestrom, H. Swedish Regulations on the use of sewage sludge. Paper presented to the Specialty Conference on Management and Fate of Toxic Organics in Sludge Applied to Land, Technical University of Denmark, Copenhagen 30 April-2 May 1997.
- 20 U. Drescher-Kaden, et al. Contents of organic pollutants in German sewage sludges. In: Commission of the European Community. (1992) Effects of organic contaminants in sewage sludge on soil fertility, plants and animals. Edited by J.E. Hall, D. R. Sauerbeck and P. L' Hermite. 1992. EUR 14236 EN.
- 21 McEvoy, M., (1993). Analysing contaminants in the organic waste stream. Biocycle, May 1993, 71-72.
- 22 Schlauder R., and T. Pejack, 1992, Analysing yard waste for contaminants. Biocycle, August 1992 64-67.
- 23 Kissel J.C., C. L. Henry and R B. Harrison (1993). Potential emissions of synthetic VOCs from MSW composting. Biocycle, February 1993, 76-78.
- 24 Fricke, K. and Vogtmann H, Experiences of differentiated collection of the compostible fraction in Germany.
- 25 Microbics Corp., The Microtox solid phase test.
- 26 Kaiser C. L. and Palabrica V S (1991), Photobacterium phosphoreum Toxicity Data Index, Water Poll. Res. J Canada, 26 No. 3 361-431. (1991).

Referencias sobre componentes minerales

- 27 US Bureau of Mines. Crystalline Silica Primer, US Department of the Interior, 1992.
- 28 Gien RE. Health effects of crystalline silica. 10th Industrial Minerals Congress 1992.
- 29 International Agency for Research on Cancer. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans — Man-made mineral fibres and radon IARC Monographs 43 Geneva World Health Organisation. 1988.
- 30 CEN/TC223 N 191 Comments received on TC223 Enquiry on N177 Draft CEN Report "Soil improvers and growing media - Guidelines for the safety of users, the environment and plants" p. 5.
- 31 UK. Health and Safety Executive Guidance note on occupational exposure limits. Environmental Hygiene 40 (EH40/-) revised annually.
- 32 Weill H MD. Summary report on perlite worker survey. Tulane University New Orleans USA 1990.
- 33 Cooper C MD, Sargent E. N. MD. Study of chest radiographs and pulmonary ventilatory function in perlite workers. Journal of Occupational Medicine Vol 23 1986.
- 34 Acute oral toxicity tests The WIL Research Laboratories 1982.
- 35 Acute oral toxicity tests, Rosner-Hixson Laboratories 1977.
- 36 Perlite listed as a filter aid in food processing in the third supplement to the Food Chemicals Codex (FCC. III) March 1992 by the National Academy of Sciences. Third Edition.

- 37 Perlite approved as a filteraid or pressing aid in the processing of food and feed ingredients and as an anti-caking agent. Association of American Feed Control Officials Official publication, 1992.
- 38 Perlite filteraids are chemically acceptable for use in processing transporting or storage areas for direct contact with meat or poultry food products. United States Department of Agriculture.
- 39 Hunter B, Thomson C. Evaluation of the tumrogenic potential of vermiculite by Intrapleural injection of rates. *British Journal of Industrial Medicines* Vol 30 1973.
- 40 Parks WR. The Mica Family. *Occupational Lung disorders* 1974.
- 41 Goldstein B Rendall REG. The relative toxicities of the main classes of minerals. *Pneumoconiosis proceedings of the international Conference Johannesburg 1969*.
- 42 Experimental investigations on the fibro-genetic effects of the mica mineral vermiculite, A. Swenson scientific pamphlet series 1975:11 The Worker-Protection Department Stockholm, 1975.
- 43 International Programme on Chemical Safety. Man-made mineral fibres. *Environmental Health Criteria 77*. Geneva World Health Organisation. 1988.
- 44 International Labour Office. Safety in the use of mineral and synthetic fibres. Geneva ILO Publications International Labour Office. 1989.
- 45 Brown R C: Davis JMG Douglas D Gruber UF Hoskins JA Ilgren EB Johnson NF Rossiter CE, Wagner JC. Carcinogenicity of the insulation wools: reassessment of the IARC evaluation. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 1991 14:12-23.
- 46 Chiazze L Watkins D K, Fryar, Kozono J. A case-control study of malignant and non-malignant respiratory disease among employees of a fibreglass manufacturing facility. I Exposure assessment. *Br J Ind Med* 1993 50:717-725.
- 47 Hughes JM Jones R Glindmeyer H, Hammad YY Weili Fi. Follow up study of workers exposed to man-made mineral fibres. *Br J Ind Med* 1993;50:658-667.
- 48 Marsh GM, Enteriine PE, Stone R, Henderson V. Mortality among a cohort of US man-made mineral fibre workers: 1965 follow up. *J Occup Med* 1990 32:594-604.
- 49 Simonato L, Fletcher AC, Cherrie J, Andersen A, Bertazzi P, Bolander AM, Charnay N, Claude J, Dodgson J, Esteve J, Frentzel-Beyme R, Garciner MJ, Jensen O, Olsen J, Saracci R, Teppo L, Westerhoim P, Winkelmann R, Winter PD, Zocchetti C. Mortality among a cohort of man-made mineral fibres (MMMf) production workers: in seven countries: extension of the follow-up until 1992. *Ann Occup Hyg* 1988;32(Suppl 1):725-734.
- 50 Wong O, Foliart D, Trent LS. A case-control study of lung cancer in a cohort of workers potentially exposed to slag wool fibres. *Br J Ind Med* 1991;48:818-824.
- 51 European Insulation Manufacturers Association. Code of Practice for Manufacturers and Users of insulation Wool. Brussels Eurima. March 1994.

Referencias sobre riesgos biológicos, patógenos

- 52 Richerson H.B. (1990). Unifying concepts underlying the effects of organic dust exposures. *Am. J. Ind. Med.* 17, pp.139-142.
- 53 Newman Taylor A.J. (1987) The lung and the work environment. In *Current Perspectives in the Immunology of Respiratory Disease*. (Edited by Kay A.B. and Goetzi E.J.) pp.55-67. Churchill Livingstone, Edinburgh.

- 54 doPico, G.A. (1986). Report on diseases *In Health Effects of Organic Dusts in the Farm Environment*, (R. Rylander, K.J. Donham and Y.Peterson, Eds.), *Am. J. Ind. Med.* 10, pp.261-265 (1986).
- 55 Tee R.D. and Newman Taylor A.J. (1987). Fungal allergy at work. *Pract. Allergy Immunol* 2, pp.92-96.
- 56 Burg W.R., Shotwell O.L. (1984). Aflatoxin levels in airborne dust generated from contaminated corn during harvest and at an elevator in 1980. *J. Ass. off. anal Chem.* 67, pp.309-312.
- 57 Burg W.R., Shotwell O.L., Saltzman B.E. (1981) Measurements of airborne aflatoxins during the handling of contaminated corn. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 42, pp.1-11.
- 58 Burg W.R., Shotwell O.L., Saltzman B.E. Measurements of airborne aflatoxins during the handling of 1979 contaminated corn. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 43, pp.580-586.
- 59 Emanuel D.A., Wenzel F.J. and Lawton B.R. (1975). Pulmonary Mycotoxicosis. *Chest* 67, pp.293-297.
- 60 Lecours R., Laviolette M. and Cormier Y. (1986) Bronchoalveolar lavage in pulmonary mycotoxicosis (organic dust toxic syndrome). *Thorax* 41, pp.924-926.
- 61 May J.J., Stallones L., Darrow D. and Pratt D.S. (1986) Organic dust toxicity (pulmonary mycotoxicosis) associated with silo unloading. *Thorax* 41, pp.919-923.
- 62 Pratt D.S. and May J.J. (1984). Feed-associated respiratory illness in farmers. *Arch. Eenviron. Health* 39, pp.43-48.
- 63 Rylander R. (1986). Lung diseases caused by organic dusts in the farm environment. *Am. J. Ind. Med.* 10, pp.221-227.
- 64 Donham K., Haglind P., Peterson Y., Rylander R., Belin L.: Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings. *Br.J. Ind. Med.* 1989. 46, pp.31-37.
- 65 Rylander R. (1987). The role of endotoxin for reactions after exposure to cotton dust. *Am. J. Ind. Med.* 12, pp.687-697.
- 66 Smid T. (1993). Exposure to organic dust and respiratory disorders. An epidemiological study in the animal feed industry. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University.
- 67 Smid T., Heederik D., Houba R. and Quanjer P.H. (1992). Dust- and endotoxin-related respiratory effects in the animal feed industry. *Am. Rev. Respir. Dis.* 146, pp.1474-1479.
- 68 Dutkiewicz J. (1987). Bacteria in farming environment. *Eur. J. Respir. Dis.* 71 (Suppl. 154), pp.71-88.
- 69 Dutkiewicz J. (1992). Bacteria and their products as occupational allergens. *Pneum. Allergol. Pol.* 60 (Suppl.2), pp.14-21.
- 70 Lacey J. (1990) Grain dust and health. *Postharvest Abstracts and Information* 1, pp.113-117.
- 71 Rylander R and Lundholm M, (1978), Bacterial contamination of cotton and cotton dust and the effects on the lung. *Br. J. Ind. Med.* 35, 204-207.
- 72 Morey P., Fischer J., and Rylander R. (1983). Gram-negative bacteria on cotton with particular reference to climatic conditions. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 44, pp.100-104.
- 73 Olenchock SA. (1993). Health effects of biological; agents: the role of endotoxins. *Clin. Allergy* in press.
- 74 Rylander R. (1981). Bacterial toxins and etiology of byssinosis. *Chest* 79 Suppl. 34S-38S.
- 75 Mattsby I. and Rylander R. (1978). Clinical and immunological findings in workers exposed to sewage dust. *J. occup. Med.* 20, pp.690-692.

- 76 Lundholm M. and Rylander R. (1980). Work related symptoms among compost workers. *J. occup. Med.* 22, pp.256-257.
- 77 Haglind P., Lundholm M., and Rylander R. (1981) Byssinosis prevalence in Swedish cotton mills. *Br. J. Ind. Med.* 38, 138-143.
- 78 Rylander R. and Vesterlund J. (1982). Airborne endotoxins in various occupational environments. In *Endotoxins and their detection with the Limulus lysate test.* (Edited by Watson S.W., Levin J. and Novitsky T.J.) pp.399-409.
- 79 Clark C.S., Rylander R., and Larsen L. (1983). Airborne bacteria, endotoxin and fungi in dust in poultry and swine confinement buildings. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 44, pp.537-541.
- 80 Dutkiewicz J. (1986). Microbial hazards in plants processing grain and herbs. *Am. J. Ind. Med.* 10, pp.300-302.
- 81 Kus L., Fafrowicz B., Dutkiewicz J., Zysko M. and Respond D. (1986). Allergological and clinical study of the workers of herb processing plant having work-related symptoms. *Proceedings of the Symposium 'Progress in Allergology and Clinical Immunology', Krakow*, 28-30.11.1985 p.164 (In Polish).
- 82 Milanowski J. (1988). An attempt of identification of the etiological factor of allergic alveolitis in selected group of patients with the use of microbiological and immunological methods. *Pneum. Pol.* 56, pp.100-105 (In Polish).
- 83 Geldreich E.E. (1978). Bacterial populations and indicator concepts in faeces, sewage, stormwater and solid wastes. In *Indicators of viruses in water and food* (T.Berg, Ed.), pp.51-97. Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science Publishers.
- 84 Dutkiewicz J. and Jablonski L.: Occupational Biohazards. PZWL, Warsaw 1989. (In Polish)
- 85 Muller H.E. (1985) Hygienic aspects of the agricultural assessment of sewage. *Naturwissenschaften* 72, pp.238-248 (In German).
- 86 Lundholm M. and Rylander R. (1983). Work related symptoms among sewage workers. *Br. J. ind. Med.* 40, pp.325-329.
- 87 Jiwa S.F.H., Krovacek K. and Wadström T. (1981). Enterotoxigenic bacteria in food and water from an Ethiopian community. *Appl. environ. Microbiol.* 41, pp.1010-1019.
- 88 Wadström T., Aust-Kettis A., Habte D., Holmgren J., Meeuwse G., Möllby R. and Söderlind O. (1976). Enterotoxin producing bacteria and parasites in stools of Ethiopian children with diarrhoeal disease. *Arch. Dis. Childhood* 51, pp.865-870.
- 89 Fannin K.F. (1980). Methods for detecting viable microbial aerosols. In *Wastewater Aerosols and Disease* (H. Pahren and W. Jakubowski, Eds.) EPA-600/9-80-028, pp.1-22. Cincinnati, OH, U.S. Environmental Protection Agency.
- 90 Johnson C.I., Bernstein I.L., Gallagher J.S., Bonventre P.F. and Brooks S.M. (1980) Familial hypersensitivity pneumonitis induced by *Bacillus subtilis*. *Am. Rev. resp. Dis.* 122, pp.339-348.
- 91 Northrop R., Carnow B., Wadden R., Rosenberg S., Neal A., Sheaff L., Holden J., Meyer S. and Scheff P. (1980). Health effects of aerosols emitted from an activated sludge plant. In *Proceedings of the U.S. EPA Symposium on Wastewater Aerosols and Disease, September 19-21 1979, Cincinnati, Ohio.* pp.180-227.
- 92 Delage B (1960), Survies des salmonelles dans la terre. *Bull Acad Nat Med.*, 144, 686-689.
- 93 Turpin P E, Dhir V K Maycroft K A, Rowlands C and Wellington E M H. (1992). The effect of *Streptomyces* species on the survival of *Salonmella* in soil. *FEMS Microbial Ecol.* 101, 271-280.

- 94 Skanavis C and Yanko W A (1994). Evaluations of composted sewage sludge based soil amendments for potential risks of salmonellosis. *J. Environ. Health*, 56, 19-23.
- 95 Turpin P E, Maycroft K A, Bedford J, Rowlands C L and Wellington E M H (1993). A rapid luminescent-phage based MPN methods for the enumeration of *Salmonella typhimurium* in environmental samples. *Lett. Appl. Microbiol.* 16, 24-27.
- 96 Shuval H, Jodice R, Consiglio M Spaggiari G and Spigoni C (1991), Control of enteric micro-organisms by aerobic thermophilic co-composting of waste water sludge and agro-industry wastes. *Water Sci. Technol.* 24, 401-405.
- 97 Burge, W D, Enkiri N K and Hussong D (1987), *Salmonella* regrowth in compost as influenced by substrate. *Microbial Ecol.*, 14, 243-253.
- 98 Barabas, S. (1986). Monitoring natural waters for drinking water quality, *WHO Stat Q*, 30, 32-45.
- 99 Federal Register (1983). *Fed. Reg.*, 48, 45502-45521.
- 100 Andrews, S A, Lee H and Trevors J T (1994). Bacterial species in raw and cured compost from large scale urban composter. *J Ind. Microbiol* 13, 177-182.
- 101 Bettleheim K A (1992), The genus *Escherichia*. in *The Prokaryotes*, 2nd Ed. (A Balows, H G Truper, N Dworkin, W Harder and K H Schleifer, Eds.) Vol III, pp 2696-2736, Springer Verlag, New York.
- 102 Steel T.W., Lanser J. and Sangter N. (1990). Isolation of *Legionella longbeachae* serogroup 1 from potting mixes. *Appl. Environ. Microbiol.* 56, pp.49-53.
- 103 Lacey J. (1974b) Thermophilic actinomycetes associated with farmers' lung. In *Aspergillosis and farmer's lung in man and animals* (R. de Haller & F.Suter, Eds.), pp.16-26 Bern, Hans Huber.
- 104 Lacey J. and Crook B. (1988) Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergens. *Ann. occup. Hyg.* 32, pp.515-533.
- 105 Lacey J., Pepys J. and Cross T. (1972) Actinomycete and fungus spores in air as respiratory allergens, In *Safety in Microbiology* Edited by Shapton D.A. and Board R.G.) (*Soc. appl. Bact. Tech. Ser. No.6*) pp.151-184. Academic Press, London.
- 106 Lacey J. (1973). Actinomycetes in soils, composts and fodders. In *Actinomycetales: Characteristics and Practical Importance* (F.A.Skinner & G.Sykes, Eds.) (*Society of Applied Bacteriology Symposium Series No.2*) pp.231-251 London Academic Press.
- 107 Lacey J. (1988) Actinomycetes as biodeteriogens and pollutants of the environment. In *Actinomycetes in Biotechnology*, (Edited by Goodfellow M. and Williams S.T.) pp.359-432. Academic Press, London.
- 108 Lacey J., Williamson P.A.M., King P. and Bardos R.P. (1990) Airborne micro-organisms associated with domestic waste composting. *Warren Spring Laboratory Report No. LR 808 (MR)* pp.36.
- 109 Lacey J. (1971) *Thermoactinomyces sacchari* sp. nov., a thermophilic actinomycete causing bagassosis. *J. gen. Microbiol.* 66, pp.327-338.
- 110 Lacey J (1974a) Moulding of sugar-cane bagasse and its prevention. *Ann. appl. Biol.* 76, pp.63-76.
- 111 Che D.-Y., Liu S.-C., Huang X.-Z. (1989). Pathogenesis of extrinsic allergic alveolitis and pulmonary fibrosis induced by *Streptomyces thermohygroscopicus*. *Chinese Med. J. (Beijing)* 102, pp.563-567.
- 112 Kagen S.L., Fink J.J., Schlueter D.P., Kurup V.P. and Fruchtman R.B. (1981) *Streptomyces albus*: a new cause of hypersensitivity pneumonitis. *J.Allergy clin. Immunol.* 68, pp.295-299.

- 113 Kenyon EM, Russell L H and McMurray D N (1984), Isolation of *Sporothrix schenkii* from potting soil. *Mycopathologica*, 87, 128.
- 114 D'Alessio D J, Leavens L J, Strumpf G B and Smith C D (1965), An outbreak of sporotrichosis in Vermont associated with *Sphagnum* moss at the source of infection. *N. England Med. J.*, 272, 1054-1058.
- 115 Staplin F L (1981). Sporotrichosis infection of humans from potting media. *Can. Orchid. J.*, 30, 761-763.
- 116 Powell K E, Taylor A, Phillips B J, Blakey D L, Campbell G D, Kaufman L and Kaplan W (1978). Cutaneous sporotrichosis in forestry workers. *J. Am. Med. Ass.*, 240, 232-235.
- 117 Grotte M and Younger B (1981) Sporotrichosis associated with sphagnum moss exposure. *Arch Path. Lab. Med.*, 105, 50-51.
- 118 UK Department of the Environment, (1989) Code of Practice for agricultural use of Sewage sludge, ISBN 011 7522 562.
- 119 Public Health, England and Wales, Public Health, Scotland,- The Sludge (Use in Agriculture) Regulations 1989, Statutory Instruments No. 1263.
- 120 UK Coir Association, Code of Practice, London, 1991.
- 121 Anon., (Categorisation of Pathogens according to Hazard and Category of Containment, 3rd edition (interim issue), UK Advisory Committee on Dangerous Pathogens, 1995.

Referencias sobre radiactividad

- 122 World Health Organisation, Radiation standards for foodstuffs.
- 123 International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication, Oxford Pergamon Press.
- 124 National Radiological Protection Board. Revised generalized derived limits for radioisotopes of Strontium, Iodine, Caesium, Plutonium, Americium and Curium. NRPB GS9, Chilton 1987.

Referencias sobre plástico, vidrio, metales y otros materiales indeseables

- 125 Marque Nationale de Conformité aux normes- Règlement particulier de la marque NF compost urbain - R 005 - April 1988.

Referencias sobre factores fitotóxicos

- 126 Brinton W.F., et al.. Evaluation of compost maturity by a standardised self-heating test. Draft, Copyright WERL, 1993,1994.
- 127 Wang, W. 1991. Literature Review on higher plant testing. *Water, Air and Soil Pollution* 59: 381-400, 1991.
- 128 Bouhot D. (1982), La Fatigue des sols. 23rd SFP Cof., Versailles, 21-22 Oct. 1982, INRA, Les Colloques de L'INRA no 17.
- 129 Bundesanstalt für Agraubiologie, Plant compatibility test, substrate test, Germany.
- 130 Istituto di Ricerca Sulle Acque. Analisi della Fitotossicità della Sostanza Organica in Decomposizione mediante Bioassaggio *Lepidium sativum*. Quaderni IRSA- 64, CNR, Roma, 1985.

Referencias sobre patógenos vegetales

- 131 Didelot (1992) Pathogen Fibre Substrct. List of existing and applicaible methods in routine for estimating the sanitary quality of substrate. SRPV Centre, April 1992.
- 132 Non-exhaustive list of existing and applicable methods in routine for estimating the sanitary quality of a substrate. - French proposal 21.9.92.
- 133 EPPO/OERP Extingeces Specificiques de Quarantine - Specific Quarantine Requirements Document Technique de l'OERP n 1008.
- 134 Bouhot D (1975) Recherches sur l'ecologie des champignons parasites dans le sol V Une Technique selective s'estuertion. Ann. Phytopatol 1975, 7(1).

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A UPM - E.T.S.I. AGRONOMOS