

Incineración de residuos peligrosos Impactos en la agricultura

Joe Thornton
Campaña de Tóxicos de Greenpeace

Segunda Edición
Febrero 1993

Incineración de residuos peligrosos Impactos en la agricultura

**Escrito por: Joe Thornton
Campaña de Tóxicos de Greenpeace**

Segunda Edición: Febrero 1993

Traducción al español: María E. Marzioni de Della Torre, colaboradora de Amigos de la Vida y Stella Maris Higa, Greenpeace Argentina

Editado en español por Greenpeace Argentina, Mansilla 3046,(1425) Buenos Aires.

CONTENIDOS

Resumen y recomendaciones

Características de las emisiones de los incineradores

Dioxinas y compuestos relacionados

Dioxinas en la carne y en los productos lácteos

Dioxinas en los cultivos

Metales

Cadmio

Plomo

Otros metales

Otros PICs (Productos de Combustión Incompleta)

Impactos sobre la agricultura producidos por emisiones químicas desconocidas

Referencias

TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1: Sustancias químicas emitidas por Incineradores de Residuos Peligrosos

Tabla 2: Efectos tóxicos de los metales pesados sobre las plantas

Figura 1: Fuentes de exposición a las dioxinas por la población en general

Figura 2: Acumulación de cadmio en el trigo

Figura 3: Fuentes de exposición al plomo para el adulto medio norteamericano

RESUMEN Y RECOMENDACIONES

Para instalar incineradores, las empresas de disposición final de residuos peligrosos apuntan a las comunidades que ofrecen la menor resistencia política. Como resultado, estas instalaciones son ubicadas principalmente en áreas cuya población está conformada por gente mayor, con escasos recursos económicos, religiosa, de origen rural, y/o gente de color. Más de la mitad de los incineradores comerciales de residuos peligrosos existentes y propuestos en los EE.UU. están localizados en comunidades rurales próximas a tierras agrícolas.

Cada vez hay más evidencias que indican claramente que los incineradores de residuos peligrosos provocan la contaminación de la cadena alimentaria, poniendo en riesgo la salud de las personas que consumen alimentos cultivados en lugares cercanos a los incineradores. Para los granjeros, existen evidencias de amenazas adicionales sobre la productividad y comercialización de sus cultivos y ganados.

No hay datos disponibles para realizar una predicción completa de los efectos en la agricultura de las miles de sustancias químicas emitidas por los incineradores. Sin embargo, si nos basamos en pruebas experimentales, datos obtenidos en campo, y experiencias reales, no queda ninguna duda de que las emisiones de los incineradores constituyen señas amenazas a la viabilidad biológica y económica de la agricultura del lugar. Los puntos más importantes son los siguientes:

- Las sustancias químicas emitidas por los incineradores se acumulan en los cultivos y el ganado, a menudo en concentraciones altas.
- Se ha demostrado que las sustancias químicas emitidas por los incineradores afectan la productividad y la salud del ganado y/o de los cultivos.
- En muchos países se han detectado altas concentraciones de dioxinas, furanos y metales pesados en cultivos y animales cercanos a los incineradores.
- Los alimentos son, para la población, la ruta de exposición a los metales pesados, dioxinas y furanos y otros productos químicos sintéticos.

Un reciente estudio de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. -EPA- develó que el consumo de carne vacuna contaminada con dioxinas en las cercanías del incinerador de residuos peligrosos WTI, en East Liverpool, Ohio, resultaría en exposiciones 40.000 veces mayores a las exposiciones a través de la inhalación solamente. Los riesgos de cáncer estimados por ingerir carne contaminada con dioxinas durante sólo un año de funcionamiento del incinerador, se estimaron en 42 por millón -un porcentaje que supera ampliamente el nivel de riesgo "aceptable" por la Agencia durante toda una vida. Los riesgos de contraer cáncer en el transcurso de la vida totalizarían más de 5.800 por millón, sin incluir las exposiciones a través de otros alimentos contaminados u otros efectos en la salud, como la toxicidad reproductiva, inmunológica y sobre el desarrollo (Farland 1993).

Aparte de los efectos biológicos, existen también impactos económicos potenciales. La presencia de elevados niveles de contaminantes en los alimentos podría afectar la demanda de los productos cultivados cerca de incineradores. Los gobiernos de los Países Bajos y del Reino Unido mantienen en vigencia las prohibiciones sobre los productos (carne y lácteos) de zonas cercanas a incineradores. La Federación de Alimentos y Bebidas de la Comunidad Europea ha solicitado a la CE que detenga la construcción de unidades de incineración de residuos tóxicos cerca de las plantas de procesamiento de alimentos (WM 1991).

De acuerdo a la EPA de los Estados Unidos, ese país ya posee más del doble de capacidad de incineración que necesita para la cantidad de residuos peligrosos que se están generando actualmente, aún incluyendo los distintos tipos de residuos "recientemente listados" (USEPA, 1991). Como los incineradores son para los generadores de residuos una salida relativamente económica en cuanto a la responsabilidad legal asociada con los mismos, la abundante capacidad de incineración no incentiva a las industrias a invertir en cambios de procesos para reducir y evitar la generación de residuos en origen.

Se recomiendan las siguientes políticas a seguir:

- Una moratoria inmediata para nuevos incineradores y hornos para quemar residuos.
- Un programa nacional de prevención de la contaminación para reducir los residuos en origen, solicitando a las industrias que reduzcan sus usos de productos químicos tóxicos y eliminen progresivamente los químicos y procesos más peligrosos.
- Un programa de eliminación gradual de incineradores existentes.

CARACTERÍSTICAS DE LAS EMISIONES DE LOS INCINERADORES

Los incineradores que queman residuos industriales peligrosos emiten miles de sustancias químicas diferentes incluyendo metales pesados, residuos sin quemar, y productos de combustión incompleta, sin importar la tecnología que se utilice (USEPA 1990). Estas emisiones incluyen una variedad de sustancias químicas persistentes, bioacumulativas y tóxicas tales como dioxinas, furanos, PCBs (bifenilos policlorados), hexaclorobenceno, plomo, cadmio, y mercurio (ver tabla 1).

Las técnicas de muestreo y análisis para las emisiones de los incineradores son tan limitadas que la gran mayoría de los compuestos químicos liberados no han sido caracterizados. Entre el cuarenta al 99 por ciento de la masa total de químicos no ha sido identificado, lo que implica impredecibles amenazas a la salud y al medio ambiente (USEPA 1990).

Muchas sustancias químicas emitidas por los incineradores son altamente persistentes y resisten por muchos años los procesos naturales de descomposición. Las emisiones de este tipo producirán a través de los años, aumentos de niveles en el suelo y en los tejidos biológicos. Al ser los alimentos la mayor fuente de exposición a muchos de los químicos liberados por los incineradores, no se aconseja la instalación de nuevos incineradores cerca de áreas de cultivo.

El impacto de la incineración en la agricultura es una cuestión extremadamente compleja que involucra cientos de químicos conocidos y miles de desconocidos, cada uno de los cuales tiene propiedades únicas de acumulación y toxicidad. Las mezclas de químicos actúan en forma diferente de los químicos individualmente. Es más, el nivel de acumulación y la toxicidad varían de acuerdo al tipo de cultivo, la temperatura, las condiciones del terreno y otros factores. Como resultado, es imposible predecir cuantitativamente los potenciales efectos.

Por cuestiones de tiempo y disponibilidad de recursos no se podría realizar aquí un resumen completo de la información disponible acerca de la acumulación y toxicidad de todos los compuestos identificados en los distintos tipos de cultivos y de ganado. Sin embargo, la siguiente información, centrada en grupos de compuestos, la familia de las dioxinas, los metales pesados y otros PICs (productos de combustión incompleta), ofrece importantes

evidencias del comportamiento y los efectos potenciales y reales de las emisiones de los incineradores.

**Tabla 1:
PRODUCTOS DE COMBUSTION INCOMPLETA DE LOS INCINERADORES DE
RESIDUOS PELIGROSOS**

Acetona (1,3)	Eteniletilbenceno (1)	Metilciclohexano (4)
Diclorobromometano (3)	Fenilbutanona (1)	1,1,2-Tricloroetano (5)
4-Octeno (4)	Bromometano (3,5)	1 -Clorononano (4)
Acetonitrilo (5)	Etilbenzaldehido (1)	Meti etil cetona (5)
1,2 Diclorobenceno (4,5)	1,1-(1-4Phenilene) bisethnone (1)	Tricloroetileno (1,2,4,5)
Pentaclorofenol (5)	Butilbencil ftalato (1)	1 -Cloropentano (4)
1,4 Diclorobenceno (4,5)	Etilbenceno (1,3)	2-Metil hexano (4)
Fenol (5)	Ácido etilbenzoico (1)	Triclorofluorometano (3)
Benzaldehido (1,4)	Etilfenol (1)	Ciclohexano (1)
1,1 Dicloroetano (5)	Propenilmetilbenceno(1)	3-Metilenheptano (4)
Bifenilos policlorados (PCBS) (2)	Tetracloruro de Carbono (1,2,3,4,5)	Triclorotrifluorometano (4)
Benceno (1,3,4,5)	(Etilfenil)etanona (1)	Ciclohexanol (1)
1,2 Dicloroetano (3,4,5)	1,1,2,2-Tetracloroetano (4,5)	3-Metil hexano (4)
Bencenodicarboxaldehido (1)	Clorobenceno (1,3,4)	2,3,6-Trimetildecano (4)
1,1 Dicloroetileno (3,5)	Etilbenceno (1)	5,7-Metilundecano (4)
D i b e n z o - p - d i o x i n a s	1-Clorobutano (4)	Trimetilhexano (1)
Policloradas (PCDDs)(2,5,6)	Formaldehido (5)	1 -Decano (4)
Diclorodifluorometano (5)	Tetracloroetileno (1,2,3,4,5)	Naftaleno (1)
Benzofurano (4)	Clorociclohexanol (1)	2,3,5-Triclorofenol (5)
Diclorometano (1,3,4,5)	Heptano (4)	Dibutiftalato (1)
Dibenzofuranos policlorados	1-Clorodecano (4)	Nonano (4)
(PCDFs)(2,5,6)	Hexaclorobenceno (2,5)	Cloruro de vinilo (3,5)
Ácido benzoico (1)	Tetradecano (4)	Dicloroacetileno (2)
2,4-Diclorofenol (5)	Hexaclorobutadieno (2)	Nonanol (4)
Bis(2-etilhexil) ftalato (1,5)	Tetrametiloxirano (1)	Acetofenona (1)
Dietilftalato (1)	2-Cloroetil vinil éter (3)	Isooctano (3)
Dimetil éter (3)	Hexanal (4)	Clorodibromometano (3)
Pentanal (4)	Tolueno (1,3,4,5)	Fenil propenol (1)
1-Bromodecano (4)	Cloroformo (1,2,3,4,5)	
3,7-Dimetiloctanol (4)	1-Hexano (4)	
Fenol (1,5)	1,2,4-Triclorobenceno (4,5)	
Bromofluorobenceno (4)	1 -Clorohexano (4)	
Diocil adipato (1)	Metano (3)	
Fenilacetileno (1)	1,1,1-Tricloroetano (1,3,5)	
Bromoformo (3)	Clorometano (3,5)	

- (1) Trenholm 1986 (ocho incineradores de residuos peligrosos de escala industrial)
- (2) Dellinger 1988 (reactor de llamas en régimen turbulento)
- (3) Trenholm 1987 (incinerador de horno rotativo de escala industrial)
- (4) Chang 1988 (reactor de llamas en régimen turbulento)
- (5) U.S. EPA "Base de Datos de PIC" en U.S. EPA 1989b (resumen datos disponibles)
- (6) U.S. EPA 1987c (2 incineradores de hornos rotativos de escala industrial)

**METALES DETECTADOS EN LA ALIMENTACION O EN LAS EMISIONES DE LOS
INCINERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS**

Antimonio - Arsénico - Bario - Berilio - Bismuto - Cadmio - Níquel - Cromo - Cobre -Hierro –
Plomo - Magnesio - Manganeso - Mercurio - Selenio - Plata - Talio - Titanio - Zinc

Fuentes: Carroll 1989, Stein 1990, U.S EPA 1990

LAS DIOXINAS Y LOS COMPUESTOS RELACIONADOS

Todos los incineradores que queman residuos clorados producen un espectro de cientos o miles de PICs organoclorados, incluyendo los pertenecientes a la "familia de las dioxinas, un grupo de miles de compuestos de estructura similar entre los cuales se encuentran las dibenzo-p-dioxinas policloradas, furanos, PCBS, y otros compuestos químicos aromáticos clorados (derivados del benceno) (UKDOE 1989). Estos compuestos han sido detectados en las emisiones de numerosos incineradores de residuos peligrosos en los Estados Unidos (EPA 1989, EPA 1987).

Los miembros de la familia de las dioxinas son, en general, sumamente persistentes. El miembro más estudiado de esta familia, la 2,3,7,8-TCDD (tetraclorodibenzodioxina), tiene una vida media estimada en el suelo de hasta 29 años, lo que significa que importantes cantidades permanecerán en el ambiente durante muchas décadas (USEPA 1988). Los PCBs son sustancias que resisten en forma muy similar la degradación en el suelo (ATSDR 1992c). Aún las emisiones muy bajas de estas sustancias se acumulan con el tiempo en el medio ambiente.

Los miembros de la familia de las dioxinas se transfieren del ambiente a los tejidos de los seres vivos donde van aumentando con el tiempo su concentración, un fenómeno denominado bioacumulación. Se ha descubierto que los peces acumulan TCDD en concentraciones de hasta 159.000 veces superiores a la concentración en el agua en que nadan (EPA 1988). Para los PCBs, esta proporción - denominada factor de bioconcentración en los peces- llega a ser de 660.000 (ATSDR 1992c). Este fenómeno ocurre debido a que las dioxinas y los compuestos relacionados son muy solubles en las grasas pero no en el agua, haciendo que los mismos se concentren en los tejidos grasos de los seres vivos.

Mientras van ascendiendo en la cadena alimentaría, las concentraciones de dioxinas y compuestos relacionados, se multiplican varias veces, fenómeno que se denomina biomagnificación. Los peces y las especies carnívoras de los niveles superiores de la cadena alimentada soportan concentraciones de estas sustancias químicas en sus tejidos que son millones de veces superiores a aquellas encontradas en el ambiente. Los seres humanos están en los eslabones superiores de la cadena alimentaría, y los bebés como también los niños pequeños son los más expuestos a estas sustancias.

No es una sorpresa entonces que más del noventa por ciento de la exposición de la población provenga de los alimentos que consume (ver figura I). Los efectos en la salud relacionados con la familia de las dioxinas, en bajas dosis son: infertilidad, supresión inmunológica, desarrollo anormal del feto, malformaciones congénitas, cáncer, alteraciones hormonales. El grupo de mayor riesgo lo constituyen los niños en etapa de desarrollo, quienes están expuestos a las dioxinas desde el momento de la concepción a través del semen del padre y a través de la placenta y la leche de la madre. (IJC 1991).

Dioxinas en carne y en productos lácteos

Debido a la biomagnificación, las mayores amenazas de la familia de las dioxinas sobre la agricultura están asociadas a los productos lácteos y a la carne. Estos químicos se acumulan en elevadas concentraciones en la carne vacuna, de pollo, cerdo, en los productos lácteos y en los huevos. De acuerdo a la EPA:

"Se ha comprobado que en el ganado destinado al consumo y la producción láctea, se acumulan niveles significativas de 2,3,7,8-TCDD y compuestos con estructuras en general similares, tales como los PCBs, DDT y PBB (polibromado), luego de la administración en la dieta o la ingestión de tierra contaminada" (EPA 1988).

Como se ha mencionado anteriormente, una evaluación de riesgo realizada en el incinerador de residuos peligrosos WTI en East Liverpool, Ohio, y llevada adelante por científicos de la EPA que utilizaron modernas técnicas de modelos, determinó que la exposición a las dioxinas a través del consumo de carne producida en las cercanías sería 40.000 veces superior a las exposiciones por inhalación. Se estimó además que los riesgos de cáncer derivados de las exposiciones serían de 42 por millón durante un año de funcionamiento del incinerador, excediendo ampliamente el nivel de riesgo aceptable de 10 por millón fijado por la EPA para toda la vida. Los riesgos que se corren en 70 años de funcionamiento, incluyendo un ajuste para equilibrar las concentraciones del suelo, totalizarían 5.880 por millón. Se ha estimado que las exposiciones y los riesgos por el consumo de vegetales contaminados cultivados cerca del WTI, serían 60 veces superiores a los asociados con la inhalación. No se consideraron las exposiciones y los riesgos asociados con la leche, las aves de corral, otras carnes o granos contaminados con dioxinas. En este estudio tampoco se tuvieron en cuenta otros contaminantes (Farland 1993).

En un estudio reciente se examinó la biomagnificación de bajos niveles de dioxinas presentes en el suelo en comparación con los niveles en los pollos y sus huevos. Se hallaron niveles de dioxinas y furanos en los huevos y en los tejidos de los pollos de "10 a 200 veces" superiores a las concentraciones en el suelo (Petras 1991).

En varios estudios realizados en Europa, se hallaron altos niveles de dioxinas en la leche de las vacas criadas cerca de incineradores de basura urbana o de residuos peligrosos. En los Países Bajos, se comprobó que los niveles de dioxinas en la leche de las granjas cercanas a 10 incineradores distintos eran más elevadas que la leche de otras áreas. Las concentraciones de dioxinas en la leche producida en las cercanías del incinerador eran de 4 a 19 veces superiores a la leche del "lugar tomado como referencia", y a menudo excedían el límite legal. Las mayores concentraciones se hallaron en la leche de las vacas que pastaban a casi una milla de la chimenea del incinerador (Liem 1990).

En Suiza, se ha comprobado además que la leche de las vacas que pastaban cerca de los incineradores de residuos urbanos contenían concentraciones de dioxinas de hasta 10 veces más que las encontradas en la leche de vacas criadas lejos de los incineradores (Rappe 1987). En dos granjas cercanas al incinerador de Coalite, Inglaterra, se detectó recientemente que la leche de las vacas contenía niveles extremadamente altos de dioxinas, lo que obligó al gobierno a sacarla del mercado (MAFF 1991). En las cercanías del incinerador de residuos peligrosos de Schwalbach, Alemania, se detectaron también elevados niveles de dioxinas en el suelo (Deister 1991).

En Rotterdam, Holanda, la leche y la carne producida en granjas cercanas a un complejo de incineración de basura urbana y residuos peligrosos están tan contaminadas con dioxinas que el gobierno holandés prohíbe su venta. El gobierno compra toda la leche y la carne proveniente de esas granjas; la grasa que se extrae de la leche está tan contaminada que es quemada en el incinerador de residuos peligrosos. Los granjeros notan que el rendimiento lechero en el área es mucho menor que en áreas alejadas de los incineradores (Connet 1990).

Un estudio realizado en Escocia halló altos índices de nacimientos de mellizos entre el ganado y los seres humanos en las cercanías de los incineradores de residuos peligrosos (Lloyd 1988). Los autores relacionaron este efecto con las emisiones de los incineradores de "hidrocarburos policlorados, muchos de los cuales tienen propiedades estrogénicas".

Las dioxinas, los PCBs, y otros PICs clorados tienen efectos bien documentados sobre la síntesis, el metabolismo y la actividad de las hormonas sexuales, incluyendo el estrógeno.

Estos pueden derivar en mayores nacimientos de mellizos, feminización de los jóvenes en desarrollo, infertilidad, disfunción del sistema inmunológico, desórdenes neuroconductuales y cáncer (Umbreit 1988, Mably 1992, Colborn 1991).

La acumulación de dioxinas y sus compuestos en productos agrícolas pueden tener serias implicancias sobre la salud humana. Los alimentos son efectivamente la mayor fuente de exposición de la población en general a las dioxinas, y son responsables de más del 90% del total de las exposiciones. De acuerdo a un análisis de exposición a las dioxinas por la emisión de los incineradores, beber leche de las vacas que pastan en campos cercanos a un incinerador resultaría en exposiciones 700 veces más altas que a través de la inhalación directa del aire de esas áreas (Webster 1989). Un solo vaso de leche de una vaca criada cerca de un incinerador provee la misma dosis de dioxinas que respirar durante 8 meses el aire de ese lugar (Webster 1987).

El estudio de los pollos y los huevos evidenció serios riesgos para la salud debido a la biomagnificación:

"Anteriores evaluaciones de riesgo de las dioxinas en los huevos llevadas a cabo por nuestro grupo indican que si una mujer de 60 kg (132 libras) consume un huevo por día en niveles [promedio] de dioxinas, ingerirá dos veces la Dosis de Referencia de Riesgo establecida por la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos, la cual se basa en la toxicidad reproductiva y, por una exposición a lo largo de la vida tendrá un exceso teórico del riesgo de cáncer de [1 00 a 200 por millón]". (Petras 1991).

Las dioxinas en los cultivos

Las principales fuentes de exposición de la población de EE.UU. a las dioxinas son la carne, los productos lácteos y el pescado. Sin embargo, los vegetales y los granos pueden también acumular dioxinas (ver figura 1). Las dioxinas y los compuestos relacionados pueden ingresar a los cultivos a través de la captación desde el suelo, deposición sobre las hojas y absorción de vapores de dioxinas desde el aire a la planta (McLachlan 1991)

De acuerdo a la EPA:

"Hay evidencias de que las plantas absorben la 2,3,7,8-TCDD cuando crecen en suelos contaminados, pero no se conoce con precisión la cantidad tomada por la planta o el posterior transporte dentro de la planta misma (por ejemplo, hacia porciones comestibles). Los cálculos -tomando el peor escenario (que usa el mayor valor del cociente planta-suelo presente en la literatura)- resultan en exposiciones muy altas, al menos tan elevadas como todos los otros caminos." (USEPA 1988).

Sin embargo, la deposición y absorción por aire parecerían ser más importantes que la captación desde el suelo.- Las plantas expuestas a los vapores de PCBs acumulan niveles de hasta 85.000 veces más altos que las concentraciones en el aire (ATSDR 1992c). La deposición de partículas y la absorción de vapores pueden resultar también en la acumulación de dioxinas en plantas frondosas (McLachlan 1991). En Alemania, se halló que la lechuga cultivada cerca de un incinerador de residuos peligrosos contenía elevados niveles de dioxinas y furanos (Deister 1991).

De acuerdo a la EPA, la población en general ya excede la "ingesta diaria aceptable" de dioxinas por un factor de hasta 500. La EPA ha informado recientemente que ciertos grupos, especialmente los niños en desarrollo y los pescadores, podrían ya encontrarse en alto riesgo de padecer efectos en la salud por las dioxinas (EPA 1992). La mayor parte de esta exposición proviene de los alimentos. Por lo tanto, es injustificable que se permitan emisiones

de dioxinas adicionales en cualquier lugar, pero especialmente en áreas agrícolas importantes.

METALES

Los incineradores no destruyen los metales sino que simplemente los distribuyen en el ambiente a través de las emisiones aéreas, las cenizas y los efluentes líquidos. Los metales son absolutamente persistentes: no se descomponen en el ambiente, por lo tanto las emisiones que ocurren a lo largo del tiempo dan por resultado concentraciones crecientes en el suelo. De acuerdo a un estudio:

"Los problemas debido a la contaminación en el suelo con metales aparecen esencialmente en el largo plazo ya que las sucesivas acumulaciones pueden llegar a proporciones dañinas luego de varios años. Sin embargo, una vez que los suelos han sido contaminados pueden permanecer en ese estado en forma permanente, ya que la eliminación de los metales, ya sea por lixiviación, lluvia o la eliminación en cultivos, es un proceso extremadamente lento". (Webber 1980).

Los metales pueden contaminar los cultivos a través de la absorción de los mismos desde el suelo o la deposición desde el aire. Algunos metales, como el cromo y el cobre son tomados solamente por las plantas en niveles limitados. Otros, incluyendo el cadmio y el zinc pueden concentrarse en los tejidos de las plantas en niveles mayores que los del suelo. (Alloway 1990a).

Los resultados pueden incluir contaminación de los alimentos y efectos directos en la salud de los cultivos y el ganado. Un informe británico resumió lo siguiente:

"La acumulación de metales pesados a través de la cadena alimentaria suelo-planta-herbívoro-carnívoro, permitiendo la intensificación de sus concentraciones y efectos, está bien documentada... Los elementos cadmio, cobre y zinc representan un peligro potencial para la cadena alimentaria a través de la acumulación en las plantas... La contaminación por metales puede, a través de la acumulación en la cadena alimentaria, causar niveles muy elevados de ciertos metales en algunos animales, y en consecuencia, efectos tóxicos. Aunque la acumulación de metales en la cadena alimentaria puede no causar en sí misma la muerte o el daño de un organismo individual, sí puede causar una reducción en el potencial de reproducción de una población. La contaminación por metales en los ecosistemas agrícolas puede causar una reducción en la productividad secundaria, pero las conclusiones se ven complicadas a causa de la naturaleza extremadamente compleja de las interacciones entre los metales dentro de los organismos ..."

"El nivel trófico más elevado de muchos ecosistemas terrestres es el hombre; la progresiva acumulación de metales en esos ecosistemas podría amenazar el bienestar del hombre, manifestado directamente a través del incremento en las concentraciones de metales en sus alimentos; o indirectamente a través de la degradación de la calidad de su ambiente" (Martin 1980).

En Alemania se hallaron altos niveles de plomo y cadmio en el suelo y la lechuga de las áreas cercanas a un incinerador de residuos peligrosos (Deister 1991).

Los metales pueden causar un daño directo a los cultivos y al ganado, o pueden contaminar los alimentos provocando exposiciones mayores de los seres humanos a los metales. De acuerdo con un informe reciente, los metales pueden causar diversos problemas, incluyendo daños metabólicos y reducción del rendimiento en los cultivos agrícolas (ver tabla 2). Los

metales con mayores probabilidades de provocar toxicidad en las plantas son el mercurio, el plomo, el cadmio, el níquel y el cobre (Alloway 1990a).

Tabla 2: Efectos tóxicos de algunos metales pesados sobre las plantas

EFECTO	METAL
- Cambio en la permeabilidad de la membrana celular.	- Cadmio, mercurio, plomo, cobre, uranio.
- Competencia por sitios metabólicos.	- Arsénico, selenio.
- Cambios en el metabolismo del fosfato	- Aluminio, berilio, "posiblemente todos los metales pesados".
- Reacciones de los grupos sulfhidrilos con cationes.	- Mercurio, plomo.

Cadmio

Antes del siglo XX no existía la contaminación en gran escala provocada por la presencia de cadmio, cosa que sí se viene produciendo en forma creciente y rápida en las últimas décadas (Alloway 1990b). La captación de cadmio desde el suelo hacia una variedad de cultivos ha sido bien documentada, y el cadmio se "trasloca a la parte superior de la planta luego de su absorción a través de las raíces" (Alloway 1990b). En una gran variedad de plantas, las concentraciones de cadmio en las partes comestibles de las mismas, aumentan en proporción directa a las concentraciones de cadmio en el suelo (ver figura 2). La tasa de captación es mayor en las hojas, seguido por los frutos y luego las semillas (Page 1980). De acuerdo con el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos:

"Los datos indican que el cadmio se bioacumula en todos los niveles de la cadena alimentaria. Se ha observado acumulación de cadmio en el pasto y cultivos alimenticios, en gusanos, aves de corral, ganado, caballos y animales silvestres... La absorción del cadmio desde el suelo por parte de los cultivos puede resultar en altos niveles de cadmio en carne vacuna y de aves" (ATSDR 1992a).

Los alimentos son responsables de más del 90% de la exposición al cadmio de la población en general, "excepto en los lugares cercanos a industrias o incineradores que emiten cadmio, en donde la exposición al cadmio a través del agua o el aire" es importante (ATSDR 1992a). La exposición al cadmio por tiempos prolongados puede causar cáncer, enfermedades renales, disfunción neurológica, disminución de la fertilidad, cambios en el sistema inmunológico y malformaciones congénitas (ATSDR 1992a). De acuerdo a un informe:

"Aunque la toxicidad aguda provocada por el cadmio es poco frecuente, la exposición crónica a elevados niveles de cadmio en los alimentos podría aumentar significativamente la acumulación del mismo en ciertos órganos del cuerpo. Dado que los efectos perjudiciales de la exposición a niveles bajos de cadmio tarda mucho tiempo en manifestarse, es difícil establecer los niveles umbrales que definan la ingesta diaria máxima de cadmio que sería segura" (Page 1980).

Un informe más reciente reflejaba esta preocupación diciendo que "aún concentraciones levemente elevadas en los alimentos pueden tener un efecto importante en el largo plazo" (Alloway 1990b). Ese informe lo resumía así:

"En vista de los peligros de la acumulación crónica de cadmio en el cuerpo humano, los factores que pueden influenciar su concentración en los componentes de la dieta son de gran

importancia. Como las concentraciones de metales en los suelos no contaminados son por lo general bajas, las fuentes de contaminación y el comportamiento del cadmio en los suelos contaminados constituirán la principal preocupación. Éste es obviamente un problema a largo plazo si consideramos que la vida media estimada del cadmio en los suelos es de entre 15 y 100 años, y es necesario prevenir y minimizar la contaminación cada vez que sea posible" (Alloway 1990b).

La contaminación con cadmio reduce el rendimiento de algunas plantas. Al producirse un aumento en los niveles de cadmio en los suelos de 50 ppm, el rendimiento del trigo declinaba en un 25%, y se observaban pérdidas aún mayores en la productividad cuando el nivel de cadmio aumentaba (Page 1980).

Plomo

Las emisiones de plomo provenientes de los incineradores pueden tener también efectos importantes en la agricultura. La deposición directa del plomo sobre las plantas y la ingestión de plomo del suelo realizada por el ganado son generalmente más importantes que la captación de plomo desde los suelos a las plantas. Sin embargo, la captación puede ocurrir: De acuerdo a un estudio, "se ha demostrado el traspaso del plomo a las plantas superiores a través de las raíces, pero no a través de las partículas de plomo depositadas en la superficie de las hojas" (Koeppel 1980). Estudios más recientes confirmaron la captación de plomo a través del suelo (ATDSR 1992b). De acuerdo a un estudio británico, en términos generales, existe una relación positiva entre la concentración de plomo en el suelo y la concentración en las plantas" (Davies 1990).

Al igual que ocurre con el cadmio, el efecto de la contaminación del suelo por plomo es esencialmente permanente: según un estudio, "el plomo y sus compuestos tienden a acumularse en los suelos y los sedimentos donde, debido a su baja solubilidad y relativa libertad de la degradación microbiana, permanecerán accesibles para la cadena alimentaria y el metabolismo humano por mucho tiempo" (Davies 1990).

La deposición de plomo en las plantas y en los suelos puede resultar en exposiciones importantes para el ganado y los seres humanos. Los alimentos son por lejos la principal vía de exposición de la población en general al plomo, y entre ellos los más importantes son las frutas y los granos (ATDSR 1992b). De acuerdo al Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, "las frutas, los vegetales y los granos pueden contener niveles de plomo superiores a los niveles de fondo, como resultado de la deposición directa del plomo en las superficies de las plantas y la absorción del mismo a través del suelo" (ATDSR 1992 B) (ver figura 3).

Un estudio confirmó que no es necesaria la captación de plomo en las plantas para que ocurran los impactos en el ganado, ya que "donde la tierra está contaminada con cobre, arsénico y plomo... el ganado puede ingerir hasta 10 veces más de estos elementos del suelo que de los pastos" (Thomton 1980). Allí se citaba un estudio realizado por el gobierno británico que descubrió que "los niveles de plomo en la sangre de los animales de pastoreo reflejaban claramente la existencia de este metal en el suelo" (Thomton 1980).

Los impactos negativos de las emisiones de plomo en el ganado han sido demostrados en numerosos estudios. El Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos afirma que las mayores concentraciones de plomo se encuentran en los organismos acuáticos y terrestres que viven cerca de las principales fuentes de plomo (ATDSR 1992b). De acuerdo a un estudio acerca de los impactos agrícolas producidos por el plomo:

"Como resultado de la contaminación localizada, niveles elevados de plomo están siendo asociados con las raíces y el follaje de las plantas... Posiblemente el efecto más importante

del plomo asociado con el follaje está en las cadenas alimentarias, donde las plantas actúan como transmisores pasivos de plomo... El rol más significativo de las plantas -con plomo- en el ecosistema reside en aquellas ubicaciones en la cadena alimentaria en donde la capa de plomo de las partes superiores es ingerida por herbívoros que se encuentran pastando en esas plantas. La relevancia potencial de este problema está sustentada por las muertes de caballos que pastan en áreas contaminadas con plomo que están al costado de las carreteras" (Koeppel 1980).

Un informe británico contenía hallazgos similares: "los problemas agrícolas que se detectan en estas áreas mineras y de fundición están siempre relacionados con la salud del ganado". Entre los problemas que se informaron con mayor frecuencia se encontraba la reproducción deficiente del ganado, relacionada con la contaminación de suelos y pastos con plomo (Webber 1980).

Se ha registrado un porcentaje extremadamente alto de abortos espontáneos entre los caballos pura sangre que crecían en las cercanías de un horno mineral que quemaba residuos peligrosos en Florida. Se detectaron altos niveles de plomo en la sangre de las hembras que abortaban y en los riñones de un potrillo que murió poco después de nacer. El heno, el suelo y el aire cercanos al incinerador en la dirección del viento, tenían también elevadas concentraciones de plomo, por encima de los niveles de referencia. Por supuesto, no se puede atribuir la presencia de plomo en el ambiente y en los caballos solamente al incinerador. (FDACS 1991).

Otros metales

Se han hallado otros metales que se acumulan en las plantas y que afectan la productividad, aunque hay menos información acerca de ellos. El selenio y el arsénico están presentes en el suelo, aunque el primero muestra un mayor nivel de captación. El selenio es también fácilmente, absorbido por las plantas a través del aire (Peterson 1980). "Se ha demostrado que muchas plantas concentran selenio en niveles superiores a los presentes inicialmente en el medio externo, aunque el grado de concentración depende de la forma del selenio suministrado y de las especies bajo investigación" (Peterson 1980).

Debido a su toxicidad, el arsénico es también un importante contaminador de cultivos, aunque es absorbido por las plantas en concentraciones menores a la de sus suelos (O'Neill 1990). La captación de arsénico es mayor en las raíces, que las semillas y los frutos. En algunos casos, niveles de arsénico tan bajos como 0,7 ppm pueden reducir el rendimiento de los cultivos en un 50% (Peterson 1980). Para el ganado, la ingestión de arsénico directamente del suelo corresponde a un 60-75 % de la exposición total al arsénico (O'Neill 1990).

La captación de mercurio es comparativamente lenta. Sin embargo, el mercurio en el aire puede ser un problema más serio, ya que el mercurio aplicado a las porciones superiores de las plantas se trasloca fácilmente a otras partes: " Se puede aceptar que la captación del mercurio del aire por el follaje juega un papel importante" (Steinnes 1990). El mercurio es uno de los elementos más tóxicos que se conocen y en dosis muy bajas puede causar malformaciones congénitas y disfunciones neurológicas. (ATSDR 1989a).

También se ha demostrado la captación de zinc desde el suelo a organismos terrestres, con concentraciones en las plantas, invertebrados y mamíferos que totalizan aproximadamente 40, 80 y 60 por ciento de las concentraciones en el suelo, respectivamente. En dosis suficientes, el zinc causa disfunción en el sistema inmunológico y metabólico (ATSDR 1989 b).

OTROS PICs

Como se observó anteriormente, resumir los efectos en la agricultura de los miles de PICs conocidos y no conocidos está fuera del alcance de este documento. Es probable que los PICs volátiles y semivolátiles -muchos de los cuales clorados o no son solubles en grasas- sean depositados o absorbidos por las plantas o el ganado. Se sabe que muchos de ellos tienen efectos significativos en la salud. La siguiente discusión se concentrará en un determinado grupo de PICs semivolátiles: los hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAHs).

Los PAHs emitidos por los incineradores pueden acumularse también en los cultivos. Son una clase de moléculas derivadas del benceno, bastante persistentes y complejas, que incluye al benzo-a-pireno, que son emitidos a través de todos los dispositivos de combustión como PICs. Los PAHs son reconocidos como carcinógenos, pero también pueden causar malformaciones congénitas, infertilidad y supresión inmunológica (ATDSR 1990).

Los PAHs pueden ser absorbidos desde los suelos a las plantas y, como otras emisiones de los incineradores, ser depositados en los cultivos a través de las partículas aéreas. De acuerdo al Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos, los porcentajes de captación por parte de las plantas dependen del PAH específico, las condiciones del suelo y el tipo de planta; pero se han documentado los factores de bioconcentración de 0,33, correspondientes al benzo-a-pireno. Lo que es más significativo es que aproximadamente del 30 al 70 % de los PAHs totales hallados en el aire y depositados en un bosque fueron absorbidos por el follaje (ATDSR 1990).

"Los PAHs pueden acumularse en animales terrestres a través de la cadena alimentaria o por ingestión de tierra. ... Se han detectados PAHs en cereales no procesados, papas, granos, harina, frutas y otros vegetales de consumo humano" (ATDSR 1990). Se ha descubierto además que se acumulan en las cebollas, remolachas y tomates cultivados en ambientes contaminados y se estimaron factores de bioconcentración de hasta 0, 1 0.

Los alimentos son responsables del 90% de la exposición de la población en general a los PAHs (ATDSR 1990). "Los vegetales y las frutas cultivadas en un ambiente contaminado pueden contener concentraciones de PAHs más altas que las cultivadas en ambientes no contaminados", según el Servicio de Salud Pública (ATDSR 1990).

IMPACTOS PRODUCIDOS POR MEZCLAS QUÍMICAS DESCONOCIDAS

Los problemas agrícolas donde existen incineradores no pueden ser atribuidos a menudo a compuestos individuales o a grupos de compuestos. En los Países Bajos y Escocia, se relacionaron los efectos sobre la reproducción del ganado específicamente con las dioxinas y otros PICs clorados. En Florida se relacionó la mortalidad de caballos en las cercanías de un incinerador de residuos peligrosos con los elevados niveles de plomo en la sangre.

Pero en otros casos, no se puede identificar separadamente la contribución de un compuesto específico.

En Irlanda se documentó un caso -muy difundido- de efectos severos sobre el ganado criado cerca de un incinerador de residuos peligrosos. Según un informe, John Hanrahan, un granjero irlandés "perdió más de 220 animales de su ganado por las emisiones tóxicas de un incinerador de la fábrica de Merck, Sharp & Dohme ubicada cerca de sus tierras" (Derry 1991). El ganado sufrió otros problemas como abortos espontáneos, nacimiento de crías con malformaciones, baja en el rendimiento lechero y una estimación de un 20 % de gestación múltiple (Harkin 1991). La Corte Suprema irlandesa falló en favor del Sr. Hanrahan, y obligó a Merck a pagar por daños por un valor que no se ha determinado todavía.

Mary McCastle, una vecina de un incinerador de residuos peligrosos propiedad de Servicios Ambientales Rollins en Alsen, Louisiana, dijo lo siguiente:

"No sabíamos lo que quemaban en ese incinerador, pero sabíamos que nos estaba enfermando... Sabíamos que no podríamos tener más hermosos jardines... Vivíamos de esta granja, cultivábamos habas, arvejas... Teníamos todo... Y no sólo la familia McCastle. Toda la comunidad de Alsen vivía de sus hermosas huertas. Lo único que tendríamos que comprar sería la carne. Criábamos cerdos hasta que llegó Rollins. Nadie podía comer la carne. Los cerdos comenzaron a morir. Los pollos comenzaron a morir. No sabíamos qué sucedía. Más tarde descubrimos que Rollins estaba quemando residuos peligrosos" (McCastle 1987).

Estos efectos fueron luego corroborados por un informe sobre la salud de la población realizado en el área. El mismo demostró una inusual incidencia de cáncer, enfermedades respiratorias y dolores de cabeza (Sanjour 1991). Por supuesto, aún no ha sido probada la relación causa- efecto.

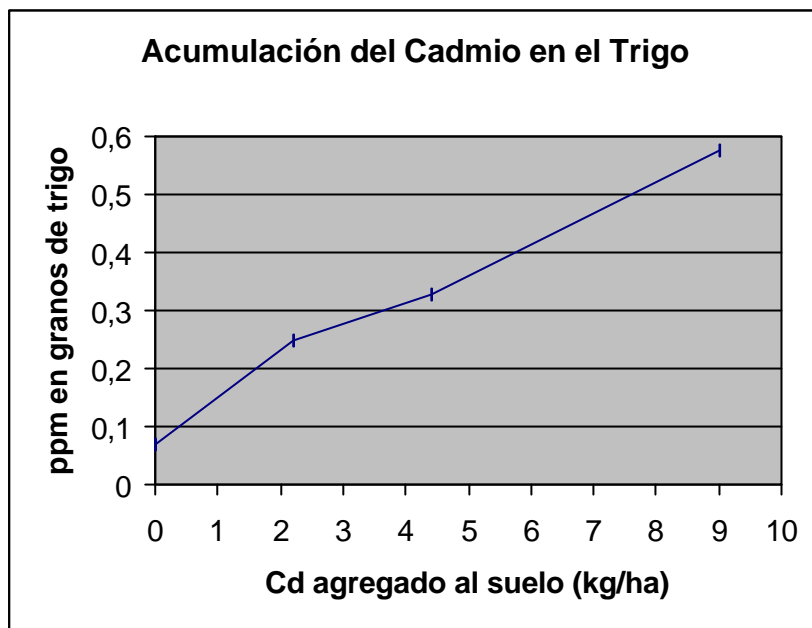


Figura 2
Fuente: Page 1980

FUENTES DE EXPOSICIÓN AL PLOMO ADULTO MEDIO NORTEAMERICANO

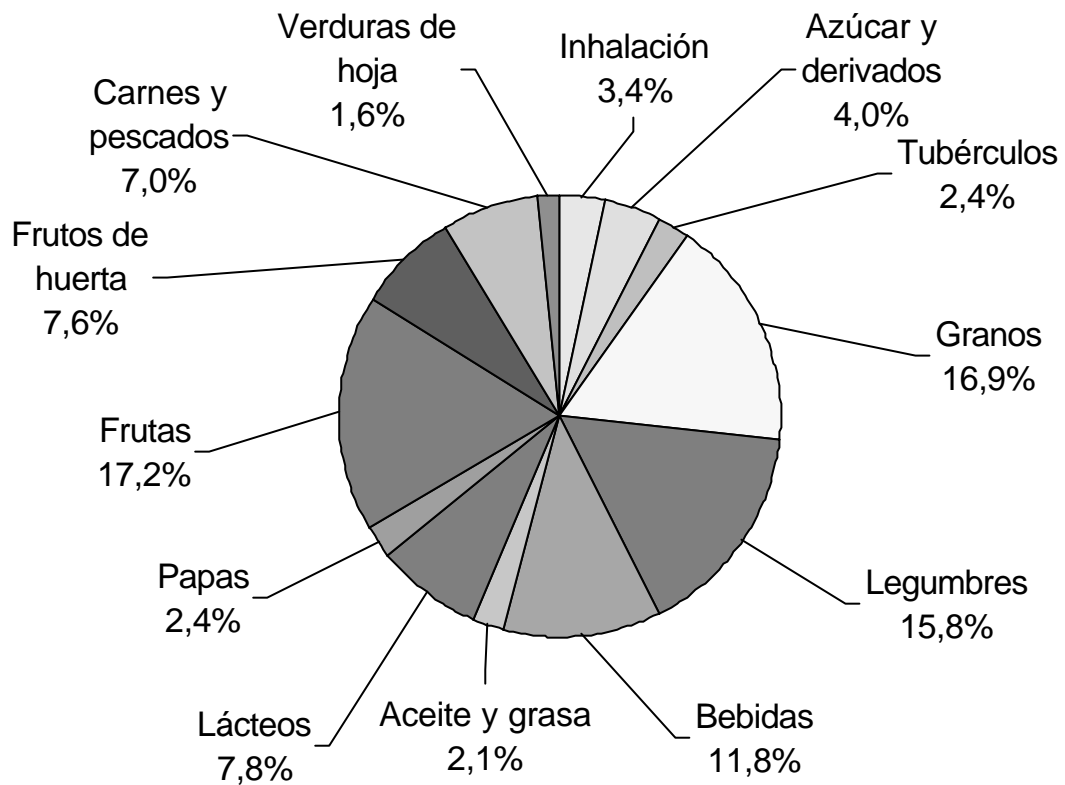


Figura 3

Fuente: U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry 1992.

REFERENCIAS

Alloway, B. (1990a) "Soil process and the behaviour of metals". Heavy Metals in Soils. B. Alloway, ed. London: Blackie Press.

Alloway, B. (1990b) "Cadmium". Heavy Metals in Soils. B. Alloway, ed. London: Blackie Press.

(ATSDR 1989a) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Mercury. Washington DC: U.S. Public Health Service.

(ATSDR 1989b) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Zinc. Washington DC: U.S. Public Health Service.

(ATSDR 1990) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Washington DC: U.S. Public Health Service.

(ATSDR 1992a) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Cadmium. Washington DC: U.S. Public Health Service.

(ATSDR 1992b) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Lead. Washington DC: U.S. Public Health Service, 1992.

(ATSDR 1992c) Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for PBCS. Washington DC: U.S. Public Health Service, 1992.

Beck, H., K. Eckart, W. Mathar, and R. Wittkowski (1989). "PCDD and PCDF body burden from food intake in the Federal Republic of Germany". Chemosphere 18:117-121

Birmingham, B., Gilman, D. Grant, J. Salminen, M. Boddington, B. Thorpe, I. Wile, P. Toft, and W. Armstrong (1989). "PCDDPCDF multimedia exposure analysis for the Canadian population: detailed exposure estimation." Chemosphere 29:637-642.

Colborn, T., et al (1991) "Statement from the Work Session on Chemically Induced Alterations in Sexual Development: The Wildlife/Human Connection." July 26-28, 1991. Racine, WI

Connett, P. (1990). "Rotterdam, Holland" Waste Not #120. 11 October 1990. Work on Waste, 82 Judson St. Canton, NY 13617.

Davies, B. (1990) "Lead." Heavy Metals in Soils. B. Alloway, ed. London: Blackie Press.

Deister, U., and R. Pommer (1991). "Distribution of PCDD/F in the vicinity of the hazardous waste incinerator at Schwabach." Chemosphere 23:1613-1651.

(Derry 1991). "Safe Incineration A Myth, Claims Greenpeace." Derry Journal, 11 June 1991.

Fadand, W. (1993). WTI Screening Level Analysis. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. February 8, 1993.

(FDACS 1991) "Results of Examination" and "Results of Analysis" for samples of soil, tissues and fluids near Mid-Florida Mining. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Animal Industry, Kissimmee Diagnostic Laboratory, Kissimmee, FL. March 1990. Available from Greenpeace.

Harkin, G. (1991) "World Under Siege: Green Issues." Sunday News (Ireland), 16 June 1991, p.12.

Hughes, M. (1980) "Cycling of Trace Metals in Ecosystems." Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 2: Metals in the Environment, N.Lepp, ed. London: Applied Science Publisher-s.

(IJC 1991). 1991 Report of the Science Advisory Board to the International Joint Commission. International Joint Commission in the Great Lakes, Windsor, ON.

Koeppel, D. (1980) "Lead: Understanding the Minimal Toxicity of Lead in Plants." Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 1: Effects of Trace Metals on Plant Function, N. Lepp, ed. London: Applied Science Publishers.

Liem, A.,R. Hoogerbrugge, P. Kootstra, A. de Jong, A. Marsman, A. den Boer, R. den Hartog, G. Groenemeijer and H. van Kioester (1990). " Levels and patterns of dioxins in cows milk in the vicinity of municipal incinerators and metal reclamation plants." Organohalogen Compounds 1, ed. O.Huitzinger. Bayreuth: Ecoinforma Press, 1990.

Lloyd, O., M. Lloyd, F. Williams and A. Lawson (1988). Twinning in human populations and in cattle exposed to air pollution from and incinerator". British Journal of Medicine 15:556560.

Mably, T., R.W. Moore, and R.E. Peterson (1992). "In Utero and Lactational Exposure of Male Rats to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, 2. Effects on Androgenic Status," Toxicology and Applied Pharmacology 11 1: 97-107.

McCastle, M. (1987). Testimony of Mary McCatle in Hazardous Waste Incinerators. Fact sheet, Greenpeace USA, Washington D.C.

McLachlan, M., and O. Huitzinger (1990). "Accumulation of Organochlorine Compounds in Agricultural Food Chains". Organohalogen Compounds 1, ed. O. Huitzinger. Bayreuth, Ecoinforma Press, 1990.

(MAFF 1991). "Dioxins in Milk", and "Survey of Dioxin Levels in Milk from Derbyshire". Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. London, June 1991. See also, "Study Confirms dioxin pollution by Coalite Incinerator". ENDS Report 203, December 1991; and "Dioxin Contamination in Milk Puts Spotlight on Coalite", ENDS Report 198, July 1991; "Warning over Milk Poisoning at Urban Farms, "Daily Telegraph, 8 August 1990, P. 12. All available from Greenpeace.

Martin, M, and P. Coughtrey (1980). "Impact of Metals on Ecosystem Function and Productivity". Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 2: Metals in the Environment. N.Lepp, ed. London: Applied Science Publishers.

O'Neill, P. "Arsenic". (1990) "Cadmium". Heavy Metals in Soils. B. Alloway, ed. London: Blackie Press.

Page, A., F. Bingham and A. Chang (1980). "Cadmium". Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 1: Effects of Trace Metals on Plant Function. N. Lepp, ed. London: Applied Science Publishers.

Peterson, P., and C. Girling (1980). "Other Trace Metals". Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 1: Effects of Trace Metals on Plant Function, N. Lepp, ed. London: Applied Science Publishers.

Peterson, P., L. Benson, and R. Zieve (1980). "Metalloids". Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 1: Effects of Trace Metals on Plant Function, N. Lepp, ed. London: Applied Science Publishers.

Petras, M., L. Goldman, D. Hayward, R. Chang, J. Flattery, T. Wiesmuller and R. Stephens (1991). "Biotransfer and bioaccumulation of PCDD/PCDFs from soil: controlled exposure studies of chickens". Chemosphere 23:1731-1741.

Rappe, C., M.; Nygren and G. Lindstrom (1987). "Polychlorinated dibenzofurans and dibenzo-p-dioxins and other chlorinated contaminants in cow milk from various locations in Switzerland". Environmental Science and Technology 21:964-970.

Sanjour, W. (1990) Memo and enclosures to M. Woodall. U.S. EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, 10 May 1990. Reprinted in Waste Not #113, July 26, 1990.

Stein, D., and J. Lowe (1990). Health risk assessment: increased liquid waste fuel firing in the Lebec cement kiln, volumes I and II. EBASCO Environmental with Dames & Moore; prepared for National Cement Company, Lebec, California; Revised April 1990.

Steinnes, E. (1990) "Mercury". Heavy Metals in Soils. B. Alloway, ed. London: Blackie Press.

(UKDOE 1989). UK Department of the Environment. Dioxins in the Environment: Pollution Paper #27. London.

Umbreit, T.H. and M.A. Gallo (1988). "Physiological implications of estrogen receptor modulation by 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin". Toxicology Letters 4:5-14.

(USEPA 1987) U.S. Environmental Protection Agency. National Dioxin Study Tier 4 - Combustion Sources: Engineering Analysis Report. Office of Air Quality Planning and Standards, Washington, DC. EPA.

(USEPA 1988) U.S. Environmental Protection Agency. Estimating Exposure to 2,3,7,8TCDD. External Review Draft. Office of Research and Development. Washington, DC. EPA/600-88/005a.

(USEPA 1989) U.S. Environmental Protection Agency. Background Document for the Development of PIC Regulations From Hazardous Waste Incinerators, Draft Final Report. Office of Solid Waste, Washington, D.C., October 1989.

(USEPA 1990) United States Environmental Protection Agency. "Standards for Owners and Operators of Hazardous Waste Incinerators and Burning of Hazardous Waste in Boilers and Industrial Furnaces; Proposed and Supplemental Proposed Rule, Technical Corrections, and Request for Comments". 55 Federal Register 82 April 27, 1990.

(USEPA 1991) U.S. EPA Office of Solid Waste, Background Document for Capacity Analysis for Newly Listed Wastes and Contaminated Debris to Support 40 CFR 268 Land Disposal Restrictions (Proposed Rule): Capacity Analysis Document 1. December 1991, CD2P-SO.

(USEPA 1992) U.S. Environmental Protection Agency. "EPA's Scientific Reassessment of Dioxin: A Status Briefing for the Deputy Administrator". Washington DC: Office of Research and Development, February 1992. Available from Greenpeace.

Webber, J. "Trace Metals in Agriculture". Impact of Heavy Metal Pollution on Plants. Volume 2: Metals in the Environment, N. Lepp, ed. London: Applied Science Publishers, 1980.

Webster, T., and P. Connett (1987). "An estimation of the relative human exposure to 2,3,7,8-TCDD emissions via inhalation and ingestion of cow's milk". Chemosphere 16:2079-2084.

Webster, T., and P. Connett (1989). "Cumulative impact of incineration on agriculture: a screening procedure for calculating population risk". Chemosphere 1989:597-602.

(WM 1990) "Brussels should outlaw siting incinerators near food processing plant, says industry group". Waste Management, July 1991.

