

9. LA PROBLEMÁTICA ECOLÓGICA EN TORNO A LA INCINERACIÓN DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Introducción.

El debate actual sobre las diferentes propuestas de tratamiento o eliminación de los volúmenes crecientes de residuos generados por las sociedades occidentales de consumo (la llamada crisis de la basura), sube de tono cuando se plantea la incineración como posible solución. Es precisamente la ofensiva de los grupos industriales proclives a tal propuesta, la que está haciendo que numerosos Ayuntamientos en el Estado español hayan decidido (generalmente sin el debate público y la consulta ciudadana) la implantación de incineradoras de residuos sólidos urbanos. Muchas veces los colores políticos de los Ayuntamientos no son significativos, pues nos encontramos municipios de casi todos los partidos que han implantado o propugnan implantar las incineradoras: Madrid, Palma de Mallorca (PP), Barcelona, Mataró, Reus (PSOE), Bilbao (PNV), Tarragona (CiU). El debate es internacional pues se plantea en casi todos los países occidentales y son numerosos los proyectos que han sido rechazados por la contestación popular. El presente texto es una crítica de la incineración y alerta de los peligros para la salud y el medio ambiente que tal práctica comporta.

1.- Planteamiento del problema:

La incineración como “solución” del problema de los residuos sólidos urbanos.

Superficialmente la incineración aparenta ser una solución efectiva para las basuras y sus defensores utilizan una amplia retahíla de argumentos que pueden convencer a los Ayuntamientos que buscan alternativas a los vertederos:

- * La incineración reduce el volumen del material a verter. Las reducciones oscilan alrededor del 75% en peso (4 kg se reducen a 1 kg) y 90% en volumen (10 m³ se reducen a 1 m³).
- * No cierra la puerta a otras formas de tratamiento como el compostaje, el cual elimina del flujo de residuos los materiales con menor poder calorífico, pero se la cierra al reciclaje de otros materiales con alto poder calorífico (papel, cartón, plásticos)
- * Se destruye la mayor parte de la materia orgánica, que cuando es vertida genera metano y lixiviaciones, además de males olores y plagas. Así pues prolonga la vida de los actuales vertederos y retrasa la elección de nuevos emplazamientos.
- * Las modernas incineradoras equipadas con nuevos filtros para las emisiones atmosféricas emiten mucha menos polución que las antiguas. Son un avance tecnológico sin ningún riesgo, que proporciona una imagen de modernidad al gobierno que elige esta opción.
- * Las incineradoras no suponen un cambio en las pautas de conducta de los consumidores, productores y servicio de recogida de basuras, que funcionaban cuando el destino final era el vertedero, por lo que los municipios no deben cambiar los hábitos de la gente, ni reorganizar las infraestructuras locales.
- * Los residuos tóxicos se concentran en la ceniza, con mayor homogeneidad que en la basura anterior y por tanto son mucho más fáciles de tratar.
- * Las modernas incineradoras producen energía en forma de vapor y electricidad, cuya venta puede compensar los costes de funcionamiento.

- * No perjudica los intereses de otras actividades económicas directamente relacionadas con la producción de basuras (envases, papel, plásticos), pues hace “desaparecer” grandes cantidades de materias primas que podrían producir alteraciones indeseables en el mercado.
- * La inversión cuenta con apoyos públicos y se puede obtener financiación estatal y de la Unión Europea (Fondos Feder, etc).
- * Otros países industrializados de nuestro entorno optaron en el pasado por la incineración. No importa cuáles sean las tendencias actuales ni la valoración actual que se haga de las consecuencias de aquella decisión. Esos países resolvieron su problema en su momento.

Frente a estos argumentos se pueden levantar los correspondientes contraargumentos que después los justificaremos a través de todo el texto:

- + Las incineradoras no evitan la necesidad del vertedero, pues las cenizas y escorias deben verterse, con la desventaja de que las cenizas contienen más sustancias tóxicas que los residuos de partida y deberían verterse en depósitos de seguridad.
- + Las reducciones en peso de la basura que se incinera no alcanza el 50% debido a la existencia de desechos que por su volumen no entra en la incineradora o debido a los paros por mantenimiento y averías.
- + Añaden un nuevo coste a la gestión de residuos, sin crear ningún valor añadido. No reducen los actuales costes de tratamiento, recogida y vertido, sino que los aumenta.
- + La energía que se pueda recuperar siempre es menor que la que se habría ahorrado si se reutilizasen y reciclasen los materiales que componen las basuras. La reutilización de los envases duraderos y no desechables pueden ahorrar aún más energía.
- + Es incompatible con un programa de recogida selectiva y de reciclaje intensivo, pues esto disminuiría la materia prima para la incineración.
- + Requiere grandes inversiones y el mantenimiento es caro. Es más barata la implantación de programas de recogida selectiva y educación ambiental.
- + Crean pocos puestos de trabajo comparado con los que se crearían con programas de reutilización, recogida selectiva y reciclaje.
- + No se corresponde con las enseñanzas extraídas de los problemas que ha causado el funcionamiento de las incineradoras en otros países que han adoptado esa tecnología. No se aprende de los errores ajenos para no caer en ellos de nuevo.
- + Es incompatible con una política ambiental de sostenibilidad, de protección de la atmósfera y aprovechamiento racional de los recursos.

Intereses económicos en juego y “ventajas” de la incineración

Teniendo en cuenta que una planta incineradora de residuos sólidos urbanos tiene un coste de varios miles de millones de pesetas y que tiene unos altos costes de mantenimiento, no es difícil imaginar las presiones que algunas empresas están dispuestas a ejercer para que las mismas se construyan.

Varios sectores económicos tienen claros intereses en promover la incineración. Las grandes empresas constructoras y de bienes de equipo obtienen beneficio económico directo en la construcción de estas plantas. Además hay que añadirles las empresas de ingeniería, que hacen el proyecto y diseñan la planta. Las empresas que van a comercializar la venta de la energía eléctrica producida, así como las empresas encargadas de la gestión de los residuos urbanos (generalmente relacionadas con grandes constructoras) también ven negocio en la incineración. La incineración es la salida más fácil para las empresas fabricantes de envases y embalajes no retornables ni reciclables (industrias plásticas y Tetra Pak - fabricante del Tetra brik).

Tabla nº 1. Sectores económicos y empresas con intereses en la incineración de residuos

Bienes de equipo	Empresas Energéticas	Empresas constructoras	Industrias químicas del cloro, plásticos, PVC y embalajes
Babcock Wilcox Asean Brown Bovery (ABB) Ogden Martin	GESA Iberdrola	Dragados y Construcciones Ferrovial	AISCONDEL ELF-ATOCHEM
Siemens Foster Wheeler ABT GSB	Sevillana de Electricidad	Fomento de Construcciones y Contratas Cubiertas y MZOV	SOLVAY BASF HOECHST DOW REPSOL TETRA PAK

Representantes de las principales empresas mencionadas, periodistas y políticos han constituido el Club Español de los Residuos. Su principal finalidad es impulsar la gestión adecuada de los residuos, incluyendo la recuperación energética mediante la incineración. Así mismo se ha organizado una asociación de Alcaldes de ciudades europeas por la incineración que hace propaganda de este tratamiento. Recientemente se han reunido en Bilbao en un encuentro organizado por el Club de los Residuos y han defendido la necesidad de la incineración para al menos el 50% de los residuos urbanos¹.

Otro sector que ha demostrado estar interesado en la incineración es el de la distribución y comercio. Las principales firmas que promueven las grandes superficies (Alcampo, Pryca, El Corte Inglés, etc) se han agrupado en ASODECO (Asociación por el eco-embalaje) y promueven tal objetivo. Hay que recordar que una fracción importante del volumen total de los residuos sólidos urbanos lo forman los embalajes y que la incineración aparentemente los hace “desaparecer”. Cualquier otra alternativa (minimización, reutilización, reciclaje) es vista por las grandes superficies como problemática y perjudicial a sus intereses.

Especial apoyo han prestado a la incineración dos organismos públicos: El CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) que hasta 1987 era la Junta de Energía Nuclear. El IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía) supuestamente dedicado a la promoción del ahorro energético y de energías renovables².

Estos organismo públicos se han convertido en los principales promotores de la incineración de residuos urbanos, subvencionando y participando directamente en la construcción de incineradoras (Mataró y Tarragona). Este comportamiento es acorde con la inclusión del Gobierno en 1989 en el Plan de Energías Renovables (PER) de la generación de energía eléctrica a partir de instalaciones de incineración de basuras. Así mismo en el Plan Energético Nacional aprobado en 1991 para la década 1991-2000 se preveía la instalación de 239 Megavatios de potencia eléctrica en plantas incineradoras con recuperación energética y una inversión de 80.000 millones de ptas.

¹ EL PAÍS 15 de febrero 1996.

² Se puede ver un encendido elogio a la incineración en “La incineración como parte del sistema integral de tratamiento de residuos sólidos urbanos”. Francisco Serrano Martínez, Director del IDAE. Estratos nº 26, 1993.

2.- Descripción de la incineración.

2.1. Definición y procesos físico-químicos.

La incineración es un proceso de combustión controlada, en el que los residuos son el combustible necesario y el oxígeno del aire actúa como comburente. Es una descomposición térmica mediante oxidación, en la que el contenido energético de los residuos es liberado en forma de calor, que automantiene dicha reacción y con la consiguiente formación de subproductos de combustión, como son los gases y materiales sólidos como escorias y cenizas volantes.

En la combustión del sólido se desarrollan una compleja serie de reacciones químicas y transformaciones físicas (cambios de estado) como la vaporización del agua y el calentamiento del sólido hasta iniciar su fase de volatilización.

La fase de volatilización depende de la composición del sólido, la temperatura y la cantidad de oxígeno disponible y se puede llevar a cabo de dos formas distintas:

- v Pirólisis: Se produce en ausencia de oxígeno y a temperaturas entre 250°C y 350°C. El resultado es la formación de gases como monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, metano CH₄ y un sólido carbonizado con alto contenido en carbono. La pirólisis se ve favorecida por el pequeño tamaño de las partículas del combustible, así como por los cambios bruscos de temperatura. A veces en algunos tratamientos se busca precisamente este proceso y se obtienen gases susceptibles de ser aprovechados como combustible y queda un residuo sólido susceptible de ser incinerado o vertido³.
- v Fusión y ebullición, o sublimación: Cambios de estado hasta la fase gaseosa. Es en la fase gaseosa donde tiene lugar la formación de radicales libres, que son fundamentales para el desarrollo de las reacciones donde se desprende realmente la energía.

2.2. Descripción de una instalación de incineración.

Los componentes de un incinerador son:

a) Pretratamiento y alimentación del residuo

Los residuos antes de pasar al horno pueden precisar de alguna clase de preparación. Los sólidos pueden ser triturados para controlar el tamaño de la partícula o bien aglomerados en briquetas para garantizar la continuidad de la carga del horno.

b) **Cámara de combustión.** Existe una amplia variedad de tecnologías de incineración. En cada una hay un conjunto de elementos (alimentación de aire, de residuos, refrigeración, combustible auxiliar, enfriamiento de gases y depuración de gases) diferente. El horno es la unidad principal.

Hay diversas clases de hornos que pasamos a describir:

- **Horno de parrillas:** Es el más ampliamente utilizado, sobre todo en las incineradoras más antiguas. Los residuos se cargan en el horno donde se les hace circular por un tren de parrillas de material refractario que están expuestas a la acción del aire de combustión. El movimiento de los residuos se consigue bien por el diseño de las parrillas y el efecto del aire introducido, bien porque aquellas son móviles. Al final del recorrido del tren de parrillas se recogen las escorias que proceden de los residuos incinerados. Se facilita con este diseño la recuperación de energía y la eficiencia térmica es mayor que en otros

³ Se presenta a veces la termolisis como una técnica ecológica, que destruye los residuos y que está libre de contaminación, pues dicen sus promotores que no produce humos, olores, líquidos contaminados ni residuos sólidos (inferior al 1% que después se vitrificaría). Se trataría de aplicar calor a bajas temperaturas (por debajo de 450°C) en atmósfera sin oxígeno y a baja presión, para provocar la descomposición de las moléculas orgánicas y la carbonización de la materia. Sin embargo no demuestran que en la posterior combustión de los gases ni de materia carbonizada, no se produzcan gases contaminantes ni cenizas volantes con altas concentraciones de metales pesados. No deja de ser una incineración clásica de forma más o menos disfrazada.

hornos, debido a la necesidad de controlar la cantidad de aire inyectado. Admite todo tipo de sólidos, sin tratamiento previo y la inversión es baja. Las desventajas son de dos tipos: Propician la aparición de residuos carbonosos no quemados, debido a los cortos tiempos de retención, y las parrillas móviles pueden ocasionar problemas mecánicos o necesitar un frecuente mantenimiento.

- **Hornos rotatorios:** Se trata de cilindros metálicos revestidos internamente de material refractario, colocados con una pequeña inclinación (menor a 5°) y montados sobre rodillos. La rotación y la pendiente permiten el movimiento de los sólidos a su través y consiguen un buen grado de turbulencia con el aire de combustión. El aire puede circular en el mismo sentido o en contracorriente con los sólidos. Este tipo de horno permite controlar más adecuadamente la permanencia de los residuos en el horno para garantizar así mejor su combustión.

- **Horno de lecho fluidizado:** Es un sistema de reciente aplicación a la incineración de residuos. El horno contiene un material inerte, como sílice o arena, dispuesto sobre un plato de distribución, a través de cuyos orificios es insuflado el aire de combustión en sentido ascendente. A una determinada velocidad de ascensión del aire (1,5-2 m/s), el lecho de inerte adquiere características propias de un fluido. La alta inercia térmica de la arena proporciona una temperatura adecuada. Los residuos al entrar se comportan como si flotaran en el lecho fluido, hundiéndose lentamente a medida que ganan densidad como consecuencia de su combustión. Las escorias junto con una parte del lecho abandonan la cámara, gracia a una purga que se realiza continuamente. Los sólidos deben ser de naturaleza homogénea, lo cual obliga a tratamientos previos de trituración ($\approx 5\text{cm}$).

c) **Productos de combustión y depuración de gases.**

Del proceso de combustión se obtienen dos productos: las escorias recogidas a pie de horno y la corriente de gases de combustión que arrastra consigo cenizas volantes sólidas.

Escorias y cenizas:

Son fundamentalmente sales y óxidos de silicio, calcio, sodio, potasio, aluminio y metales pesados. Pesan entre el 25 y 35% de las basuras iniciales. Tienen carácter tóxico, sobre todo la fracción denominada cenizas volante, pues contiene dioxinas y gran concentración de metales pesados. Uno de los potenciales peligros es la lixiviación, por lavado con agua por precipitaciones o si se la utiliza para eliminar contaminantes o enfriarlas. Los lixiviados de las cenizas volantes contienen mucha mayor cantidad de metales pesados (plomo sobre todo), dado que son mucho más solubles, que los lixiviados de las escorias.

Gases de combustión:

La corriente de gases de combustión contiene:

- Monóxido de carbono procedente de las combustiones incompletas.
- Metales pesados: mercurio, cadmio, plomo, arsénico, níquel, etc.
- Gases de carácter ácido: HCl, HF, SO_x y NO_x.
- Hidrocarburos inquemados (poliarómicos, clorobencenos, etc.) y otros productos de combustión incompleta. Estos junto a los gases ácidos y por medio de la catálisis que proporcionan los metales pesados en las cenizas volantes pueden producir dioxinas y furanos.

Depuración de los gases de combustión y de partículas.

La depuración debe primero separar las partículas sólidas en suspensión y posteriormente retener los gases tóxicos que en dicha corriente existen.

a) Depuración de partículas

Se utilizan fundamentalmente los **precipitadores electrostáticos** y los filtros de mangas. Los precipitadores constan de una carcasa metálica cerrada donde circulan los gases. En el interior de la carcasa se alojan dos tipos de electrodos, los emisores constituidos por hilos

verticales y los receptores, que pueden tener forma de placa o de tubo, dispuestos paralelamente al flujo de gas que se quiera limpiar. Se aplica una elevada diferencia de potencial entre los electrodos (superior a 60.000 voltios) y se crea así un fuerte campo eléctrico, que precipita las partículas que se han cargado negativamente. Es una instalación bastante eficaz pero muy costosa.

Los **filtros de mangas** utilizan tejidos de especiales características que retienen las pequeñas partículas en los intersticios de la tela. El tejido dispuesto en forma de cilindros paralelos (mangas) proporciona una gran superficie de filtrado. Las partículas retenidas van formando una película de polvo sobre el tejido, que actúa fundamentalmente como soporte de dicha película, así es capaz de retener partículas de tamaño muy inferior al de los intersticios. Es un sistema eficaz pero necesita un constante mantenimiento para sustituir periódicamente las unidades filtrantes (por roturas o pérdida de eficacia). Es un sistema más barato inicialmente que el precipitador electrostático.

b) Depuración de gases.

Hay una gran variedad de procesos atendiendo al fundamento físico-químico utilizado (absorción, adsorción, reducción química con o sin catalizador). La mayor parte de las veces se combinan diferentes procedimientos, pues cada uno de ellos es más efectivo para una distinta fracción de contaminantes gaseosos. La clasificación de los sistemas se hace atendiendo a la utilización del agua en seco, semiseco o húmedo. Los métodos seco y semiseco son más eficaces que el húmedo en la eliminación de partículas y compuestos orgánicos (dioxinas), sin embargo depuran peor los gases ácidos.

Los gases ácidos (HCl, HF, SO_x) se eliminan generalmente haciendo burbujear los gases en soluciones de lechada de cal Ca(OH)₂, o pulverizando con duchas la solución de cal. El mercurio se elimina con carbón activo (adsorción) o mediante el sulfuro de sodio (Na₂S) (absorción). Los óxidos de nitrógeno NO_x deben eliminarse de forma individual (mediante reducción a nitrógeno añadiendo amoníaco - el sobrante deberá ser eliminado posteriormente - y utilizando un catalizador - dióxido de titanio - o sin él).

3.- Impactos ambientales de la incineración.

La incineración no hace desaparecer las basuras, sólo la reduce a cenizas y emisiones atmosféricas, siendo ambas peligrosas. El principal efecto es la dispersión (dilución en una gran masa de aire) de los materiales, que estaban en fase sólida, en la atmósfera o su concentración en las cenizas, con la síntesis de nuevos productos tóxicos como las dioxinas entre otros.

3.1. Efluentes gaseosos de las incineradoras.

a) Gases ácidos.

El cloruro de hidrógeno (HCl) es un gas ácido que es fruto de la combustión de productos orgánicos que contienen cloro. El cloro proviene de los plásticos, sobre todo del PVC o cloruro de polivinilo, y de los compuestos organoclorados. Los efectos del cloruro de hidrógeno se hacen sentir en todos los seres vivos, produciendo irritación en las vías respiratorias en bajas concentraciones, y asfixia y muerte en concentraciones muy altas. También es uno de los causantes de la lluvia ácida y es muy corrosivo para los metales. El cloruro de hidrógeno ataca a la mayoría de los metales del propio incinerador. Los revestimientos de los hornos y los filtros se queman y se rompen frecuentemente, y las calderas y otras tuberías se corroen mucho más y antes de lo esperado.

El fluoruro de hidrógeno (HF) es producto de la combustión de hidrocarburos en presencia de flúor. Es un gas muy corrosivo. Los fluoruros que se emiten por la chimenea se depositan

en los terrenos y vegetación circundantes, afectando al ganado de pasto (alteraciones psicomotrices y dentarias). Este tipo de envenenamiento se llama fluorosis.

b) Óxidos de azufre y nitrógeno (SO_x, NO_x).

Uno de los productos de combustión de residuos urbanos es el dióxido de azufre (SO₂), que proviene de la oxidación del azufre presente en los residuos. El dióxido de azufre es un gas incoloro, no inflamable en condiciones normales, que presenta un olor irritante a concentraciones superiores a 3 ppm. Los efectos agudos del SO₂ en los animales y seres humanos están principalmente relacionados con el sistema respiratorio. Una concentración de 1,6 ppm causa constricción bronquiolar reversible y por encima de esta concentración aumentan los efectos detectables. Por debajo de 25 ppm, los efectos principales se producen en la parte superior del tracto respiratorio y en los ojos, debido a la alta solubilidad en agua del SO₂, que asegura que se disuelva en el agua perteneciente a los tejidos que entran en contacto con él. Al reaccionar con agua el SO₂ se produce ácido sulfúrico. Es uno de los componentes de la lluvia ácida que destruye los ecosistemas forestales y corroe los metales y los exteriores de las edificaciones.

La combustión de materiales orgánicos es la principal fuente de óxidos de nitrógeno antropogénicos. Se estima que en la combustión de residuos se emiten óxidos de nitrógeno a razón de 300 mg/Nm³. Durante la combustión se produce más óxido nítrico (NO) que dióxido de nitrógeno (NO₂). Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se producen por oxidación del nitrógeno orgánico de los residuos y por la conversión del nitrógeno del aire a NO_x a temperaturas superiores a 1500°C. Los estudios sobre toxicidad demuestran que el NO₂ es cuatro veces más tóxico que el NO. Los efectos de los óxidos de nitrógeno se hacen sentir en las vías respiratorias, la irritación nasal y de los ojos viene seguida por el aumento de las dificultades respiratorias, edema pulmonar y muerte.

c) Monóxido de carbono (CO).

Es un gas inodoro e incoloro producto intermedio de la oxidación de los combustibles a CO₂ y H₂O. Concentraciones de 100 ppm son letales para los animales y el ser humano. El CO se combina con la hemoglobina formando carboxihemoglobina y reduciendo por tanto la capacidad de la sangre de transportar oxígeno. Niveles de carboxihemoglobina superiores al 5% de la hemoglobina total tienen efectos dañinos (desde dolor de cabeza, fatiga e hidropesía, coma, a fallo respiratorio y muerte).

d) Dióxido de carbono (CO₂).

Es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. Se produce en todas las combustiones. Es el máximo responsable del efecto invernadero. Su concentración ha aumentado en la atmósfera desde 290 ppm en 1900 hasta 345 ppm en 1985. Es uno de los responsables del aumento de la temperatura media de la Tierra, de consecuencias catastróficas para la vida en el planeta (cambio climático).

e) Partículas.

Los efectos de las partículas son muy variados. En los vegetales pueden disminuir la capacidad fotosintética al impedir que la luz alcance las hojas e interfiere en la absorción de CO₂.

En los animales, los efectos mayores se producen sobre el sistema respiratorio. En los seres humanos partículas mayores de 5000 nm no pasan de la parte superior del tracto respiratorio. Las partículas entre 500 y 5000 nm pueden alcanzar los bronquios, no obstante son expulsadas por la acción ciliar. Las partículas con diámetros inferiores a 500 nm pueden

alcanzar los alvéolos, donde pueden permanecer durante años. Los efectos pueden relacionarse con la bronquitis y procesos de insuficiencia respiratoria.

f) Metales pesados.

Los metales pesados se encuentran muy representados en las basuras domésticas y se emiten por la chimenea:

- adheridos a las partículas sólidas en las cenizas (forma predominante)
- como vapores que luego se condensan en forma de humos o ceniza
- en forma de productos de la reacción de los metales pesados con oxidantes para formar cloruros, sulfuros u óxidos.

(Mercurio.

Todas las formas del mercurio son potencialmente tóxicas para el ser humano. Es muy difícil eliminar el mercurio de las emisiones de una incineradora. Las nuevas incineradoras están siendo dotadas de un sistema de barrido de cal seca, inyectando una combinación de cal y carbón activado en polvo justo antes de pasar a los filtros. Sin embargo todas las incineradoras en los EE.UU. y la mayoría de las europeas permiten que la mayoría del mercurio escape por sus chimeneas⁴. La incineración de basura representa la segunda mayor fuente de mercurio vertido al medio ambiente, tras la combustión de carbón. La incineración de residuos urbanos está catalogada como la mayor fuente de mercurio en 11 de los 37 estados norteamericanos que tienen incineradoras⁵. Este hecho tiene repercusiones ambientales gravísimas, dado el poder bioacumulativo del mercurio a lo largo de las cadenas tróficas.

(Plomo.

En países donde se prohíbe el uso de gasolina con plomo, la fuente de emisión ambiental más importante puede ser la incineración de residuos sólidos urbanos. En EE.UU. la producción de plomo en cenizas procedentes de incineradoras es de 51.000 Tm de anuales, superior a la cantidad de plomo que se emite a la atmósfera por otras fuentes.

El plomo se puede absorber por inhalación o ingestión. El tetraetilo de plomo se puede absorber a través de la piel. Los glóbulos rojos absorben el plomo que se distribuye a diferentes partes del cuerpo (riñones, hígado, dientes, huesos y cerebro). La anemia es el primer síntoma de envenenamiento crónico producido por plomo, dado que interfiere con la síntesis del grupo hemo. Se asocia esto con náuseas, vómitos y dolores abdominales. Más grave es la degeneración del sistema nervioso central. En los niños menores de 5 años, con niveles de 10µg/dl de plomo en sangre, se han observado problemas de desarrollo intelectual⁶. Niveles inferiores pueden ocasionar trastornos de audición, que provocan retrasos en el aprendizaje⁷.

(Cadmio.

⁴ Connett, P. y E., "Incineradoras: una respuesta errónea a una pregunta equivocada", GAIA nº5, julio-septiembre 1994, pgs. 16-24.

⁵ "Mercury: The Fish You Catch May Be Unsafe to Eat", Clean Water Action, 1320 18th St.NW. Washington DC, USA, Agosto 1992.

Lindqvist, O., "Fluxes of Mercury in the Swedish Environment: Contributions from Waste Incineration", Waste Management and Research Vol. 4 (1986), pags. 35-44.

⁶ Montague, P., "The optimal configuration for the deck chairs on the Titanic: Incineration versus Recycling". Environmental Research Foundation, 1991.

⁷ Needleman, H., "Lead Exposure and Human Health: Recent Data on an Ancient Problem", Technology Review, Vol. 82 (1980), pgs. 39-45.

Needleman, H., "The Persistent Threat of Lead: A Singular Opportunity", American Journal of Public Health Vol.75 (1989), pgs. 643-645.

El cadmio emitido por las incineradoras es absorbido por las plantas y los animales. Hay constancia de acumulación de cadmio y plomo en la vegetación próxima a las incineradoras en EE.UU.⁸ La acumulación de cadmio en las plantas puede afectar al desarrollo de las mismas, ocasionando pérdidas en la agricultura⁹. En los animales y seres humanos, la absorción de cadmio aumenta si existe una dieta baja en calcio (dada su similitud de propiedades químicas). Una vez absorbido se asocia con proteínas de bajo peso molecular, y se acumula en riñones, hígado y órganos reproductores.

Dosis muy pequeñas de cadmio pueden causar vómitos, diarrea y colitis. La exposición continua al cadmio causa hipertensión, agrandamiento del corazón y muerte prematura.

↳ Cromo.

De un 15 a un 25% del cromo presente en los residuos sólidos urbanos se convierte en compuestos de cromo hexavalente (Cr^{+6}), que es el más tóxico de todos los iones de cromo y que se ha demostrado que es cancerígeno.

Los cromatos irritan los ojos, la nariz y la garganta. La exposición crónica puede provocar daños en el hígado y los riñones. Es bioacumulativo, algunas algas acuáticas lo concentran hasta 4000 veces sobre el nivel de su ambiente inmediato.

↳ Arsénico.

Es un veneno acumulativo que causa vómitos y dolores abdominales antes de la muerte. Puede causar dermatitis y bronquitis y cáncer en los tejidos de la boca, el esófago, laringe y vejiga. A nivel celular puede desacoplar la fosforilación oxidativa y competir con el fósforo en las reacciones metabólicas.

g) Compuestos orgánicos.

La combustión de residuos genera todo tipo de productos de combustión incompleta y compuestos orgánicos, que son fruto de la oxidación parcial del combustible. Si además hay cloro en los residuos se forman todo tipo de hidrocarburos clorados. Se han detectado más de 400 compuestos orgánicos en las emisiones de incineradoras¹⁰. La medición y caracterización de los compuestos orgánicos es muy compleja. Los más peligrosos son los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

En EE.UU. la EPA considera que se deben controlar las siguientes sustancias: Clorofenoles, Clorobencenos, Formaldehído, PCBs, Hidrocarburos policíclicos aromáticos. En Europa se establece un límite¹¹ para el conjunto de compuestos orgánicos de 20 mg/Nm³, pero no se establecen límites para cada sustancia.

Los hidrocarburos policíclicos aromáticos, entre los que se encuentra el benzo(a)pireno, son todos cancerígenos, y son absorbidos por el organismo a través de los pulmones. Una vez en el cuerpo, son eliminados por las oxidasas, formándose metabolitos que son los responsables de los efectos cancerígenos.

Los aldehídos (el formaldehído es el más conocido) son irritantes para las mucosas del sistema respiratorio y son también cancerígenos.

3.2. Efluentes líquidos.

Se generan varios tipos de efluentes líquidos: las aguas y fangos de determinados tipos de depuración de gases, los lixiviados procedentes de los fosos de vertidos de residuos, escorias, etc, así como aguas de lluvia, agua utilizada para enfriar las cenizas y agua procedente de la

⁸ Bache et al., "Cadmium and lead in foliage near a municipal refuse incinerator". Chemosphere Vol. 24 (1992), pags. 475-481.

⁹ Thornton, J., "Hazardous waste incineration. Impacts on Agriculture". Greenpeace 1993.

¹⁰ Marr, I.L. et al., Química Analítica del Medio Ambiente, 1989. Editorial Universidad de Sevilla.

¹¹ Directiva del Consejo 89/369/CEE de 8 de junio 1989, relativa a prevención de la contaminación atmosférica procedente de nuevas instalaciones de incineración de residuos municipales. Existe una trasposición a la legislación española en el Real Decreto 1088/1992, BOE nº225 de 23 octubre 1992.

limpieza de la instalación. Los efluentes líquidos contienen concentraciones altas de compuestos tóxicos. Es necesario su tratamiento, aunque no es posible la eliminación de las sustancias tóxicas. Muchas veces si existe tratamiento en la propia planta incineradora, estos contaminantes acaban depositándose en los lodos de depuración, si se vierten las aguas al colector, acabarán en los lodos de las depuradoras de aguas residuales. A su vez los lodos deberán verterse en un vertedero de seguridad, o en algunos casos se incinerarán, con lo cual nunca se saldrá del círculo infernal.

3.3. Residuos sólidos: Escorias y cenizas.

Se distinguen tres tipos de residuos generados en una planta de incineración:

- a) Escorias y cenizas que proceden de la cámara de combustión.
- b) Cenizas volantes recogidas en los sistemas de depuración de gases.
- c) Fangos producidos durante el tratamiento de los efluentes líquidos generados (si se utiliza el proceso húmedo de depuración de gases).

Por cada 1.000 kg de residuos incinerados entre 250 y 350 kg son escorias y cenizas que se recogen en la caldera. Además hay que tener en cuenta los materiales sólidos que se recogen en los sistemas de depuración y filtros, una parte del cual es la cal añadida en esos procesos, que pueden llegar a pesar hasta los 80 kg.

En cuanto a su peligrosidad las cenizas volantes contienen mayor concentración de metales pesados y de productos de combustión incompleta que las escorias, pero estas contienen productos peligrosos. La industria de la incineración ha considerado siempre a las escorias como material inerte. Ha utilizado las escorias para construir carreteras, barreras marítimas o bloques de cemento. Podemos pensar que en el futuro las carreteras serán desmanteladas y los edificios demolidos, poniendo en peligro a la población si se forman polvos tóxicos. Son necesarias pruebas de lixiviación para determinar su toxicidad. Un estudio en EE.UU. dio una media de 6,39 mg/l de plomo en las pruebas de lixiviación de 22 incineradoras, cifra que está por encima del límite impuesto por la EPA.

En cualquier caso las cenizas volantes necesitan un tratamiento previo a su depósito en un vertedero de seguridad, con todas las garantías para que las infiltraciones no contaminen las aguas subterráneas, así como prevención del contacto directo (inhalación o ingestión) a la población y a los trabajadores, durante su transporte y vertido. Deben ser considerados a todos los efectos residuos tóxicos y peligrosos.

En EE.UU. se ha debatido mucho sobre la toxicidad de las cenizas. Una decisión muy polémica ha sido la tomada por la Agencia del Medio Ambiente (EPA) en enero de 1995, de permitir a las incineradoras mezclar las cenizas volantes con las escorias, para reducir la toxicidad, ya que la alta concentración de metales pesados y PIC presentes en las primeras, disminuiría al mezclar ambas cenizas¹². Esta decisión ha supuesto abaratar el vertido, ya que al no ser consideradas peligrosas se puede verter en cualquier vertedero. Un vertedero de seguridad encarecería el coste de la incineradora en alrededor de 3 millones de dólares de inversión inicial y luego mayores costes de mantenimiento.

Para determinar la toxicidad de las cenizas se han diseñado pruebas que imitan las condiciones de los vertederos, y de lixiviación de metales pesados¹³. Bajo la presión de la industria de la incineración se ha modificado el test de lixiviación desde marzo de 1990. Hasta entonces el test oficial era el EP Tox Test. Consistía en simular las condiciones acidificantes de un vertedero municipal de residuos sólidos. Se tomaban 100 g de ceniza y se diluían con ácido acético hasta que la solución tuviera un pH¹⁴ de valor 5. Después de 24 horas se filtraba y se diluía hasta los dos litros de disolución. Se analizaba la disolución y se

¹² En España está prohibida y castigada esta acción, en el Reglamento que desarrolla la Ley de Residuos Tóxicos y Peligrosos, de 14 de mayo de 1986 (Real Decreto 833/88, BOE nº 182 de 30.07.88)

¹³ La información procede de la publicación electrónica Waste Not (nº 315-319) Marzo 1995, editada por Ellen y Paul Connett. (82 Judson St., Canton, New York).

¹⁴ El pH es una magnitud que mide la acidez o basicidad de una solución. Una sustancia neutra como el agua tiene un pH de valor 7. Por encima se sitúan las sustancias alcalinas y por debajo las ácidas.

medían las concentraciones de metales pesados, especialmente plomo y cadmio. Si los metales estaban en concentraciones superiores a 100 veces los límites de la concentración de esos metales en el agua de consumo¹⁵, las cenizas se clasificaban como residuo peligroso. La mayor parte de las muestras de cenizas volantes daban positivo en el test de toxicidad, así como cerca de la tercera parte de los análisis efectuados a las escorias.

Los argumentos para modificar el test se basaron en que las cenizas se vertían en vertederos especiales, separados de los residuos sólidos urbanos y por tanto no tenía sentido simular las condiciones de esos vertederos. Un test más realista debería utilizar el agua como líquido “lavador” de las cenizas, pues precisamente es lo va a suceder en la realidad, ya que el agua de lluvia es el primer líquido que lavará las cenizas en un vertedero.

El metal que más problemas da en los test de toxicidad es el plomo. La solubilidad del plomo depende mucho del pH del líquido de lixiviación que se utilice. Dado que la mayoría de incineradoras utilizan lavadores de cal como sistemas depuradores de los gases de combustión, las cenizas volantes tienen un carácter muy básico. El plomo es muy soluble a pH inferiores a 5. Como la mayoría de metales su solubilidad aumenta si la acidez crece y la alcalinidad decrece. Sin embargo tiene un comportamiento especial, a diferencia del resto de metales: si el pH alcanza el valor de 11 su solubilidad empieza a crecer otra vez. Si hay un exceso de cal en las cenizas el pH de la solución es de 12, entonces el test detectaría la presencia de plomo en las cenizas.

Sin embargo en nuevo test implantado por la EPA (TCLP Test) tenía una diferencia esencial con el test anterior. Al añadir ácido acético a las cenizas no era necesario que el pH final tomara el valor de 5, sino que se añadía una cantidad fija de ácido acético, y el pH final podía tomar cualquier valor. Dado que las cenizas contenían cal de la depuración de gases, se neutralizaba con el ácido y el pH final alcanza valores entre 7 y 10, zona donde el plomo no es soluble y por tanto daría negativo en el test.

Otro procedimiento que ha utilizado la industria de la incineración ha sido fijar el plomo de las cenizas tratándolas con ácido fosfórico, que fija temporalmente el plomo en forma de fosfato plúmbico, un compuesto que es insoluble.

Podemos ver un resultado del análisis de las escorias y cenizas volantes de incineradoras en EE.UU. La concentración de metales pesados y tóxicos es mucho mayor en las cenizas volantes que en las escorias. Hay metales pesados que tienen puntos de fusión relativamente bajos (plomo, estaño, mercurio) y otros que tienen una relativa volatilidad (mercurio). Además hay una cuestión de sentido común: cuanto más efectivo sea el tratamiento de depuración de gases y partículas, más tóxicas serán las cenizas volantes, pues mayor será la concentración de contaminantes que se deposite en los filtros, especialmente de metales pesados.

Lo mismo podemos decir de los compuestos inorgánicos y los productos de combustión incompleta.

Tabla nº 2 .Concentración de metales en las escorias y cenizas volantes en mg/kg¹⁶.

Sustancia	Ceniza volante	Escoria
Antimonio	139-760	
Arsénico	15-750	1,3-24,6
Bario	88-9.000	47-2.000
Berilio	ND ¹⁷ -4	ND-0.44
Bismuto	36-100	ND
Boro	35-5.654	85
Bromo	21-250	

¹⁵ Los límites de cadmio y plomo, en el agua potable en EE.UU. son 0,01 mg/l y 0,05 mg/l respectivamente. En diciembre de 1992 la EPA bajó los límites para el plomo y los dejó en 0,015 mg/l.

¹⁶ Fuente: (US)EPA, Caracterización de cenizas de plantas incineradoras municipales de residuos sólidos, EPA/530-SW-28A, Washington, octubre 1987.

¹⁷ N.D. significa por debajo de la mínima concentración detectable.

Cadmio	5-2.210	1,1-46
Calcio	13.960-27.000	5.900-69.500
Cesio	2.100-12.000	
Cinc	2.800-152.000	200-16.700
Cloro	1.160-11.200	
Cobalto	2.3-1.670	3-62
Cobre	187-2.380	80-10.700
Cromo	21-1.900	13-520
Estaño	300-12.500	40-800
Estroncio	98-1.100	81-240
Fósforo	2.900-9.300	3.400-17.800
Hierro	900-87.000	1.000-133.500
Litio	7,9-34	7-19
Magnesio	2.150-21.000	880-10.100
Manganeso	171-8.500	50-3.100
Mercurio	0,9-47	ND-1,9
Molibdeno	9,2-700	29
Niquel	9,9-1.966	9-226
Oro	0,16-100	
Plata	ND-700	ND-38
Plomo	200-26.600	110-5.300
Potasio	11.000-99.000	920-14.500
Selenio	0,48-15,6	ND-2,5
Silicio	1.783-266.000	133-188.300
Sodio	9.780-49.500	1.800-33.300
Titanio	50-42.000	3.67-11.400
Vanadio	22-166	53
Ytrio	2-3800	

Tabla nº 3 .Compuestos orgánicos en escorias y cenizas volantes de incineradoras en µg/kg de ceniza¹⁸.

Sustancia	Cenizas volantes	Escorias
Acenaftaleno	ND-3.500	37-390
Alcanos	50.000	
Antraceno	1-500	53
Benzantreno	0-300	
Benzo (k) fluoranteno	ND-470	ND-51
Benzo (g,h,i) perileno	0-190	ND
Benzo (a) pireno	ND-400	ND-5
Bifelinos	2-1.300	
Clorobencenos	80-4.220	17
Clorofenoles	50,1-9.630	0
Criseno	0-690	ND-37
Di-n-butyl Ftalato	ND	360
Dioxinas		
2,3,7,8-TCDD	0,1-42	0,04-0,7
Total PCDDs	5,23-10.883	0,04-0,7
Fenantreno	21-7.600	500-540
Fluoranteno	0-6.500	110-230
Fluoreno	0-100	ND-150
Furanos		
2,3,7,8-TCDF	0,1-5,4	ND-10
Total PCDFs	3,73-3.187	ND-65
Naftaleno	270-9.300	570-580
Ptalatos		
Bis(2-EH)	85	2.100
Butil bencil	ND	180
Dietil	6.300	
PCBs	ND-250	ND-180
Pireno	0-5.400	150-220

4.- Costes económicos de las incineradoras.

Las instalaciones de incineración son muy caras, tanto por la inversión inicial como por su mantenimiento. La inversión inicial, que depende del tamaño de la planta, oscila entre las 25.000 pts/Tm y año para las grandes plantas (capacidad de tratamiento de 400.000 Tm/año), hasta las 90.000 pts/Tm y año, para las pequeñas (60.000 Tm/año)¹⁹. O sea entre 10.000 millones de pts. para una gran planta, y 5.400 millones para una pequeña. La planta de Valdemingómez (Madrid), con una capacidad de tratamiento de 438.000 Tm anuales, ha costado alrededor de 15.000 millones de pts.

Es interesante ver cómo se desglosa la inversión en los distintos componentes de la planta.

¹⁸ Fuente: (US)EPA, Caracterización de cenizas de plantas incineradoras municipales de residuos sólidos, EPA/530-SW-28A, Washington, octubre 1987.

¹⁹ Implicación ambiental de la incineración de residuos urbanos, hospitalarios e industriales. ITSEMAP ambiental. Fundación MAPFRE 1994, pg. 261.

Tabla nº 4. Contribución de las distintas partidas en la inversión inicial²⁰.

Partida	Contribución en %
Hornos, caldera	30,0-45,0
Depuración de gases	15,0-25,0
Turboalternador	6,0-10,0
Circuito térmico	4,0-6,0
Equipo eléctrico y control	4,0-8,0
Tubería, tratamiento efluentes	2,0-5,0
Alimentación residuos, báscula	1,0-2,5
Terrenos	0,5-1,5
Obra civil	12,0-18,0
Ingeniería	3,0-5,0
Proyecto	3,0-5,0

Está claro que la inversión aumentará a medida que las exigencias ambientales sean más estrictas y que las normativas contemplen todos los contaminantes, aumentando las partidas de depuración de gases y control de la contaminación. En algunos casos los filtros y el sistema de depuración ha llegado a costar el 50% de toda la instalación.

4.1. Recuperación de energía.

Las empresas con intereses en la incineración se han embarcado en un ejercicio de relaciones públicas para presentar su tecnología no solamente como segura sino como una fuente ecológica, generadora de energía. “La incineración con recuperación de energía es una opción atractiva medioambientalmente como contribución al desarrollo sostenible, declara el director de la Federación Inglesa de Plásticos, Ron Jones.

En España el Plan de Energías Renovables de 1989 contemplaba la construcción de 21 incineradoras con una inversión de 67.000 millones de pts. hasta 1993. Las previsiones no se han cumplido. La inclusión de la incineración de basuras en el PER fue una estrategia para conseguir financiación europea y suavizar la oposición pública. Las incineradoras pasan a ser “plantas recuperadoras de energía”. El que todos los días cada habitante produzca 1 kg de basura no significa que sea un recurso renovable. Al contrario, gran parte de los materiales que componen la basura no son renovables (metales, vidrio, plásticos, etc) y los que alguien podría considerar como renovables son sin embargo “renovados” pues se extraen de la Naturaleza a un ritmo no sostenible en el tiempo²¹. El Plan Energético Nacional aprobado por el Gobierno en abril de 1991, preveía la instalación de 239 MW hasta el año 2000 en una serie de plantas de incineración con recuperación energética y una inversión de 80.000 millones de pts.

Una mayor cantidad de energía puede ahorrarse con estrategias alternativas como la reutilización, el reciclaje o el compost, que la que se obtiene de la incineración de la misma basura. El Dr. Jeffrey Morris calcula que se puede ahorrar de tres a cinco veces más energía por el reciclaje de los materiales que por su incineración²². De hecho las incineradoras son tan sólo generadoras de pérdidas de energía. La planta danesa de Amager que quema 300.000 Tm de basuras de Copenhagen y Frederiksberg, genera 425.000 Mw·hora de energía para electricidad y calor, con lo que sólo cubre el 43% de sus gastos de funcionamiento. Este argumento es olvidado puesto que la energía ahorrada vía reciclaje es computada al nivel nacional y la energía de incineración se contabiliza a nivel local. La reutilización es un

²⁰ Anterior obra, pg. 262.

²¹ La problemática de la incineración de residuos. Comisión de contaminación y residuos. Aedenat, diciembre 1992, pg.9.

²² Morris, J. et al, “Recycling Versus Incineration: An Energy Conservation Analysis”, Sound Resource Management Group, enero 1993.

beneficio que nadie quiere contabilizar.

4.2. Incineración y creación de puestos de trabajo.

El reciclaje es una fuente importante de puestos de trabajo. Son los métodos de tratamiento de los residuos más respetuosos con el medio ambiente, los que más puestos de trabajo generan. Hay muchas industrias cuya materia prima proviene del reciclado de materiales y cuyo transporte, tratamiento, etc, genera puestos de trabajo (chatarras, vidrio, papel, aluminio, etc). Se estima en 30.000 personas las personas que en EE.UU. se dedican al reciclado del aluminio.

Si se compara con la incineración y los vertederos controlados, el reciclaje proporciona más empleo, dado que como esa actividad es poco intensiva en capital, da lugar a un tejido de pequeñas empresas con un alto nivel de empleo, en comparación con las actividades que precisan una mayor cantidad de capital por puesto de trabajo. Además los empleos tienen un carácter fijo. La construcción de plantas de incineración de residuos generan empleos temporales, mientras dura la construcción, pero durante su funcionamiento se reduce al personal de mantenimiento de la planta. Se han calculado los puestos de trabajo necesarios para tratar un millón de toneladas métricas de residuos en una gran ciudad. Para mantener un vertedero se necesitan entre 50 y 75 personas, la incineración crearía entre 100 y 300 puestos de trabajo, en cambio el reciclado necesitaría entre 400 y 600 trabajadores²³.

Hay que tener en cuenta también que la introducción en los procesos de producción de materiales reciclados disminuye la demanda de materias primas vírgenes o de primer uso, afectando al empleo en las industrias extractivas, metalúrgicas, madereras, energía, etc. El reciclaje de papel, vidrio, metales, etc. disminuye además las necesidades energéticas de la sociedad, pues es menor la energía necesaria para reprocesar un material reciclado que producirlo de nuevo²⁴. El balance global es favorable al empleo de todas formas. Se calcula en Alemania, que si no se reutilizaran o reciclaran los envases se generarían de 15.000 a 20.000 nuevos empleos, pero se destruirían los 90.000 relacionados con el reciclaje de los envases.

Además el debate sobre el empleo debe plantearse sobre otras coordenadas, ya que la eliminación del desempleo en las sociedades occidentales pasa por el reparto del trabajo, el reparto de los beneficios del brutal aumento de la productividad conseguido en casi todas las ramas de la producción por la innovación tecnológica (revolución informática) y por la reducción de la jornada laboral. El problema del desempleo no puede ser un obstáculo a la reconversión ecológica de la producción y el consumo. De cualquier forma pensamos que el reciclaje puede disminuir el desempleo.

5.- Experiencias internacionales y tendencias.

Es interesante conocer qué han hecho otros países en la gestión de los residuos, pues muchas veces se pone como ejemplo lo que hacen los países mas desarrollados y se invita a recorrer el mismo camino que han seguido ellos.

Dos han sido históricamente las vías de tratamiento de las montañas de residuos no reciclados que se producen en las naciones industrializadas: vertederos o incineradoras. Durante los últimos 40 años el péndulo ha oscilado entre ambas. En los años 60 en EE.UU. se quemaba el 30% de las basuras domésticas. Debido a la inquietud por la contaminación atmosférica producida por estos hornos primitivos se forzó su cierre y en 1980 tan sólo el 10% de los residuos urbanos eran incinerados. Durante los años 80 el público se volvió cada vez más reacio a dedicar terrenos a vertederos. Los partidarios de la incineración aprovecharon la oportunidad para afirmar que tecnologías avanzadas en nuevas instalaciones podrían quemar la basura sin contaminar, y además se podría generar energía en el proceso.

²³ Renner, M, "El empleo en una economía sostenible", Bakeaz 1994, pags. 41-45.

²⁴ Quigley, J., "Employment Impact of Recycling", BioCycle, marzo 1988.

El punto álgido en la construcción de incineradoras fue en 1988 y desde 1985 unos 137 proyectos se han cancelado o congelado, siendo más de la mitad de los proyectados. El Estado de California en 1985 tenía planificadas 35 incineradoras, hasta la fecha se han construido sólo tres, mientras que en New Jersey tenían planes para 22 y se han construido solamente cinco. En 1990 el porcentaje de incineración subió hasta el 14%. Los intereses económicos están tratando de convencer a muchas autoridades locales de la conveniencia de la incineración.

Lo que es seguro es que los políticos españoles no son los únicos que han tenido que soportar las presiones de la industria de la incineración. Otros países europeos también han recibido propuestas para construir esta plantas, pero la oposición ciudadana las ha frenado. Ha habido auténticas convulsiones sociales como el debate en Alemania. La Asociación de Médicos Alemanes (12.000 miembros) en 1990 pidió al gobierno alemán el abandono de la política de la incineración y en su lugar pedían una reducción de los residuos en origen. El condado de Stuttgart ha rechazado la incineración después de 10 años de lucha ciudadana. Más de 500 grupos de base se oponen a las incineradoras. Durante una campaña de 12 días en 1990, más de un millón de bávaros acudieron a firmar una petición para el refrendo de una ley anti-incineración. En febrero de 1991 el referéndum fue derrotado por un pequeño margen (51% contra 46%), pero el voto contrario a la incineración ganó con gran margen en las mayores ciudades de Baviera, incluyendo Munich.

En otros países (Reino Unido, Holanda, Irlanda, Canadá, Méjico, Brasil, etc.) la movilización social ha paralizado cientos de propuestas de construcción de incineradoras. En Ontario (Canadá) la ministra de medio ambiente prohibió en abril de 1991 la incineración de RSU, por el impacto que ocasionaba. El estado de Rhode Island en EE.UU. también ha prohibido la incineración. La Asociación Holandesa para la Medicina y Ciencias Ambientales publicó en 1991 un documento en el que mostraba su oposición a la incineración, por los efectos perjudiciales sobre la salud pública.

En España el debate no ha hecho más que comenzar. Diversas asociaciones de médicos (Asociación para la Defensa de la Sanidad Pública, 1.200 médicos, Asociación de Médicos Homeópatas) han manifestado su oposición. El 28 de octubre de 1993, 228 médicos de Palma de Mallorca pertenecientes a la Academia de Ciencias Médicas de Cataluña y Baleares firmaron un manifiesto contra la incineración de RSU por los efectos nocivos que ocasiona sobre la salud pública. Se manifestaron opuestos al proyecto de construcción de una incineradora de RSU en la isla de Mallorca.

Ahora la industria de la incineración busca nuevos países más pobres, desinformados y susceptibles de ser permisivos con la corrupción, como el Este de Europa, Latinoamérica o el Sureste Asiático para hacer sus “sucios” negocios.

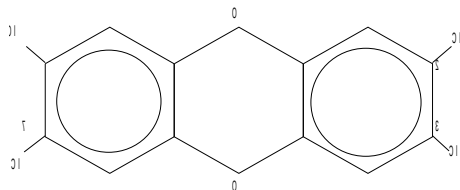
6.- La problemática de las dioxinas, furanos y productos de combustión incompleta.

6.1.- Descripción y propiedades de las dioxinas y furanos

Bajo el término dioxinas se incluye una clase de éteres aromáticos tricíclicos clorados, casi planares, con características químicas y físicas similares. Las estructuras básicas están constituidas por dos anillos bencénicos unidos entre sí por uno (furanos) o dos (dioxinas) átomos de oxígeno. A esta estructura se pueden añadir entre 1 y 8 átomos de cloro por molécula, lo que da como resultado 75 dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) posibles y 135 dibenzofuranos policlorados (PCDF).

Son sustancias sólidas, poco volátiles, muy poco solubles en agua (<0,12 ppb) y muy solubles en aceites, grasas y disolventes orgánicos. Son estables y se descomponen a temperaturas muy elevadas (por encima de los 700°C), por lo que son difícilmente destruidas durante procesos de combustión. Son estables también desde el punto de vista químico y metabólico. En cambio son sensibles a la luz solar y en condiciones apropiadas experimentan reacciones fotoquímicas de degradación. Cuando se incorporan al suelo o a las corrientes hídricas son prácticamente inalterables, persistentes y bioacumulativas.

La contaminación del medio ambiente por estos productos supone un grave problema, por su estabilidad química, por ser contaminantes de alta persistencia y por su gran facilidad para introducirse y acumularse en los seres vivos, que a través de la extensión en las cadenas tróficas y bioacumulación llegarán al ser humano. Son sustancias muy tóxicas. La molécula más tóxica de todas ellas tiene átomos en las posiciones 2,3,7 y 8, de nombre 2,3,7,8-TCDD es el isómero más tóxico de todos y la molécula sintética más tóxica²⁵ actualmente conocida.



Esta sustancia es 70.000 veces más tóxica que el cianuro, y su ingestión puede provocar la muerte a una persona de 70 kg con una dosis de 70 ng (1 ng es la milmillonésima parte de 1 gramo). Su dosis letal LD50 depende de la especie animal (22-320 pg para la rata, 115-275 pg para el conejo y de 1150-5000 pg para el

hamster, y de los primates <70 pg por kg de peso corporal)²⁶, lo que provoca la muerte del 50% de los animales expuestos al contaminante. Es 100.000 veces más tóxica que el insecticida DDT²⁷. Los furanos actúan de forma similar a las dioxinas, y tienen el mismo potencial tóxico.

La dispersión global de las dioxinas se produce principalmente por transporte atmosférico, y en menor grado, por corrientes oceánicas. Debido a la poca solubilidad en agua y a su baja volatilidad las dioxinas son atraídas por partículas finas y son transportadas asociadas a ellas en suspensión en el aire, o en el agua, en lugar de hacerlo en estado gaseoso o disuelto²⁸. Por esta razón las dioxinas se encuentran a menudo en sedimentos, aguas residuales y cenizas.

Los PCDDs/PCDFs no tienen ningún valor comercial, ni aplicación práctica, sin embargo se forman como subproductos indeseables en determinados procesos industriales y en los procesos de combustión.

²⁵ Fielder, H., Hutzinger, O. y Timms, C.W., "Dioxins: sources of environmental load and human exposure". Toxicology and Environ. Chem. Vol 29 (1990), pgs 157-234.

²⁶ Carles Amengual, "Incineración y Salud" presentado al Colegio de Médicos de Baleares, mayo 1994, pg. 10..

²⁷ Resumen del curso sobre dioxinas y furanos: Problemática ambiental y metodología analítica. CEDEX y Dirección de Política Ambiental. MOPTMA, pg. 6. Madrid 1994.

²⁸ Friesen, K.j., et al, "Environmental fate of 1,2,3,4,7-Pentachlorodibenzo-p-dioxin in a Canadian Prairie Soil", Inter. J. Environ. Anal. Chem. Vol 39 (1990), pgs. 187-195.

Nakano, T. et al, "Distribution of PCDDs, PCDFs and PCBs in the atmosphere". Atmos. Environ. Vol. 24A-6 (1990), pgs.1361-1368.

6.2.- Toxicidad y efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Las dioxinas son un grupo de sustancias químicas muy tóxicas para los animales y el ser humano. Se han caracterizado como una de las sustancias más tóxicas que no existían antes de la era industrial. Como consecuencia de ello hay una gran preocupación pública y un enorme interés científico sobre los efectos de estas sustancias en los últimos años²⁹.

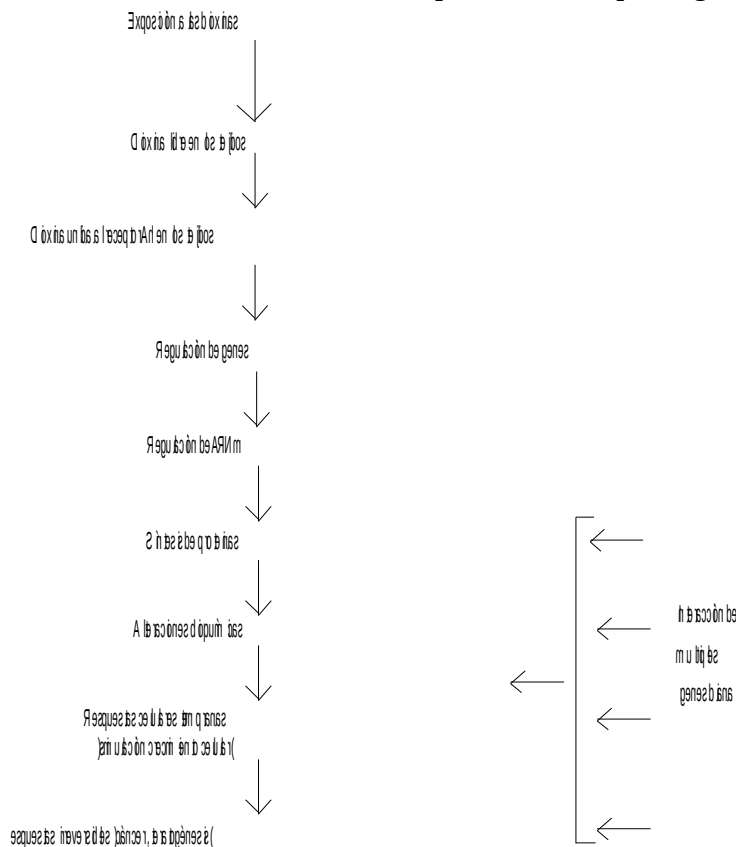
Mecanismos de actuación.

Los efectos tóxicos de las dioxinas y furanos están relacionadas con la unión de tales sustancias con el receptor AhR (hidrocarburo aromático)³⁰. Esta unión junto con la proteína transferasa nuclear pueden formar un complejo que se una al ADN y activar de ese modo la expresión de genes específicos, entre ellos el gen CYP1A1, codificador del complejo enzimático citocromo P4501A1, constituido por enzimas involucradas en la activación y detoxificación de sustancias químicas en el organismo. También puede mediatizar la expresión de otros genes como los que regulan la diferenciación y el crecimiento celular.

Esquema 1. Secuencia de sucesos relacionados con la exposición a las dioxinas con efectos tóxicos como el cáncer y la teratogenia. (Basado en el informe de la EPA 1994)

Efectos sobre el ser humano.

La exposición del ser humano a las dioxinas puede ocurrir por ingestión, inhalación y



absorción por la piel. La inhalación y el contacto dérmico pueden ser importantes en individuos expuestos a materiales altamente contaminados. Sin embargo la principal fuente

²⁹ Una amplia información para redactar este apartado la hemos conseguido en la publicación electrónica semanal Rachel's Environment & Health Weekly, obtenida libremente en Internet vía ftp.

(ftp.std.com/periodicals/rachel), editada por la Fundación de Investigación Ambiental, Annapolis (EE.UU).

³⁰ Hanson, D.J. "Dioxin toxicity: new studies prompt debate, regulatory action", Chem.Ind.News, Vol 12 (1991), pgs. 7-14.

Bock, K.W., "Aryl hydrocarbon or dioxin receptor: biologic and toxic responses", Rev.Physiol.Biochem.Pharmacol. Vol 125 (1994) pgs. 1-42.

de exposición es la alimentación. Se ha calculado que los alimentos representan el 98% de las exposiciones a PCDD/Fs, siendo el 2% restante por inhalación o ingestión directa de aire y tierra³¹. La leche y los productos lácteos representan un tercio del total de los PCDD/Fs ingeridos en los alimentos, según estudios realizados en Canadá³², Alemania³³, Noruega³⁴, Holanda³⁵ y Reino Unido³⁶. El componente graso de carnes, aves y peces contribuiría con otro tercio del total³⁷. El tercio final proviene de varios tipos de aceite y grasas.

Se han descubierto concentraciones altas de PCDD/Fs en la leche y grasas animales cerca de fuentes industriales de emisión de dioxinas³⁸. Concentraciones elevadas de dioxinas unidas a partículas tienden a depositarse cerca de las fuentes de emisión, contaminando los pastos. La ingestión por el ganado en estas áreas tanto de tierra como de plantas puede desembocar en niveles elevados de dioxinas en la leche y grasa de los animales. Un estudio de contaminación por dioxinas de leche de vaca de granjas cercanas a incineradoras de residuos urbanos en Holanda, revelaron un incremento de los niveles de dioxinas³⁹. En algunos casos se ha llegado a prohibir la venta de leche por parte de las autoridades. En julio de 1989 el Gobierno holandés prohibió la venta de productos frescos y de carne a 16 granjas que recibían humos de la incineradora municipal de Rinjmond en Rotterdam, debido a los elevados niveles de dioxinas y furanos hallados en la leche examinada en dichas granjas⁴⁰. La leche se destruyó entre 1989 y 1994 y numerosas vacas fueron sacrificadas⁴¹. A partir de 1994 se permitió que los granjeros vendieran la leche después de equipar a la incineradora con más filtros.

Una de las características importantes de la dioxina es su carácter persistente y bioacumulativa en los tejidos adiposos donde se deposita, calculándose en varios años el periodo de vida que permanece, siendo eliminada poco a poco por el organismo. En algunas personas profesionalmente expuestas a dioxinas se han encontrado niveles elevados hasta 34 años después de la exposición⁴² y en vietnamitas que vivieron en el sur de Viet Nam durante la guerra en 1970, o sea más de 20 años después de su lanzamiento⁴³.

³¹ Travis, C.C. y Hattemer-Frey, H.A., "Human exposure to 2,3,7,8-TCDD", *Chemosphere* Vol 16, 10-12 (1987), pgs. 2331-2342.

³² Birmingham, B. et al, "PCDD/PCDF multimedia analysis for the Canadian population: detailed exposure estimation", *Chemosphere* Vol 19 (1989), pgs. 637-642.

³³ Furst, P. et al, "Levels of PCDDs and PCDFs in food stuffs from the Federal Republic of Germany", *Chemosphere* Vol. 20 (1990), pgs.87-792.

³⁴ Faeden, K, "Dioksineri naeringsmidler: oppsummering avdioksin-analyser i 1989 og 1990", Oslo: Staters naeringsmid deltilsyn, SNT-rapport 4.

³⁵ Theelen, R.M.C., "Modelling of human exposure to TCDD and I-TEQ in the Netherlands: basckground and occupational", Banbury Report 35: Bilogical Basis for Risk Assessment of Diosxins and Related Compounds, Cold Spring Harbor Laboratory Press 0-87969-235-9/91.

³⁶ Ministry od Agriculture, Fisheries and Food, Dioxins in food, Surveillance Paper No. 31, HMSO, Londres.

³⁷ Theelen, R.M.C. et al, "Intake of 2,3,7,8 Chlorine Substituted dioxins, furans and planar PCBs from food in the Netherlands: median and distribution", *Chemosphere* Vol. 27, 9 (1993), pgs. 1625-1635.

³⁸ Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Report on studies on dioxins in Derbyshire carried out by MAFF, pg. 11, Food Safety Directorate.

³⁹ Liem A.K.D. et al "Levels and patterns of dioxins in cows milk in the vicinity of municipal waste incinerators and metal reclamation plants in the Netherlands", *Organohalogen Compounds* 1 (1990), pgs. 567-570.

⁴⁰ "Holland", *Waste Not* n° 121, 11 Octubre 1990; "Interviews with two live downwind of the 3,000 tpd Rijnmond Municipal Waste incinerator", *Waste Not* n° 120, 11 octubre 1990; "The Netherlands: Milk and Meat Productos Contaminated by Dioxin from Solid Waste Incinerator", *Waste Not* n°61, 29 Junio 1989.

⁴¹ Conferencia de Dr. Kees Olie en las jornadas de "Incineración y salud" organizadas por la Confederación de Asociaciones de vecinos del Estado Español (CAVE), Madrid marzo 1995, pág. 3.

⁴² Schecter, A.J. et al, "Polycholinated dibenzo-para-dioxin and dibenzofuran in human adipose tissues from workers 32 after occupational exposure to 2,3,7,8-TCDD". *Chemosphere* vol 17 (1988), pg. 915.

⁴³ Sechter, A.J. et al, "Agent Orange and the Vietnamese: the persistence of elevated dioxin levels in human tissues", *Am.J.Public.Health* Vol 85-4 (Abril 1995), pgs. 516-522.

Cloracné.-

La primera enfermedad asociada con la exposición a las dioxinas es el cloracné descrita en 1897. El cloracné es una enfermedad laboral descubierta en la década de 1930 entre los trabajadores de industrias químicas que manipulaban pesticidas y PCBs (Bifenil Poli Clorados). Sin embargo la dioxina no fue identificada como la causa del cloracné hasta 1960. La dioxina era un contaminante indeseado en el proceso de producción de algunos pesticidas y PCBs que se sintetizaba al mismo tiempo. El cloracné produce erupciones en la piel, quistes y pústulas que tienen semejanza con los casos más agudos de acné juvenil, con la diferencia que las úlceras pueden cubrir todo el cuerpo y en los casos más graves durar varios años. En animales de laboratorio el cloracné aparece con niveles de dioxinas acumuladas en los tejidos tan bajos como 23 ng/kg (Una parte por billón). En humanos se da con dosis acumuladas de 96 ng/kg.

Cáncer.-

El poder cancerígeno de las dioxinas ha podido ser constatado por diversos autores que relacionan en sus trabajos la aparición de algunos tipos de cánceres con la exposición a dioxinas. La International Agency for Research on Cancer ha clasificado la 2,3,7,8-TCDD como posible cancerígeno, basándose en estudios de animales de laboratorio. Producen efectos cancerígenos en animales de laboratorio a dosis de 0,001 microgramos/kg/día. Parece que su actuación es más carcinógena (colabora como promotor o iniciador secundario) que cancerígena, aunque todavía no se conoce bien su mecanismo de actuación a nivel celular⁴⁴. Los cánceres más relacionados serían el cáncer de hígado, sarcomas de tejidos blandos, y cánceres de sangre (leucemia mieloide, linfoma no Hodgking).

En 1976 se produjo un accidente industrial en Seveso (a 30 km al norte de Milán Italia), en una planta de fabricación de triclorofenol (materia prima para pesticidas) de Hoffman-LaRoche, que ocasionó la liberación a la atmósfera de algunas miles de gramos de dioxinas. Murieron 73.000 animales y se evacuaron a 700 personas, 200 de las cuales sufrieron cloracné. Los científicos han controlado la salud de 2.000 familias de la zona. Se ha documentado un aumento de la incidencia de enfermedades cardiovasculares y de determinados tipos de cáncer. La población que vivía en la segunda área más contaminada tenía tres veces más posibilidades de padecer cáncer que la población general (en las mujeres era 5,3 veces más frecuente el cáncer tipo mieloma múltiple, leucemia mieloide, linfoma no Hodgking, y de tejidos blandos, en los hombres 5,7 veces más frecuente el cáncer de sangre y del sistema linfático).⁴⁵ También ha sido demostrada la relación entre dioxinas y cáncer entre los trabajadores expuestos a dioxinas en plantas químicas⁴⁶. Otros estudios importantes publicados aportan datos similares⁴⁷.

Kogan y Clapp (1985) publicaron los resultados del Programa Agente Naranja de Massachusetts. En este programa se estudió la mortalidad durante el periodo 1972-83, de un grupo de veteranos de Vietnam, donde se había empleado el Agente Naranja como

⁴⁴ Hanson, D.J., "Dioxin toxicity: new studies prompy debate, regulatory action". Chem. Ind. News, Vol. 12, Agosto 1991, pgs. 7-14.

Okey, A.B., Riddick, D.S., Harper, P.A., "The Ah receptor: mediator of the toxicity of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds". Toxicology Letters Vol 70(1), 1994, pgs 1-22.

⁴⁵ Bertazzi et al. (1993) "Cancer Incidence in a Population Accidentally Exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin" Epidemiology, 4(5):398-406.

⁴⁶ Hardell and Eriksson (1988) Cancer 62:652656.

⁴⁷ - Marilyn Fingerhut, W.E. Halperin, D.A. Marlow et al. "Cancer Mortality in Workers Exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin". NEW ENGLAND JOURNAL OF MEDICINE Vol. 199 (1991), pgs. 212.218.

- A. Zober et al. "Thirty-Four year mortality follow-up of BASF employees exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin after the 1953 accident". INTERNATIONAL ARCHIVES OF OCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALT Vol 62 (1990), pgs. 139-157.

- A. Manz, J.Berger, J.H. Dwyer et al. "Cancer mortality among workers in a chemical plant contaminated with dioxin" THE LANCET Vol. 338 (1991), pgs. 959-964.

defoliante. Entre 1962 y 1971 se vertieron 55 millones de kg de herbicidas⁴⁸, dejando enormes zonas deforestadas, que aún hoy están afectadas. El Agente Naranja estaba formado por herbicidas clorofenoxiácidos 2,4,5-T y 2,4-D. El primero de ellos contiene como impureza pequeñas cantidades de dioxina (2,3,7,8-TCDD). La Dow Chemical fabricante del Agente Naranja fue denunciada por 45.000 veteranos y después de años de litigios se pagaron 180 millones de dólares en compensaciones. Este estudio reveló una mayor mortalidad por cáncer entre los veteranos de Vietnam, que en otro grupo de veteranos que no había servido en Vietnam.

La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) publicó en 1994: “En relación al poder cancerígeno, la evaluación del peso de la evidencia sugiere que las dioxinas, furanos y compuestos relacionados pueden provocar un riesgo de cáncer en los seres humanos”. US EPA (1994)⁴⁹.

Enfermedades cardiovasculares.-

Recientemente se ha publicado un estudio sobre la salud de 1.189 trabajadores de una fábrica de pesticidas en Hamburgo (Alemania), que estuvieron expuestos a la dioxina entre 1952 y 1984⁵⁰. El seguimiento duró hasta 1992. Las muertes en ese grupo se compararon con las muertes entre 2.528 trabajadores de una fábrica de gas, que se tomaron como grupo control. La fábrica producía fenoxiherbicidas (2,4-D, 2,4,5-T y silvex), clorofenoles y otros herbicidas e insecticidas, que estaban contaminados con dioxinas. El estudio encuentra un incremento en la mortalidad global, en la mortalidad por cáncer y por isquemia coronaria. La isquemia coronaria es debida al estrechamiento de las arterias del corazón cuya consecuencia es la reducción del flujo sanguíneo al músculo cardíaco. La reducción del flujo sanguíneo puede desencadenar un cuadro de angina de pecho (insuficiencia coronaria). Además hay una correlación positiva entre exposición a las dioxinas y mayor tasa de mortalidad. Hay tres veces más posibilidades de morir por cáncer y 2,5 veces de morir por isquemia coronaria, comparado con los trabajadores del grupo control. Hay que destacar que las exposiciones de los trabajadores a la dioxina fueron medidas mediante análisis de sangre y no estimadas mediante cálculos como en los estudios anteriores.

Ha sido sorprendente la relación dosis-efectos en el caso de las enfermedades coronarias. Los estudios previos no eran concluyentes en este punto, algunos estudios encontraban un aumento de este tipo de enfermedades y otros no. Ya en los estudios mencionados anteriormente de seguimiento de la salud de la población de Seveso, se había encontrado un excesivo número de personas muertas por insuficiencia coronaria. Se atribuían esas muertes al estrés del accidente. Ahora nos podemos preguntar si esas muertes habían sido causadas no por el estrés sino por la exposición a las dioxinas durante el accidente.

En dos estudios se ha encontrado un incremento de la incidencia de diabetes en soldados americanos en Viet Nam. Hay un tercer estudio efectuado por las Fuerzas Aéreas norteamericanas y hecho público en octubre de 1995, donde se recoge durante 20 años un aumento de la incidencia de la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Agencia Reuters 6.10.95).

⁴⁸ Estaban contaminados con dioxinas. Se piensa que a lo largo de toda la guerra se lanzaron entre 170 y 180 kg de dioxinas. Los primeros estudios humanos sobre dioxinas comenzaron en Viet-Nam. La primera incidencia observada fue el cáncer de hígado. No deja de ser irónico que la preocupación sobre las dioxinas, en Occidente, comenzara con los efectos detectados en los peces y aves marinas, debido a la contaminación por dioxinas del Agente Naranja.

⁴⁹ “Risk characterization of dioxin and related compounds draft. Washington, DC.: Bureau of National Affairs. May 3, 1994

⁵⁰ Dieter Flesh-Janys et al, “Exposure to Polychlorinated Dioxins and Furans (PCDD/F) and Mortality in a Cohort of Workers from a Herbicide-producing Plant in Hamburg, Federal Republic of Germany”. AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY Vol. 142, No. 11 (December 1, 1995), pgs. 1165-1175.

Efectos sobre la reproducción y el desarrollo.-

La exposición a las dioxinas durante la gestación puede tener como consecuencia la toxicidad para el feto en desarrollo, con efectos que incluyen la muerte, malformaciones estructurales, disfunción de órganos y retraso en el crecimiento. En 1968 en Yusho (Japón) y en 1979 en Yu-Cheng (Taiwán) miles de personas consumieron aceite de arroz contaminado con PCDD/Fs y PCBs, y se presentaron todo estos efectos⁵¹. Se observó también un aumento de la mortalidad prenatal, así como una disminución de peso al nacimiento, lo que indica un retraso del crecimiento fetal⁵². También se ha documentado una disfunción orgánica relacionada con el sistema nervioso central, caracterizada por un retraso psicomotor, que incluye daños en el desarrollo intelectual de niños cuyas madres estuvieron expuestas en el incidente de Yu-Cheng⁵³.

Investigadores del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Laboral de los EE.UU. (NIOSH) han encontrado reducidos niveles de testosterona (hormona sexual masculina) en la sangre de trabajadores expuestos a la dioxina⁵⁴.

Se ha descubierto que el recuento de espermatozoides ha descendido hasta en 50% y que los trastornos del aparato reproductor masculino han aumentado desde la década de 1950⁵⁵. Es posible que las dioxinas y otros organoclorados jueguen un papel importante, siendo los efectos superiores en individuos expuestos en el útero que en estado adulto⁵⁶. La transmisión de las dioxinas de la madre al feto vía placentaria puede provocar afecciones al tiroides de los niños, detectado en la primera semana de vida⁵⁷.

Los niveles de dioxinas en la leche materna son particularmente preocupantes ya que se cree que los recién nacidos son muy sensibles a ellas⁵⁸. Estudios llevados a cabo por la OMS⁵⁹ sobre niveles de dioxinas en la leche materna en Europa, Japón, Canadá y zonas seleccionadas de EE.UU., estiman que la ingestión media diaria de dioxinas por lactantes recién nacidos y hasta los 6 meses de vida es de 13 pg de 2,3,7,8-TCDD/kg peso corporal (que equivalen a 90 pg Toxicidad equivalente/kg). Estos niveles son superiores a la dosis máxima de exposición diaria a lo largo de toda la vida que puede considerarse no perjudicial para la salud pública, que la OMS ha fijado en 10 pg Toxicidad equivalente/kg·día. De acuerdo con la Asociación Médica Alemana de la región de Munich, en septiembre de 1990, la leche de las mujeres está 20 veces más contaminada con dioxinas que la leche de vaca⁶⁰. En Alemania algunos pediatras han planteado ya a las mujeres jóvenes la limitación de la

⁵¹ Yamashita, F., "Fetal PCB syndrome: clinical features, intrauterine growth retardation and possible alteration in calcium metabolism", *Environ. Health Perspect.* Vol 59 (1985), pgs. 41

Kuratsune, M. et al, "Yusho, with reference to Yu-Cheng", en *Halogenated Biphenyls, Terphenyls, Naphtalenes, Dibenzodioxins and related products*, 2ª edición, Eds. Elsevier, Amsterdam, 1989, pg. 381.

Rogan, W.J., "Yu-Cheng" en *Halogenated Biphenyls, Terphenyls, Naphtalenes, Dibenzodioxins and related products*, 2ª edición, Eds. Elsevier, Amsterdam, 1989, pg. 401.

⁵² Peterson, R.E., "Developmental and reproductive toxicity of dioxins and related compounds: cross species comparisons", *Critical Reviews in Toxicology* Vol 23 (1993), pgs. 283-335.

⁵³ Hsu, S.T. et al, "Discovery and Epidemiology of PCB poisoning in Taiwan: a four-year follow-up", *Environ. Health Perspect.* Vol 59, 5 (1985).

⁵⁴ Grace M. Egeland et al, "Total Serum Testosterone and Gonadotropins in Workers Exposed to Dioxin", *AMERICAN JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY*, Vol 139 (1994), pgs 272-281.

⁵⁵ Sharpe, R.M. y Shakkebach, N.E., "Are oestrogens involved in falling sperm counts and disorders of male reproductive tract", *LANCET* Vol. 341(1993), pgs 1392-1395.

⁵⁶ Peterson, R.E., "Developmental and reproductive toxicity of dioxins and related compounds: cross species comparisons", *Critical Reviews in Toxicology* Vol 23 (1993), pgs. 283-335.

⁵⁷ Conferencia de Dr. Kees Olie en las jornadas de "Incineración y salud" organizadas por la Confederación de Asociaciones de vecinos del Estado Español (CAVE), Madrid marzo 1995 pg. 5.

⁵⁸ Vos, J.G et al, "Immune alterations" en *Halogenated biphenyls, terphenyls, naphtalenes, dibenzodioxins and related products*. Elsevier, Amsterdam, pg. 295.

⁵⁹ World Health Organization/Regional Office for Europe, "Levels of PCBs and PCDFs in breast milk". *Environmental Health Series*, nº 34, Copenhagen.

⁶⁰ "German Medical Association. Response of the Medical Community in Munich to the Garbage Problem", *Waste Not* nº 125, 15 Noviembre 1990.

lactancia a tres o cuatro meses.

También en la endometriosis (una enfermedad provocada por el desarrollo anómalo de tejido endometrial fuera del útero, que se manifiesta fundamentalmente en forma de dolor crónico y esterilidad y cuyo origen no está totalmente establecido aunque parecen contribuir factores inmunitarios y ambientales) se ha establecido una relación directa con la polución por dioxinas⁶¹. Uno de los países europeos más contaminados por dioxinas es Bélgica y presenta una de las incidencias más elevadas de endometriosis⁶². Esta relación ya había aparecido en animales anteriormente⁶³.

Las evidencias en mamíferos en el laboratorio son abrumadoras. Richard E. Peterson de la Universidad de Wisconsin publicó en 1992 tres estudios⁶⁴ que demostraban que ratas machos jóvenes - a sus madres se les había proporcionado 0,064 microgramos/kg de peso corporal - presentaban niveles bajos de hormonas masculinas, y una variedad de alteraciones relacionadas con el sexo, como:

- órganos sexuales de tamaño inferior, incluyendo testículos más pequeños
- maduración sexual retrasada
- disfunciones hormonales relacionadas con la producción de testosterona
- mayor disposición a asumir roles sexuales alterados en el apareamiento sexual.

¿Pueden extenderse estos resultados a los seres humanos?

Linda Birnbaum de la (US)EPA comentó que los resultados encontrados por Peterson en 1992 en ratas deberían preocupar por su posible extensión al ser humano⁶⁵. En marzo de 1995 Birnbaum junto con Earl Gray y otros⁶⁶, ha confirmado que muchos resultados de Peterson se producen en otra especie, el hamster sirio. El hamster es conocido por su insensibilidad a los efectos de la dioxina, pero bajas dosis de exposición de hamster preñadas produce un 60% de reducción de esperma en la descendencia masculina, aparte de importantes cambios tales como reducción de un 23% del tamaño de las glándulas suprarrenales.

En agosto de 1995 Earl Gray publicó un tercer estudio⁶⁷ demostrando que una baja dosis de dioxina suministrada a ratas preñadas producía una descendencia femenina hermafrodita. Otros efectos son el descenso en el peso de los ovarios, reducción de la vida fértil e incremento de la hiperplasia quística de endometrio.

No hay dudas de que pequeñas dosis de dioxina durante el desarrollo embrionario en los mamíferos pueden alterar considerablemente el desarrollo y la conducta sexual.

⁶¹ Gibbons, A., "Dioxin tied to endometriosis (news)", Science 26 noviembre 1993, Vol. 262 (5138), pg. 1373.

⁶² Koninckx et al., "Dioxin pollution and endometriosis in Belgium", Hum.Reprod. 1994

⁶³ Rier, S.E. et al., "Endometriosis in rhesus monkeys (Macaca mulatta) following chronic exposure to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin", Fundam.Appl.Toxicol Vol 21(4) (1993), pags. 433-41.

⁶⁴ Thomas A. Mably et al., "In Utero and Lactational Exposure of Male Rats to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin.1. Effects on Androgenic Status." Toxicology and Applied Pharmacology Vol. 114 (Mayo 1992), pgs. 97-107.

Thomas A. Mably et al., "In Utero and Lactational Exposure of Male Rats to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin.2. Effects on Sexual Behavior and the Regulation of Luteinizing Hormone Secretion in Adulthood". Toxicology and Applied Pharmacology Vol 114 (Mayo 1992), pags. 108-117.

Thomas Mably et al., "In Utero and Lactational Exposure of Male Rats to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin.3. Effects on Spermatogenesis and Reproductive Capability". Toxicology And Applied Pharmacology Vol 114 (Mayo 1992), pgs. 118-126.

⁶⁵ J. Raloff, "Perinatal dioxin feminizes males rats", Science News Vol 141 (30 mayo 1992), pg. 359.

⁶⁶ Gray, L.E. et al., "Exposure to TCDD during development permanently alters reproductive function in male long evan rats and hamsters: Reduced ejaculated and epididymal sperm numbers and sex accessory gland weights in offspring with normal androgenic status", Toxicology and applied pharmacology Vol 131 (1995), pgs. 108-118.

⁶⁷ Gray, L.E. et al, "In utero 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) alters reproductive morphology and function in female rat offspring", Toxicology and applied pharmacology Vol 133 (1995), pgs. 285-294.

Efectos sobre el sistema inmunitario.-

Los resultados de numerosas investigaciones en animales y algunos estudios epidemiológicos han mostrado que el sistema inmunitario es particularmente susceptible a los PCDD/Fs y PCBs. Estos resultados son muy preocupantes pues la función del sistema inmunitario es mantener la salud y su alteración puede incrementar las enfermedades infecciosas y algunos tipos de cáncer. Parece también que la TCDD puede afectar indirectamente el sistema inmunitario alterando la actividad de ciertas hormonas⁶⁸. Se han observado efectos sobre el sistema inmunitario de niños de madres que residían en zonas contaminadas por TCDD en Times Beach (Missouri, EE.UU) durante y después del embarazo⁶⁹. Times Beach fue contaminado con TCDD a principios de 1970 cuando se utilizó aceite industrial contaminado para controlar el polvo en carreteras y en pistas para caballos. Se han realizado pruebas a esos niños de edades entre 9 y 14 años, que revelan cambios importantes en la cantidad de varios tipos de células involucradas en el funcionamiento del sistema inmunitario. Las deficiencias inmunitarias pueden persistir durante 10 ó más años tras la exposición en el útero materno. En 1992 se realizaron pruebas para evaluar la función cerebral en esos niños y se comparó con una población similar en edad y sexo. Los resultados⁷⁰ mostraron que los niños expuestos a TCDD en el útero y al nacer, tenían medidas anormales del cerebro, principalmente lóbulos frontales. Se cree que la función anormal de la región del lóbulo frontal puede afectar los procesos intelectuales. Hay estudios que indican que las personas que sufrieron el incidente de Yu-Cheng (Taiwan) en 1979, padecieron afecciones hepáticas y trastornos en el funcionamiento del sistema inmunitario⁷¹. Un estudio en Suecia demuestra que personas que consumieron grandes cantidades de pescado del mar Báltico contaminado con organoclorados, incluyendo dioxinas, sufrieron alteraciones de un subgrupo de linfocitos con función supresora, llamado células asesinas⁷².

6.3.- Fuentes principales de dioxinas.

La dioxina es una sustancia que no existía en la naturaleza. Aparece con la industrialización y más en concreto a lo largo del siglo XX, y relacionada con el desarrollo de la industria del cloro y sus derivados. Alrededor de 1900 se descubre el método de obtener cloro libre a partir de la electrólisis del cloruro sódico fundido. Durante la década de los 30 y 40, se encontró la forma de obtener productos útiles uniendo el cloro con hidrocarburos presentes en el petróleo. Así se obtuvieron nuevos productos químicos como plásticos, pesticidas, disolventes, etc. Fue en los años 70 y a partir de accidentes que se produjeron en la industria cuando se empezó a percibir el peligro de un nuevo grupo de sustancias llamadas dioxinas. Hoy sabemos que la principal fuente de emisión de dioxinas al medio ambiente es la industria del PVC⁷³.

Pero no solamente esa industria emite dioxinas. También lo hacen las papeleras, empresas de fundición de metales, fábricas de pesticidas, etc⁷⁴. Desde 1976 y analizando las cenizas de plantas incineradoras de basuras en Holanda se sabe que las plantas incineradoras emiten

⁶⁸ US-EPA 1994.

⁶⁹ Smoger, G.H. et al, "In utero and postnatal exposure to 2,3,7,8-TCDD in Times Beach, Missouri:1. Immunological Effects: Lymphocyte Phenotype Frequencies". Dioxin 93, 13th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds, Viena. Organohalogen Compounds Vol 13, pgs 345-348.

⁷⁰ Cantor, D.S. et al, "In utero and postnatal exposure to 2,3,7,8-TCDD in Times Beach, Missouri:2. Impact on Neurophysiological Functioning". Dioxin 93, 13th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds, Viena. Organohalogen Compounds Vol 13, pgs 341-344.

⁷¹ Chang, K.J. et al, Toxicol. Appl. Pharmacol. Vol 61 (1981), pgs. 58-63, Environ. Res. Vol. 28 (1982), pgs. 329-334, J.Toxicol. Environ. Health, Vol. 9 (1982), pgs 217-223.

⁷² Svensson, B. et al, "Immunological competence and liver function in subjects consuming fish with organochlorine contaminants". Dioxin 1993, 13th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds, Viena septiembre 1993.

⁷³ Costner P., "PVC: "A Primary contributor to the U.S. Dioxin Burden", 21 febrero 1995, Greenpeace.

dioxinas⁷⁵. En EE.UU. no se prestó atención al tema hasta los primeros años de la década de los 80.

Es importante conocer todas las fuentes de dioxinas en el medio ambiente. Se disponen de dos evaluaciones distintas, las efectuadas en Alemania y en Holanda.

Tabla nº 5. Fuentes de generación de dioxinas en Alemania⁷⁶

FUENTE	EMISIÓN (g TEQ/AÑO)
Incineradoras	
Residuos urbanos	5-432
Residuos industriales	0,5-72
Residuos hospitalarios	5,4
Acerías	38-380
Automóviles	
Diesel	4,6
Gasolina con plomo	7,2
Gasolina sin plomo	0,7
Lodos de aguas residuales	0,1-1,1
Estufas	
Briquetas	1,8
Carbón	1,1
Combustibles fósiles	4,6
Cigarrillos	0,01

Aunque es muy difícil hacer unas estimaciones de este tipo, podemos concluir diciendo que una de las principales fuentes de dioxinas son las plantas incineradoras de residuos sólidos urbanos. ¿Cuanta dioxina puede emitir una planta? Los resultados de las pruebas en el horno Columbus de Ohio dan unos valores de 200 gramos al año en cada horno. En Alemania la incineradora de Ingolstadt se calcula que emite 207 gramos de dioxinas al año⁷⁷.

Tabla nº 6. Fuentes de generación de dioxinas en Holanda⁷⁸.

FUENTE	g I-TEQ/año
Incineración de basuras	382
Industria metalúrgica	26
Conservantes de madera	25
Incineración de residuos industriales	16
Combustión de madera	12
Tráfico	7
Incineración de residuos hospitalarios	2,1
Procesos de producción química	0,5

6.4.- Incineración y dioxinas. Mecanismos de formación.

Gran parte de la controversia que rodea a las incineradoras de residuos urbanos se centra en la emisión de dioxinas. Las dioxinas y los furanos se forman como subproductos secundarios o PICs (Productos de Combustión Incompleta) en la combustión de la basura. Los mecanismos de formación pueden ser variados:

⁷⁴ (US) EPA, Capítulo 9 de "Risk Characterization of Dioxin and Related Compounds", 7 marzo 1994., pgs. 7-8.

⁷⁵ Conferencia del Dr. Kees Olie, en Jornadas sobre Incineración y salud., Madrid marzo 1995, organizadas por la Confederación de Asociaciones de Vecinos del Estado Español (CAVE).

⁷⁶ Fiedler H. y Hutzinger, O., "Sources and sinks of dioxins: Germany", Chemosphere Vol 25:7-10 (1992), pgs. 1487-1491.

⁷⁷ Connet, Paul y Ellen, "Incineradoras: una respuesta errónea a una pregunta equivocada", GAIA nº5, julio-septiembre 1994, pgs. 16-24.

⁷⁸ Bremmer, H.J. et al. "Emissies van dioxinen in Hederland", RIVM-TNO 1993, Informe 770501003.

- que sean componentes traza de los materiales que se incineran, no se destruyan en la incineración, y salgan por la chimenea. Unas temperaturas superiores a 850°C podrían descomponer las dioxinas, pero durante el enfriamiento de los gases se volverían a recomponer las moléculas de dioxina.
- hay formación de dioxinas y furanos por la reacción de precursores clorados presentes en los residuos (clorobenzenos, sales de sodio o potasio de clorofenoles, PCBs, DDT, fenoxiácidos clorados, etc.)
- síntesis de dioxina después de la combustión por reacciones catalizadas en la superficie de las partículas de ceniza. Parece que los metales pesados presentes en forma de partículas pueden ser los catalizadores. Este es el proceso más habitual⁷⁹.

La emisión de dioxinas y furanos depende poco del control de la combustión y mucho de los sistemas de depuración de gases que existan. Pues parece que no hay ninguna correlación entre la emisión de dioxinas y furanos y la temperatura de combustión⁸⁰. Esa es una de las falacias de los promotores de las incineradoras, que no tiene ninguna base científica. A este respecto es famoso el fraude científico propiciado por Floyd Hasselriis desenmascarado por el Dr. Barry Commoner en 1985⁸¹. En 1984 un ingeniero experto en combustión, llamado Floyd Hasselriis presentó una comunicación en donde en unas gráficas se mostraba la correlación existente entre temperatura de combustión y emisiones de dioxinas. Barry Commoner, que había obtenido unos resultados diferentes, revisó el trabajo de Hasselriis y comprobó que los datos de partida eran insuficientes para la confección de las gráficas.

A pesar de ello los técnicos de la industria y la Administración⁸² siguen utilizando el trabajo de Hasselriis y repitiendo machaconamente que se evitaría la formación de dioxinas si se aumentase la temperatura de combustión en el horno.

Olie et al. demostraron que se forman dioxinas y furanos cuando se quema lignina en presencia de cloro. El cloro está presente en muchos componentes de la basura y en muchos compuestos químicos. Esto sugiere que los compuestos fenólicos procedentes de la lignina pueden ser dimerizados y clorados para formar PCDDs y PCDFs.

Los experimentos de Eiceman y Rhei⁸³ también han demostrado que las dioxinas se pueden clorar alrededor de los 250°C si están adsorbidas en partículas de cenizas. La adsorción de precursores fenólicos sobre partículas de ceniza ocurre a temperaturas inferiores a los 400°C. Según el Center for the Biology of Natural Systems, la emisión de dioxinas y furanos refleja la síntesis de estos compuestos y no la destrucción de las dioxinas presentes en los residuos⁸⁴. La teoría de formación de dioxinas que proponen es:

- las dioxinas y furanos se forman por la reacción de los compuestos fenólicos producidos por la combustión incompleta de la lignina presente en los derivados de la madera (papel, cartón, etc) y el ácido clorhídrico.
- el ácido clorhídrico se forma en la combustión de los plásticos que contienen cloro, como el PVC.

⁷⁹ Hagenmaier, H. "Mechanisms of Formation and Descomposition of Poly-Chlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzo Furans in Incineration Processes". Proceedings of 1st International Congress on Toxic Combustion. Los Angeles 1989.

⁸⁰ Commoner, B., Shapiro, K. y Webster, T., "The origin and health risks of PCDD/PCDF". Waste Management & Research, Vol 5 (1987), pgs. 327-346.

⁸¹ El caso está explicado en La "Guerra sucia" de la incineración. Pgs. 2-7, Greenpeace enero 1995.

⁸² Ver página 6 del Resumen del curso sobre dioxinas y furanos: Problemática ambiental y metodología analítica. CEDEX y Dirección de Política Ambiental. MOPTMA, Madrid 1994.

⁸³ Eiceman, G.A. y Rhei, H.O., "Chlorination reactions of 1,2,3,4-tetrachlorodibenzo-p-dioxin on fly ash HCL in air", Chemosphere, Vol 11 (1982), pg. 822.

⁸⁴ Commoner, B. et al, "Environmental and Economic Analysis of Alternative Municipal Solid Waste Disposal Technologies. II. The origins of chlorinated Dioxins and Dibenzofurans Emitted by Incinerators that Burns Unseparated Municipal Solid Waste, and an Assessment of Method of Controlling them". CBNS Queens College, Flushing, NY. Diciembre 1984.

- la reacción de formación de dioxinas y furanos se forman en las cenizas volantes.
- La adsorción de los compuestos fenólicos a las cenizas volantes es inversamente proporcional a la temperatura y ocurre a temperaturas inferiores a los 500°C.

Vogg (1986) también propone que las dioxinas se crean en las partículas de ceniza volante, en la post-combustión⁸⁵.

Es por esta razón que las condiciones de combustión en el horno poco tienen que ver con la formación de dioxinas y furanos.

La cantidad de dioxinas que salen del horno puede ser pequeña, pero en la entrada de la chimenea aumenta 8 o 9 veces. Parece pues que la formación de dioxinas y furanos se da en las regiones más frías (250°C-300°C) de la incineradora. Así pues las incineradoras son fábricas de dioxinas.

6.5.- PVC, embalajes y dioxinas.

El PVC es un plástico clorado (absorbe la tercera parte de la producción de cloro en EE.UU.) de amplio uso, sobre todo en la industria de la construcción (tuberías, marcos de ventanas, cableado, suelos, etc), de automoción, del calzado, del juguete, etc. También se utiliza como embalaje de alimentos (agua mineral, aceites, etc). Todos estos productos acaban tarde o temprano en la basura.

El proceso de producción de PVC es generador de gran cantidad de dioxinas⁸⁶. El químico Pat Costner de Greenpeace encontró en el mismo PVC concentraciones de dioxinas similares a las encontradas en el Agente Naranja⁸⁷. La incineración de basuras que contengan plásticos de PVC introduce las dioxinas directamente en el incinerador, pero también las “fabrica” de nuevo como se ha señalado más arriba. Hay varios estudios que correlacionan la cantidad de dioxinas emitidas en incineradoras y presencia de PVC en los residuos a quemar⁸⁸. La separación de residuos puede eliminar la mayoría de los compuestos clorados, ya que el PVC es la principal fuente de cloro. La reducción de PVC en las incineradoras ha disminuido las emisiones de dioxinas en las incineradoras de Holanda⁸⁹.

Pensamos que las exigencia ecologistas de reducción del uso del PVC hasta su total eliminación tiene una justificación ambiental clarísima.

6.6.- Las cenizas sólidas y volantes. El problema de las cenizas.

Las escorias y sobre todo las cenizas volantes procedentes de la incineración contienen concentraciones elevadas de dioxinas y metales pesados. El 75-80% de la ceniza, llamada ceniza básica, permanece en el horno y se recoge en el fondo del mismo. El 25-20% restante, la ceniza volante, se aspira con los gases de chimenea y se recoge en calderas, intercambiadores de calor y equipos de filtración. Aquí se produce una paradoja interesante: cuanto más efectivos sean los filtros, menos dioxina y metales pesados se emitan a la atmósfera y más tóxicas serán las cenizas volantes y los residuos de los filtros.

En EE.UU. hay un gran debate sobre el carácter tóxico de las cenizas de incineradoras.

La Corte Suprema interpretó la sección 3001 (1) de la Ley de Conservación y Recuperación

⁸⁵ Vogg, H. et al, “Thermal Behavior of PCDD/PCDF in Fly Ash from Municipal Incinerators”, Chemosphere Vol.15, 9-12 (1986), pgs. 1373-1378.

⁸⁶ Evers, E.H.G. et al, “Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofurans residues in estuarine and coastal North Sea sediments: Sources and distribution”, Environ. Toxicol. And Chemistry, Vol. 12 (1993), pgs. 1583-1598.

⁸⁷ Costner P., “PVC: “A Primary contributor to the U.S. Dioxin Burden”, 21 febrero 1995, Greenpeace.

⁸⁸ Agencia de Medio Ambiente de Dinamarca, “PVC and Alternative Materials”, Copenhague, 1993.

⁸⁹ Borekamps-Kanters et al. “Final report of the RUL-VROM project: Green Waste Fraction, PVC, Waste Incineration and Dioxins”, Centre for Chemistry and the Environment 1993, Departamento de Química, Universidad de Leiden, Informe nº CCEERS 93-09.

de Recursos⁹⁰, en el sentido de que aunque las instalaciones que incineren residuos sólidos urbanos no están afectadas por la normativa que regula los residuos peligrosos, las cenizas que generan son una excepción y si lo están. La práctica común es mezclar los dos tipos de cenizas, así esa mezcla tiene la autorización de la EPA⁹¹ (plegándose a las presiones de los alcaldes y gestores de incineradoras, de las principales ciudades, que veían encarecerse de otro modo el funcionamiento de las incineradoras) para que pueda ser considerado como residuo no peligroso, y deja en manos de las propias incineradoras el análisis de las mismas a la salida de la instalación para determinar su peligrosidad. Es fácil pensar que aunque los contaminantes más peligrosos (metales pesados, dioxinas) estén diluidos en una masa mayor de cenizas **no por eso han desaparecido**, y que vertidas en vertederos habituales (sin medidas especiales de protección contra escapes y lixiviados), acabarán contaminando el medio ambiente.

La mayor parte de los estados requieren que las cenizas sean depositadas en vertederos especiales protegidos por revestimientos y sistemas para el control de los lixiviados. Todo ello encarece el coste de funcionamiento de la incineradora.

La industria de la incineración presenta siempre las cenizas como materiales inertes, estériles y no tóxicos. Ha habido intentos por parte de las industrias de la incineración para utilizar las cenizas como cimientos de carreteras, barreras marítimas o bloques de cemento para la construcción. No parece que sea una idea sensata dado que en el futuro las carreteras serán desmanteladas, y las obras demolidas, produciendo una segura contaminación.

7.- ¿Son posibles medidas de corrección y control de contaminantes?

En España no hay una normativa que limite la emisión de dioxinas⁹², aunque si existe una en la Comunidad Autónoma de Madrid.. Tampoco existían en las Directivas europeas 89/369 y 89/429 relativas a la prevención de la contaminación atmosférica procedente de instalaciones de incineración de residuos municipales.

Solamente se intenta controlar de forma indirecta su producción a través de las condiciones de combustión (temperatura del los gases de combustión mayores que 850°C durante dos segundos como mínimo), lo cual es un engaño como más arriba hemos demostrado. Además dado el coste altísimo que supone unos límites estrictos, se aplican principios de dudosa eficacia respecto a la prevención y protección de la salud humana como el BATNEEC⁹³, que está presente en varias Directivas, aunque parece que ultimamente se tiende al principio BAT (“Best available technology”), sin preocuparse por los costes, precisamente para que la aceptación pública de la incineración sea mayor⁹⁴.

En la Directiva 94/67 de 16 de diciembre de 1994, relativa a la incineración de residuos peligroso se establece un valor límite de emisión de dioxinas y furanos de 0,1 ng/m³N I-TEQ, que entrará en vigor en febrero 1997⁹⁵.

¿ Perjudicará la salud de la población una incineradora que emita por debajo de ese nivel no? Emitir contaminantes por debajo de los valores reglamentados no significa que los contaminantes emitidos no tengan un perjuicio en el medio ambiente o en las salud de las personas. Según se va descubriendo la peligrosidad de una sustancia o de una actividad,

⁹⁰ Decisión del 2 de mayo de 1994, Waste Not nº 315, “The great Incinerator Ash Scam: Part 1”, marzo 1995.

⁹¹ (US) EPA, “EPA Environmental Fact Sheet”- EPA 530-F-95-004, enero 1995.

⁹² Ni siquiera aparece la palabra dioxina en el Real Decreto 1088/1992, por el que se establecen nuevas normas sobre la limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de instalaciones de incineración de residuos municipales.

⁹³ BATNEEC es el acrónimo de “Best available technologies not entailing excessive costs” (la mejor tecnología disponible que no encarezca excesivamente los costes).

⁹⁴ Ver a este respecto el artículo de H.P. Stief-Tauch, un burócrata de la Comisión Europea (Jefe de la Unidad de Emisión de productos e instalaciones industriales) en Fresenius J.Anal.Chem (1994) 348:47-52, que rezuma un descarado interés por la incineración.

⁹⁵ Dos países de la Unión Europea Alemania y Holanda ya tenían esos valores límite en sus legislaciones nacionales.

progresivamente se van reduciendo los topes legales. Esto ha sucedido varias veces con la radiactividad y sucede ahora con las dioxinas. Pero es que hay además mucha dificultad en asegurar qué se está emitiendo y si está por debajo de los topes legales. La mayoría de los datos de emisiones de una incineradora viene de mediciones hechas en condiciones óptimas, cuando las plantas están recién estrenadas o cuando los técnicos están buscando los permisos de funcionamiento. Es decir, no hay un control continuo sobre las emisiones más tóxicas. Parece ser que con la actual tecnología no es posible la medida continua de los niveles de dioxinas. Las compañías saben cuándo van a ser controladas y aseguran que sus mejores técnicos e ingenieros estén presentes para lograr unas condiciones óptimas de combustión. Ese tipo de quemado no puede mantenerse durante 24 horas al día, 365 días al año, cuando los controladores e inspectores no están presentes. Los controles tampoco reflejan la emisión de los PICs más tóxicos. Los protocolos normales de análisis incluyen un número muy limitado de los miles de sustancias que pueden ser emitidos, sin ser detectados. La medición de estas sustancias se hace dentro del apartado de análisis de Compuestos Orgánicos Totales. No tiene la misma importancia emitir 100 gramos de compuestos problemáticos (dioxinas, furanos, PCBs, etc) que 100 gramos de hexano. Tampoco se conoce con exactitud la composición de los residuos que se están quemando. Ya hemos visto que la mezcla de contaminantes varía mucho y tiene que ver con la proporción de plásticos (PVC), papel, etc, que existan en las basuras. Además, dada esa falta de control de los materiales que entran en una incineradora hay una gran probabilidad de que, residuos que provengan de entornos industriales sean tóxicos y lleguen a la incineradora.

8.- Las incineradoras en España: datos de emisiones por encima de lo recomendado.

Se empiezan a conocer los datos de las incineradoras que ahora funcionan en España y resulta que están emitiendo dioxinas muy por encima de los niveles recomendados en las Directivas europeas. En algunos trabajos de investigación recientes⁹⁶ se han medido los niveles de dioxinas y furanos en incineradoras en España, oscilando los valores entre 1,57 y 19,46 ng I-TEQ/Nm³, excediendo ampliamente el valor recomendado de 0,1 ng/m³.

Unos análisis efectuados durante 1995 y hechos públicos el 17 de enero de 1996, demuestra que se llegaron a emitir en el horno nº1 de la incineradora de Mataró hasta 3,22 ng/Nm³. Estos datos fueron presentados por el Dr. José Rivera, responsable de análisis de dioxinas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de Barcelona. El mismo investigador reconoció la imposibilidad de que las plantas de incineración españolas puedan alcanzar los límites europeos⁹⁷.

En España se han construido incineradoras que no reúnen los requisitos que muy pronto se van a exigir a todas las plantas europeas. Los costes e inversiones han sido relativamente bajos. Se ha ahorrado mucho en las instalaciones de protección y contención de la contaminación. Para muestra el ejemplo de la incineradora de Tarragona. En 1992 era considerada como modelo de tecnología moderna. Durante estos cuatro años ha estado emitiendo muy por encima de la legislación europea. Ahora sabemos⁹⁸ que el filtro de lavado de gases que se pensaba instalar en diciembre de 1995 se retrasará dos años más. El proyecto para la instalación del filtro de lavado de gases, que reducirá las emisiones de contaminantes, está valorado en mil millones de pesetas, aunque el valor final podría aumentar.

⁹⁶ Casanovas, J., et al, "PCDF and PCDD levels in different types of environmental samples in Spain", Fresenius J.Anal.Chem. (1994) 348:167-170.

⁹⁷ Comunicado de Prensa de Greenpeace España, 19 enero de 1996.

⁹⁸ Diari de Tarragona, 17 enero 1996.

9.- La incineración como obstáculo a los planes de recogida selectiva.

La mayoría de las propuestas de construcción de nuevas incineradoras lo hacen dentro de una mal llamada gestión “integral” de los residuos sólidos urbanos. Dejan un margen para el reciclaje parcial (vidrio, papel, metales) pero nunca proponen la recogida selectiva, la minimización de producción de residuos en origen o el reciclaje intensivo. En la actualidad ya se sabe que hay que darse un tinte “verde”, pues es lo que está de moda. El argumento central es que el reciclaje intensivo es utópico y que siempre habrá un porcentaje de rechazos cuya mejor solución es la incineración.

Los ecologistas no adoramos al reciclaje. Aunque sea muy importante, hay otras formas de tratamiento más ventajosas. La reducción de residuos y la reutilización de materiales están por delante en la lista de preferencias ecológicas. Las alternativas de reciclaje parcial están ligadas a la construcción de vertederos o de incineradoras. Es lógico que piensen sus promotores que el reciclaje intensivo es utópico, pues si se quiere que el horno de la incineradora tenga alimentación continua no conviene que el reciclaje aumente demasiado. Además si hay recuperación de energía, interesa que el poder calorífico de las basuras se mantenga en un nivel alto, por lo que se abogará por que no desaparezcan las fracciones que puedan mantenerlo alto (papel, cartón, plásticos, etc).

En realidad el único obstáculo insalvable para el reciclado es la construcción de una incineradora. “Por una simple razón física, la incineración *interfiere* realmente en el reciclado: alrededor del 80% del flujo de basura consta de componentes como el papel y los restos de alimentos que pueden o bien ser quemados o bien ser reciclados, pero obviamente no ambas cosas.”⁹⁹

Se ha podido comprobar que los municipios que tienen incineradoras de residuos no pueden superar el 25% de reciclaje. Pero incluso esta cifra puede dificultar el buen funcionamiento de una incineradora. Por ejemplo, en el condado de Warre, Nueva Jersey (EE.UU.), la obligatoriedad de reciclar el 25% de los materiales fue la causa de las pérdidas económicas sufridas por la incineradora del condado¹⁰⁰. La comunidad tuvo que reembolsar al constructor y al operador de la incineradora por las pérdidas.

Las ciudades que reciclan una parte importante de las basuras y que instalan una incineradora no pueden aumentar su porcentaje de reciclaje. Babilonia en el estado de Nueva York, con 231.234 habitantes reciclaba el 34% de sus basuras en 1989. La construcción de una incineradora impidió aumentar ese porcentaje. Además la mitad del papel recogido tuvo que ser incinerado para cumplir con los requerimientos de la planta¹⁰¹.

⁹⁹ Commoner, B., En paz con el planeta, pg. 134, Ed. Crítica, Barcelona 1992.

¹⁰⁰ Brown, L, “La situación en el mundo: 1991”. Ed. Apóstrofe 1991, pg. 84.

¹⁰¹ Platt et al., “Beyond 40%: Record-setting Recycling and Composting Programs”. Institute For Local Self-Reliance 1990. Washington D.C.