

INCINERACIÓN DE RESIDUOS

INTRODUCCIÓN

El progresivo crecimiento que está experimentando el tráfico de mercancías a nivel planetario, y más específicamente en ciertos ámbitos como la CEE, así como el despilfarro de recursos naturales con el que sistemáticamente se identifica el bienestar de la sociedad ha hecho de los RESIDUOS uno de los mayores problemas a gestionar por las distintas administraciones. La actuación y la gestión sobre los residuos es una de las mayores partidas de gastos de cualquier gobierno autonómico o local, pero aún así la magnitud del problema es creciente y está lejos de resolverse.

Las actuaciones que se han emprendido no han puesto nunca en duda el modelo de desarrollo y consecuentemente han consistido en aportaciones tecnológicas que trataban de paliar el problema una vez producido, muchas veces originando otros de consecuencias impredecibles, y siempre sin cuestionar sus causa e intentar actuar directamente sobre ellas.

El deterioro de las condiciones ambientales en las áreas de mayor desarrollo donde el nivel de consumo es más alto y donde se producen la mayor parte de los residuos ha conducido al traslado de las actividades más contaminantes o de los residuos que éstas generan a áreas de la periferia. Allí, este nuevo impacto se une a la degradación ambiental producida por la sobreexplotación incontrolada de los recursos naturales con todos los daños socioeconómicos diferidos que esto conlleva. Este planteamiento se reproduce tanto a nivel estatal como a nivel planetario: las industrias nacionales contaminantes desalojan las grandes urbes y acuden a la periferia en busca de suelo y mano de obra abundantes y baratos, así como cierta permisividad (ignorancia) en lo que a impactos ambientales se refiere; las multinacionales reproducen este mismo esquema trasladándose a países en vías de desarrollo, donde la diferencia en el precio de mano de obra puede ser abismal, donde son bien acogidas por gobiernos locales permisivos en cuestiones ambientales y donde no precisarán de adicionales inversiones anticontaminantes antes de verter a la atmósfera o a los ríos.

El progresivo distanciamiento de las actividades productivas de los centros de consumo, no sólo conduce a mayor consumo de energía en el transporte. Se precisa simultáneamente una mayor resistencia del producto a las posibles condiciones en muchos casos impredecibles a las que se puede ver sometido durante su transporte y almacenamiento. Se recurre, por ejemplo, a aditivos en los alimentos para evitar su

descomposición y prolongar su caducidad, a sobreempaquetados, a aislantes térmicos, a transportes frigoríficos, a componentes desecantes, a rellenos antichoque, a envases compuestos de varios materiales.

INCINERACIÓN DE RESIDUOS

El Gobierno plantea actualmente la opción de incinerar los residuos como la solución tecnológica que puede acabar con el problema existente en todo el Estado con los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y con los Residuos Industriales Tóxicos y Peligrosos (RTP). También se está planteando esta solución para los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

Este planteamiento está siendo fuertemente contestado por la opinión pública en las comarcas afectadas por las instalaciones de incineración proyectadas (Almadén, Valdemingómez, Monteagudo, Cazalegas, Miramundo), llegando incluso a paralizar los proyectos. Si bien estas protestas se han originado en gran parte por el rechazo popular a instalaciones potencialmente peligrosas o contaminantes ("no en mi patio trasero"), han venido avaladas por los planteamientos de organizaciones ecologistas que se oponen a la incineración tanto por sus riesgos ambientales como por ser una opción que al aplicarse cuando el residuo ya está producido ("al final de la tubería"), no incide en absoluto sobre la minimización de la producción de los residuos ni sobre la prevención de su generación, estrategia que de ser atendida por el Gobierno y las industrias minimizaría la necesidad de instalaciones para el tratamiento de los residuos.

No ha faltado tampoco la voz de los sindicatos de trabajadores denunciando que los beneficios sociales que traerían las incineradoras (puestos de trabajo) son ridículos frente al impacto social que supondrían los efectos sobre otras actividades que se desarrollen en la misma comarca.

El Gobierno ha achacado a estas protestas la responsabilidad de la paralización de los proyectos de instalación de incineradoras, acusando al movimiento ciudadano y ecologista de ignorante, insolidario y responsable de permitir la situación de vertido incontrolado generalizado que existe en la actualidad.

Claramente no les son achacables esas calificaciones. El conocimiento acerca de la incineración que tienen muchos gobiernos autonómicos está marcadamente influido por los intereses de las compañías que se beneficiarán de dichos proyectos y esto les impide aplicar soluciones racionales. La insolidaridad la muestran los gestores del medio ambiente que prefieren ubicar estas instalaciones en áreas poco pobladas y deprimidas económicamente, tal vez huyendo del rechazo popular que

se encontrarían en áreas industrializadas donde se producen mayormente los residuos. Finalmente han sido las industrias con el consentimiento del gobierno las que han estado y siguen vertiendo los residuos de forma incontrolada durante décadas, así como añadiendo envases y sobreempaquetados innecesarios a los artículos de gran consumo que han ido a parar a los vertederos de RSU.

Es pues más responsable el gobierno de la situación actual que cualquier otro estamento social.

El argumento central del movimiento ecologista en contra de la incineración no puede ser más razonable: mientras se sigan produciendo alegremente residuos sin limitación alguna, que no espere el gobierno otra cosa que oposición a los proyectos que actualmente están siendo propuestos como la única solución al problema que los residuos plantean en el marco medioambiental del Estado Español.

Con este documento pretendemos explicar que la opción de incinerar los residuos no resuelve el problema que plantean los residuos, sino que lo prolonga al darles una vía de escape que temporalmente ocultan su impacto actual, pero que provoca otros que difícilmente estarán alguna vez bajo control.

INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

I) INTRODUCCIÓN

En una sociedad agrícola y rural en un entorno no industrializado los objetos de consumo son poco elaborados y de procedencia próxima. Como consecuencia, su consumo apenas produce residuos, que además son fácilmente asimilables por el medio.

Sin embargo, la sociedad industrializada ha posibilitado la elaboración de los materiales extraídos de los recursos naturales hasta límites extremadamente sofisticados. Al mismo tiempo ha permitido el transporte de las mercancías a lo largo de todo el planeta acercándolas a todos los consumidores.

En este tipo de sociedad industrializada, la población está concentrada en grandes ciudades o urbes. Como consecuencia el consumo se concentra al igual que la población, cada vez más lejos de las fuentes naturales de recursos de los que se nutre.

Esta progresiva concentración supone una fuerte alienación del ciudadano con respecto a la Naturaleza a la que explota indirectamente, circunstancia que en el marco económico capitalista

es aprovechado por todas aquellas actividades económicas intermedias entre el recurso natural y el consumidor, para potenciar el consumo hasta niveles desorbitados.

A su vez, la elaboración de los artículos es cada vez más compleja. Se pueden comprar en cualquier comercio artículos compuestos de múltiples materiales fabricados y ensamblados mediante complicados procesos industriales, llevados a cabo en cualquier parte del planeta sobre materias primas procedentes de cualquier otra parte. Y de todas estas circunstancias, el ingenuo consumidor apenas tiene consciencia, y si su poder adquisitivo se lo permite gasta y despilfarra sin necesidad.

Por añadidura, los procesos de elaboración generan residuos industriales y el consumo posterior produce residuos urbanos en las grandes urbes y en las áreas industriales, donde se desarrolla la mayor parte de la actividad humana.

Como resultado, una ciudad produce diariamente una gran montaña de residuos de muy diversa composición y de los que pretende deshacerse sin reparar en los costes económicos y ambientales que esto conlleva.

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que gestionan los ayuntamientos o mancomunidades tienen tres grandes apartados:

- Los residuos inertes o escombros procedentes de derribos, obras, etc.
- Los lodos de depuradora procedentes de la depuración de aguas residuales domésticas.
- Las basuras procedentes fundamentalmente de la producción doméstica.

Como vemos estos grandes apartados lo son más en función del medio de recogida que de la naturaleza de los residuos. Muchos escombros van a parar a las basuras, muchos residuos industriales van a parar a las alcantarillas y terminan en los lodos de depuradora, y las basuras domésticas son depositadas en los contenedores dispuestos para los escombros, así como residuos tóxicos e incluso radiactivos.

II) LA PRODUCCIÓN DE BASURAS EN EL ESTADO ESPAÑOL

Según cifras del MOPT en 1989 se produjeron 12,5 millones de Tm de basuras en España, 0,877 (Kg/hab/día). Esta cifra se podría incrementar estimativamente en un 10% que escapa al control municipal o mancomunal.

TABLA I: Producción de RSU (1991)

CC.AA.	Kg/hab/año	Tm/año	%
Andalucía	306	2.103.942	16,41
Aragón	238	289.106	2,25
Asturias	306	340.919	2,66
Baleares	547	412.863	3,22
Canarias	388	626.574	4,89
Cantabria	302	524.670	1,24
Castilla-La Mancha	353	587.755	4,58
Castilla y León	254	660.484	5,15
Cataluña	396	2.364.732	18,44
Comunidad Valenciana	317	1.195.725	9,33
Extremadura	291	316.766	2,47
Galicia	270	752.056	5,87
Madrid	360	1.747.662	13,63
Murcia	367	372.243	2,90
Navarra	276	141.449	1,10
País Vasco	295	629.236	4,91
La Rioja	292	76.682	0,60
Ceuta	325	23.206	0,18
Melilla	388	21.600	0,17

España	330	12.821.450	100
---------------	------------	-------------------	------------

La producción anual de basuras ha sufrido un incremento anual constante desde que se tienen datos sobre su recogida y vertido. Durante el período 1985-1990 este incremento anual se situó en un 6-7%.

Es importante denotar que la mayor producción per cápita se produce en aquellas CC.AA. en las que hay mayores concentraciones urbanas o en las que es necesario un mayor aporte de artículos de consumo procedentes del exterior (Madrid, Cataluña, C. Valenciana, o Melilla, Baleares, Canarias).

La composición de las basuras en el Estado es bastante similar a la de la CE salvo por la fracción de materia orgánica en detrimento de la fracción de papel/cartón. Estos datos son congruentes con un mayor consumo en España de alimentos frescos sin envasar frente al resto de los países de la CE. Aunque es verdad que el incremento que anualmente sufren las basuras se debe en gran parte al aumento de la fracción de papel/cartón, lo que hace pensar que nos estamos acercando a los estándares de consumos europeos.

TABLA II: Composición de las basuras en España y en la CE.

	España	CE
Papel/Cartón	15	30
Plásticos	9	6
Metales	3,5	5
Vidrio	7,5	8,5
Textil	2	-
Caucho	1	1
Otros	10	14
Materia Orgánica	52	35

El MOPT entiende por "vertedero controlado" aquel vertedero que esta sometido a ciertos controles sanitarios y ambientales y en el que la basura se vierte con ciertas precauciones para evitar la dispersión de los residuos y su combustión. Su emplazamiento requiere alguna clase de estudio que evite contaminar acuíferos o molestias a la población circundante.

"Vertedero incontrolado" es aquel en el que el vertido se lleva a cabo sin tomar especiales precauciones, con lo que suelen arder las basuras y dispersarse por la acción del viento así como por las aguas de escorrentía.

Compostaje es el tratamiento para las basuras que posibilita la fermentación de la materia orgánica para su posterior uso como abono. Si no ha habido un proceso previo de separación de la materia orgánica, el compost estará contaminado por los otros componentes de la basura.

El tratamiento dado a las basuras descrito en las tablas III y IV muestra que el vertido controlado se lleva a cabo en las CC.AA. con grandes municipios, donde si no hubiera cierta gestión, el problema sería mayúsculo. Sin embargo la fracción que se destina a vertedero incontrolado no es nada despreciable. Por otro lado, el compostaje se lleva a cabo sobre todo en las CC.AA. en las que más se desarrolla la agricultura intensiva de regadío, probable consumidora del compost.

TABLA III: Sistemas de Eliminación de RSU en España

Sistema de Tratamiento	Tm/año	%	Nº Centro de Tratamiento
Vertido Incontrolado	4.010.600	31,28	-
Vertido Controlado	6.278.470	48,97	97
Compostaje	1.897.525	14,80	23
Incineración con recuperación energía	476.200	3,71	4
Incineración sin recuperación energía	158.705	1,24	12

TOTALES	12.545.952	100	136
----------------	-------------------	------------	-----

TABLA IV: Distribución Territorial de los Tratamientos de RSU en España por CC.AA. (1991)

CC.AA.	Vertido Incontrolado Tm/año	Vertido Controlado Tm/año	Compostaje Tm/año	Incineración Tm/año
Andalucía	1.214.425	579.092	303.325	7.100
Aragón	126.106	163.000	-	-
Asturias	3.793	337.126	-	-
Baleares	222.863	150.000	-	40.000
Canarias	244.574	252.000	62.500	-
Cantabria	27.881	125.009	-	5.560
Castilla-La Mancha	453.755	93.000	41.000	-
Castilla y León	252.484	408.000	-	-
Cataluña	116.032	1.310.800	476.200	461.700
Comunidad Valenciana	200.284	306.941	688.500	-
Extremadura	191.266	124.000	-	-
Galicia	578.663	109.428	-	63.965
Madrid	45.342	1.632.320	70.000	-
Murcia	152.522	16.721	203.000	-

Navarra	106.819	34.100	-	580
País Vasco	36.303	552.933	-	40.000
La Rioja	14.682	62.000	-	-
Ceuta	1.206	22.000	-	-
Melilla	21.600	0	-	-
España	4.010.600	6.278.470	1.897.525	634.905

El gasto asociado a la gestión de los RSU entre las distintas administraciones públicas se cifró en 112.935 millones de pesetas en 1990. Es la segunda mayor partida de las que se invirtieron en actividades relacionadas con el medio ambiente, constituyendo el 23,4 % del total y sigue a la depuración de aguas residuales con un 34,8 %. Estas cifras son especialmente significativas si tenemos en cuenta que el presupuesto de cualquier ayuntamiento dedica entre un 10 y un 15% del presupuesto anual al tratamiento de RSU. Y ello teniendo en cuenta que una gran parte de los vertederos son incontrolados y que los controlados suelen tener graves deficiencias en su gestión.

Por otro lado vemos que la incineración es una opción apenas implantada en el marco estatal, pero desde hace unos dos años se está barajando cada vez más como la "salida" al problema que plantea el crecimiento continuado de la producción de residuos y la progresiva colmatación de los actuales vertederos. El Plan de Energías Renovables (PER) de 1989 ya contemplaba la construcción de 21 incineradoras de RSU con aprovechamiento energético y su financiación con 67 mil millones de ptas.

El incluir en el PER la incineración de basuras es una estrategia para conseguir financiación para las costosísimas incineradoras, y a su vez suavizar la oposición pública. Así, las incineradoras pasan a ser "plantas recuperadoras de energía" en vez de simples incineradoras con recuperación energética. El que todos los días cada habitante produzca 1 Kg de basura no significa que sea un recurso renovable. Muy 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 tiempo (los restos de alimentos proceden de la agricultura intensiva, o el papel de las repoblaciones masivas de eucaliptos) con el consiguiente impacto

ambiental (sobreexplotación de acuíferos, excesiva utilización de abonos químicos, erosión, desertificación, incendios forestales, etc.).

III) REFLEXIONES A FAVOR Y EN CONTRA DE LA INCINERACIÓN DE RSU

La incineración, también llamada eufemísticamente "destrucción térmica" o "recuperación energética", no es más que quemar los residuos por procedimientos más o menos complicados. Al margen de consideraciones puramente técnicas, despierta el interés de tecnócratas y gestores del medio ambiente por diversos motivos, por ejemplo:

1) Prolonga la vida de los vertederos y retrasa la ampliación de éstos o la elección de nuevos emplazamientos, tarea harto impopular.

2) Abre un nuevo mercado a empresas constructoras, de mantenimiento y operación, de investigación y desarrollo.

3) Puede aprovecharse la energía producida, y tanto más cuanto mayor sea la fracción de materiales con alto poder calorífico (papel, cartón, plásticos).

4) 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).

5) Se puede presentar a la opinión pública como un avance tecnológico "sin riesgo alguno", lo que proporciona imagen de modernidad al gobierno que elige esta opción.

6) Se puede insertar fácilmente entre la recogida y el vertido sin necesidad de cambios estructurales de la gestión actual.

7) 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 causar alteraciones indeseables en el mercado.

8) La inversión de capital es pública en muchos casos, así no hay riesgo para el capital privado, y además se puede obtener financiación estatal y de la CE.

9) Otros países industrializados de nuestro entorno optaron en el pasado por la incineración. No importa la valoración actual que se haga de las consecuencias; esos otros países resolvieron su problema en su momento.

Frente a estos argumentos a favor existe el correspondiente contraargumento:

1) Las incineradoras no evitan la necesidad del vertedero. Además los vertederos pasan a contener otros residuos más tóxicos que los residuos de partida.

2) Añaden un nuevo coste a la gestión de residuos sin crear ningún valor añadido. No reducen los costes de tratamiento actuales, son un coste añadido que no rompe la actual secuencia producción, recogida, vertido sino que la potencia.

3) La energía que se pueda recuperar siempre será mucho menor que la que se habría ahorrado si se reutilizasen y reciclasen los materiales que componen las basuras.

4) Se impide la implantación de programas efectivos de reducción, y de recogida selectiva para el posterior reciclaje pues esto supondría detraer materia prima para la incineración.

5) Se profundiza la idea de que la tecnología es capaz de resolver cualquier problema ambiental cuando históricamente se demuestra que la tecnología es la responsable de gran parte de los mayores problemas ambientales que nos afectan.

6) No limita el despilfarro de recursos naturales originado por actividades que en definitiva son las que deciden la cantidad y el volumen de los residuos al añadir elementos superfluos a los artículos de gran consumo.

7) No producen ningún beneficio a la comunidad, crean pocos puestos de trabajo, son costosas en su inversión inicial y en su mantenimiento. Detraen recursos económicos de otras necesidades tal vez más urgentes.

8) No se contempla la problemática situación actual en otros países de nuestro entorno a causa de la incineración. No se aprende de los errores ajenos para no caer en ellos. No es consistente con la política ambiental internacionalmente aceptada y proclamada de desarrollo sostenible, protección de la biosfera y de la atmósfera, aprovechamiento racional de los recursos, estrategia de las 3 Rs (reducción, reutilización, reciclaje), contribución al efecto invernadero, etc.

IV) INCINERACIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS PELIGROSOS

Según datos de EUROSTAT, en España se generan 5.108.000 Tm de residuos industriales y 1.708.000 Tm de residuos tóxicos y peligrosos al año, pero probablemente esta cifra sea mucho mayor. A estos hay que añadir los residuos que se importan de otros países. Así en el año 1989, se

importaron 71.000 Tm de polvos de acerías y residuos de cinc y cobre. A esto hay que añadir los 3.000 lugares contaminados por residuos tóxicos en el territorio español, cuyo coste de tratamiento puede ser altísimo.

Los datos de producción de residuos tóxicos y peligrosos son muy difíciles de obtener debido a que la gran mayoría de las empresas o no tienen presentada la Declaración Anual de Productores de RTP, o se acogen a la Ley de secreto industrial para no hacerla. También hay muchísimas empresas que, produciendo menos de 10 Tm de RTP al año, no han solicitado su Inscripción en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos. Todas estas circunstancias, junto a la incapacidad del gobierno para gestionar los RTPs, hacen que el Plan Nacional de Residuos Industriales sea un auténtico fracaso.

Suponiendo un coste de tratamiento de 10.000 ptas/Tm, tratar todos los residuos industriales en el Estado Español supondrían 68.000 millones de pesetas al año. La industria y el sector químico en especial, que es el responsable en última instancia de estos residuos, no pueden ni quieren pagar esta cifra. Es mucho más fácil seguir vertiendo incontroladamente, en vez de aplicar prácticas de minimización de residuos y tecnologías limpias. Y mientras se sigan produciendo residuos en estas cantidades no se puede prever que se establezca la emisión y acumulación de residuos tóxicos en el medio ambiente.

V) EL PROCESO DE INCINERACIÓN

El proceso de incineración para los RSU y RTP es muy similar. La siguiente descripción sucinta del proceso es válida para ambos tipos de residuos. En aquellos casos en que haya diferencias notables, se indicarán.

FASES PREVIAS

Antes del proceso de incineración es preciso seguir ciertas etapas previas cuyos riesgos ambientales son considerables y cuyo coste económico también es importante.

1) Recogida y transporte

La dispersión geográfica con que se producen los RSU es grande, lo que obliga al mantenimiento de flotas de camiones especiales para este fin. Por otro lado, como en general no se realiza clasificación ni recogida selectiva previa, suele suceder que otros tipos de residuos (tóxicos, por ejemplo), puede acabar mezclados con las basuras domésticas, lo que desvirtúa la supuesta seguridad de todos los procesos posteriores.

Si nos referimos a los RTP el coste debería ser aun superior a causa de las precauciones adicionales que se deben tomar por la naturaleza de los residuos y por los riesgos ambientales que se crean. Si bien las

instalaciones donde se producen y donde se tratan los residuos deben contar con infraestructura preparada para tales riesgos y con personal adecuadamente entrenado, no ocurre así con las poblaciones y ciudadanos que sin tener constancia conviven con estos transportes de mercancías peligrosas.

2) Almacenamiento

El almacenamiento previo a la incineración es preciso especialmente para los RTP. El motivo es que es obligado por la legislación el registro de todas las partidas recepcionadas y que es conveniente conocer la naturaleza de los distintos residuos que se van cargando al incinerador de cara a mantener un régimen estable o tomar a priori precauciones convenientes. A título de ejemplo, Minas de Almadén y Arrayanes S.A. está procesada por el almacenamiento inadecuado de residuos de mercurio ya que se rompieron los bidones, con la consiguiente dispersión de los residuos y la trazabilidad de las distintas partidas se perdió.

3) Procesos de separación

En los proyectos de incineración de RSU se suele incluir un proceso de separación previo con vistas a la recuperación de los materiales y su posterior reciclaje. Este proceso previo suele ser especialmente ineficaz y no es capaz de recuperar más del 50% de los materiales. Justifica esta ineficacia el hecho de que los distintos materiales se encuentran mezclados y son separados manualmente y con ciertas ayudas mecánicas de cribado y triaje. Además, la recuperación de materiales podría no ser interesante, no sólo por no existir el mercado adecuado para hacer viable económicamente su reciclaje, sino por el alto contenido energético que algunos puedan poseer y cuya aplicabilidad a la incineración con recuperación de energía es interesante. Este es el caso de los plásticos, los cuales plantean serios problemas en su reciclaje. Se utilizan muchos tipos de plásticos distintos en el envasado de artículos de consumo que terminan en las basuras. Al ser de distinta composición y no haber sido diseñados pensando en su reciclaje posterior, es casi imposible clasificarlos adecuadamente y obtener de ellos un producto reciclado de cierta calidad. Sin embargo, su contenido energético es alto y su distinta composición no plantea problemas a la incineración, salvo que potencian en muchos casos la formación de dioxinas en los gases de combustión.

La separación sería muchos más efectiva si se realizase en origen, de modo que los distintos materiales no se llegasen nunca a mezclar. Si además se estandarizasen adecuadamente los distintos tipos de plásticos a utilizar en envases, esta eficacia estaba garantizada.

EL PROCESO DE INCINERACIÓN

La incineración es un proceso de combustión en la que el contenido energético de los residuos es liberado en forma de calor con la consiguiente formación de subproductos de combustión, como son gases y materiales sólidos o escorias.

Los residuos, antes de pasar al horno pueden precisar de alguna clase de preparación. Pueden ser triturados o bien aglomerados en briquetas para garantizar la homogeneidad de la carga del horno.

Los RTP son en muchos casos de tipo líquido o pastoso y están contenidos en bidones, los cuales antes de ser cargados en el horno son desguazados para que se libere su contenido. En este momento se pueden producir calentamientos así como liberación de gases contenidos en los bidones que han llegado en algunos casos a producir incendios y explosiones.

Tras esta preparación previa, los residuos pasan al horno.

Hay diversas clases de hornos que pasamos a describir:

Horno de parrillas: es el más ampliamente utilizado sobre todo en el pasado. Se utiliza fundamentalmente para RSU. 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. Al final del recorrido del tren de parrillas se recogen las escorias que proceden de los residuos incinerados. Este tipo de residuos permite una gran capacidad de carga en el tiempo.

Horno rotatorio: se utiliza también para RTP por poder aplicarse fácilmente la carga de residuos de tipo líquido y pastoso. El horno es un cilindro horizontal que gira sobre su eje. Este tipo de horno permite controlar más adecuadamente la permanencia de los residuos en el horno para así garantizar mejor su combustión.

Puede presentarse combinado con una incineración en parrillas previa cuyos productos entran al horno rotatorio.

Horno de lecho fluidizado: esta es la técnica más reciente y es aplicable a pequeñas cargas de residuos sólidos (RSU, sobre todo). El horno contiene un lecho de arena que se mantiene en suspensión gracias a una fuerte corriente de aire caliente ascendente. La alta inercia térmica de la arena proporciona una temperatura homogénea. 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 se separan del lecho de arena y se recogen al pie del horno.

Hay otros tratamientos análogos o similares a la incineración entre los

que cabe destacar la pirólisis, en la que los residuos son sometidos a una atmósfera carente de oxígeno y una temperatura media. Se desprenden entonces gases susceptibles de ser aprovechados como combustible y queda un residuo sólido susceptible de ser incinerado o vertido.

Los hornos de incineración de residuos han de garantizar una permanencia de los gases a una temperatura superior a 850°C durante al menos 2 segundos para garantizar la destrucción de cualquier producto de combustión incompleta. Para asegurar este hecho se utilizan a veces quemadores auxiliares o cámaras de postcombustión así como la recirculación de los gases de combustión junto con el aire primario.

PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN

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

Escorias:

Las escorias son frecuentemente lavadas tanto para enfriarlas como para desprenderlas de productos de combustión incompleta que pudieran quedar adheridos a su superficie. Según muchos propietarios de tecnologías de incineración, no es preciso tratamiento adicional y a partir de ahí pueden llevarse directamente al vertedero.

En algunas tecnologías para RTP se ha adoptado el proceso de vitrificación utilizado para los residuos radiactivos. En este proceso adicional, las escorias junto con las cenizas volantes ya separadas de la corriente de gases se conducen a una fusión con fundentes que producen elementos vítreos. De esta forma se pretende garantizar que los compuestos peligrosos que contienen las escorias tengan una barrera química que imposibilite su liberación al medio ambiente.

Gases de Combustión:

La corriente de gases de combustión contiene:

- Monóxido de carbono procedente de una combustión incompleta.
- Partículas sólidas en suspensión o cenizas volantes. En ellas se concentran metales pesados y sobre su superficie están adsorbidas sustancias de tipo orgánico procedentes de la combustión incompleta.
- Gases de carácter ácido: HCl, HF, SO_x y NO_x.

- Hidrocarburos inquemados 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

Esta depuración debe primero eliminar las partículas sólidas en suspensión y posteriormente eliminar los gases tóxicos que en dicha corriente existen.

Depuración de Partículas:

La depuración de partículas se lleva a cabo mediante filtros de los que los mas ampliamente utilizados son el precipitador electrostático o el filtro de mangas.

El precipitador electrostático es bastante efectivo pero tiene un alto consumo de electricidad. Consiste en una serie de placas cargadas eléctricamente que son capaces de atraer a las partículas, las cuales se depositan en dichas placas.

El filtro de mangas utiliza tejidos de especial resistencia a la erosión y al ataque químico. Este tejido dispuesto en forma de cilindros paralelos (mangas) proporciona una gran superficie de filtrado al mismo tiempo que una gran eficiencia en el filtrado. Su desventaja reside en las necesarias paradas para descargarlos y en las posibles roturas de las mangas.

Gases de Combustión:

Los gases son generalmente filtrados por medio de un proceso químico donde se les hace interaccionar con una lechada de cal que puede ser líquida o casi sólida. El modo de interacción está en función de el estado de la lechada de cal. Va desde hacer pasar la corriente de gases de combustión por un sistema de duchas que pulverizan la solución de cal, hasta el burbujear la corriente de gases por el seno de la solución. En cualquier caso se ha de buscar el contacto más íntimo posible para garantizar la adecuada neutralización de los gases ácidos que proceden de la combustión.

En algunos procesos de incineración de RTP y RSU se añade otra cámara de depuración de gases en la que se insufla carbón activado finamente pulverizado y que adsorberá sobre su superficie los compuesto orgánicos que los procesos anteriores no hayan sido capaces de retener.

VI) IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS INCINERADORAS

Las vías de exposición del ser humano a los diferentes productos procedentes de las incineradoras puede ser por inhalación directa (exposición directa) de los contaminantes gaseosos o indirecta por la deposición de dichos contaminantes en el suelo. Las vías de exposición indirecta son a su vez por:

Lixiviados:

La potencial contaminación del suelo por lixiviados procedentes de las escorias y cenizas depositadas en un vertedero puede suponer la inutilización de éste para el desarrollo de actividades ligadas a los aprovechamientos primarios, dado el alto poder contaminante que presentan éstos.

Deposiciones procedentes de la emisión de gases contaminantes:

Los riesgos para los seres vivos producidos por las deposiciones de partículas y metales pesados producidas por las incineradoras son muy variados. Los contaminantes tóxicos procedentes de las incineradoras de RSU y Tóxicos se incorporan a las cadenas tróficas de alimentación. Los humanos residentes cerca de las plantas de incineración pueden ingerir plantas y animales contaminadas por las emisiones.

Aguas de Escorrentía y Aguas Subterráneas contaminadas:

El aporte de contaminantes a las aguas superficiales afecta a los humanos a través del consumo de peces contaminados. El consumo de aguas subterráneas que estén contaminadas por la deposición de contaminantes procedentes de la incineradoras es otra vía de exposición.

Exposición Dérmica:

La exposición dérmica se refiere al contacto de la piel de los individuos expuestos a los contaminantes emitidos por la incineradora.

El siguiente dibujo muestra las posibles vías de exposición para el ser humano de las emisiones de una incineradora:

EFLUENTES GASEOSOS DE LAS INCINERADORAS DE RSU Y RTP

Los contaminantes atmosféricos más representativos de las emisiones de las incineradoras de RSUs y RTPs son los siguientes:

1) Contaminación por HCl:

El cloruro de hidrógeno es un gas ácido que es fruto de la combustión de compuestos orgánicos en presencia de cloro:



El cloro, que es un oxidante muy potente, oxida mucho antes al hidrógeno que al oxígeno, formándose casi exclusivamente cloruro de hidrógeno.

El cloro presente en los residuos 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 más altas. También es uno de los causantes de la lluvia ácida y es muy corrosivo para los metales.

2) Contaminación por HF:

El fluoruro de hidrógeno es producto de la combustión de hidrocarburos en presencia de flúor. Los fluoruros que se emiten por la chimenea se depositan sobre los terrenos y vegetación circundantes, afectando al ganado de pasto, en el que causan alteraciones psicomotrices y en la dentición. Este tipo de envenenamiento se llama **fluorosis**.

3) Contaminación por SO₂:

Uno de los productos de la combustión de residuos tanto urbanos como tóxicos es el dióxido de azufre, que proviene de la oxidación del azufre que se encuentra 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 una constricción bronquiolar reversible y por encima de esta concentración aumentan los efectos detectables. Por debajo de 25 ppm, los efectos principales se producen principalmente 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 con que entra en contacto. El SO₂ disuelto en el agua de los tejidos se convierte por oxidación en ácido sulfúrico y sulfatos que son mucho más irritantes.

4) Contaminación por NO_x.

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 o NO_x se forman por oxidación del nitrógeno en los residuos, y por la conversión del nitrógeno en el aire en temperaturas superiores a los 1500 °C.

Los estudios sobre la toxicidad letal aguda en los animales 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.

5) Contaminación por partículas

Las partículas se producen de múltiples formas, siendo la principal fuente de materia particulada antropogénica la industria, la combustión doméstica del carbón y otros combustibles, como los RSU y RTP.

Los efectos de las partículas sobre los seres vivos son muy variados. En las plantas un aumento de la deposición de partículas significa un decremento de la capacidad fotosintética al impedir que la luz alcance las hojas y al interferir en la absorción de CO₂.

En los animales, los efectos más marcados implican al sistema respiratorio. En los seres humanos, las partículas de más de 5000 nm no pasan más allá de la parte superior del tracto respiratorio. Las partículas entre 500 y 5000 nm pueden alcanzar los bronquios; no obstante son expulsados por la acción ciliar de la faringe, en donde son eliminados a través del tracto gastrointestinal por deglución. Las partículas con diámetro inferior a 500 nm pueden alcanzar los alvéolos, donde pueden permanecer durante años, puesto que las membranas alveolares no poseen cilios. Los efectos más patentes son la bronquitis y empeoramiento de cuadros clínicos con insuficiencia respiratoria.

6) Contaminación por Metales Pesados

Los metales pesados se encuentran muy representados en las basuras domésticas y muchos residuos tóxicos también tienen cantidades

significativas de metales pesados. Los metales pesados son emitidos por la chimenea en forma de:

partículas sólidas en la ceniza.

vapores que luego se condensan o coagulan en forma de humos o ceniza.

cloruros procedentes de la reacción de los metales pesados con oxidantes para formar cloruros, sulfuros, u óxidos.

La siguiente tabla muestra la composición de los residuos sólidos urbanos referente a los metales pesados:

TABLA V: Contenido en metales pesados de distintos tipos de RSU (ppm)

Metal (ppm)	Cd	Cr	Cu	Pb	Mn	Ni	As	Hg
Papel satinado	1.1	23.8	74.8	88.4	61.2	10.4	3.1	0.3
Papel normal	1.3	37.3	40.3	621.2	137.6	15.5	3.3	0.7
Cartón	3.8	23.2	27	66.2	101.1	25.5	3.5	0.4
Plásticos flexibles	7.7	69.4	2740.7	838.6	311.8	45.6	2.7	1
Goma, Plásticos rígidos, cuero	17.3	95.9	12.1	668.1	83.1	170.4	2.5	0.4
Madera, Textiles	3	34.8	202.3	747.6	183.9	27.4	5.2	0.9
Orgánicos, Otros materiales	3.1	44.5	61.4	475.1	367.3	17.7	4.6	1.2

RDF total	3.4	42.7	220.1	495.5	260.4	24.4	4	0.9
-----------	-----	------	-------	-------	-------	------	---	-----

Fuente: Tillman, D.A. y C. Leone. 1990. Control of Trace Metals in Flyash at the Tacoma, Washington Multifuels Incinerator. Proc: AFRC Int. Symp. San Francisco.

A continuación se hace una breve exposición de los metales pesados que se encuentran con más frecuencia en las emisiones de de una incineradora de residuos sólidos urbanos.

MERCURIO

Todas las formas del mercurio son potencialmente tóxicas para el ser humano.

Según fuentes de la EPA, sólo se puede eliminar el 50 % del mercurio utilizando un dry scrubber alcalino y filtros de mangas. Esta misma fuente estima que la cantidad de mercurio por cada gramo de partículas emitidas, es de 868 µgr.

La introducción del mercurio procedente de las emisiones de una incineradora de RSU o RTP en las cadenas tróficas puede es múltiple, sobre todo si se tiene en cuenta que la mayor parte se emite en forma gaseosa.

CADMIO

El cadmio emitido por las incineradoras es absorbido por las plantas y los animales. En los animales y seres humanos, la absorción del cadmio aumenta si existe una dieta baja en calcio. Una vez absorbido, el cadmio se asocia con las proteínas de bajo peso molecular, y se acumula en los 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. Existen pruebas que demuestran que el cadmio puede inducir anomalías cromosómicas y ejercer efectos cancerígenos sobre los pulmones.

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 de todos los iones de cromo es el más tóxico.

Se ha demostrado que el cromo hexavalente es cancerígeno. También se ha demostrado que los cromatos irritan los ojos, la nariz y la garganta, y que la exposición crónica puede provocar daños en el hígado y los riñones. Un efecto muy característico es la aparición de perforaciones en el septo nasal. A nivel celular determinados estudios indican la formación de anomalías cromosómicas. El cromo es también especialmente peligroso porque se acumula en muchos organismos. Se ha demostrado que algunas algas acuáticas concentran cromo 4000 veces sobre el nivel de su ambiente inmediato.

ARSÉNICO

El arsénico es un veneno acumulativo, causando vómitos y dolores abdominales antes de la muerte. También puede causar dermatitis y bronquitis y puede ser cancerígeno en los tejidos de la boca, el esófago, la laringe y la vejiga. A nivel celular puede desacoplar la fosforilación oxidativa y competir con el fósforo en las reacciones metabólicas.

PLOMO

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 la mayor parte del plomo, que luego van transportando a distintas partes del cuerpo, entre ellas los riñones, el hígado, los dientes, los huesos y el cerebro. La anemia es el primer síntoma del envenenamiento crónico producido por el plomo, dado que interfiere con la síntesis del grupo hemo. Esto está asociado a síntomas abdominales, que pueden incluir náuseas, vómitos y dolores abdominales. Más grave es la degeneración del tejido en el sistema nervioso central, que también se observa, especialmente en los niños.

7) Contaminación por Monóxido de Carbono.

El monóxido de carbono (CO) es un elemento intermedio de la oxidación de los combustibles a CO₂ y H₂O. Es un gas incoloro, inodoro e insípido, más ligero que el aire y escasamente soluble en agua. Puede

quemarse pero no mantiene la combustión.

Concentraciones de 100 ppm son letales para los animales y para el ser humano. El CO se combina con la hemoglobina formando carboxihemoglobina, reduciendo por consiguiente la capacidad de transportar oxígeno.

No existe duda de que niveles de carboxihemoglobina superiores al 5% de la hemoglobina total tienen efectos dañinos, que varían de dolor de cabeza, fatiga e hidropesía, a coma, fallo respiratorio y muerte. Es probable que niveles incluso del 1% puedan afectar adversamente al funcionamiento fisiológico.

8) Contaminación por Dióxido de Carbono.

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico. Se produce principalmente en cualquier proceso de combustión. Es el máximo responsable del efecto invernadero debido a las cantidades masivas que se emiten todos los años a la atmósfera. La concentración mundial de CO₂ ha aumentado desde 290 ppm en 1900 a 345 ppm en 1985.

9) Contaminación por PICs y Compuestos Orgánicos.

La combustión de residuos genera todo tipo de Productos Incompletos de la Combustión (PICs) y compuestos orgánicos, que son fruto de la oxidación parcial e imperfecta del combustible. Si además hay cloro en los residuos, se forman todo tipo de hidrocarburos clorados. Por otra parte en las incineradoras de RTP, sólo se destruyen el 99,99 %, en el mejor de los casos, de las moléculas que entran en el horno. Por lo tanto, las incineradoras de RTP están continuamente liberando moléculas orgánicas tóxicas a la atmósfera.

La medición de compuestos orgánicos, entre los que cabe destacar por su peligrosidad los hidrocarburos aromáticos policíclicos, es muy compleja. Se han detectado más de 400 compuestos orgánicos en las emisiones de incineradoras de residuos, lo que hace su medición muy costosa y difícil.

La EPA considera que los siguientes grupos de compuestos orgánicos tienen que ser controlados en todas las incineradoras de residuos urbanos:

Clorofenoles

Clorobencenos

Formaldehído

Bifenilos policlorados (PCBs)

Hidrocarburos policíclicos aromáticos

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, entre ellos el formaldehído, son cancerígenos. También son irritantes para las mucosas del sistema respiratorio a partir de los 0.06 mg/m³, y causan problemas respiratorios a partir de los 12 mg/m³.

10) Contaminación por Dioxinas

Gran parte de la controversia que rodea a las incineradoras de residuos se centra en la emisión de dioxinas. El potencial cancerígeno y mutagénico de estos compuestos es fruto de numerosos estudios en todo el mundo y su peligrosidad no se pone en duda. Las dioxinas y los furanos se forman como productos secundarios o PICs (Productos de Combustión Incompleta) en la combustión de los RSU y RTP. Los mecanismos de formación de las dioxinas y los furanos pueden ser variados:

Hay dioxinas en el combustible que no son destruidas en la incineración, y que salen por la chimenea.

Hay formación de dioxinas y furanos por la reacción de precursores, que existían en el combustible o que se crearon por pirólisis, reaccionando con moléculas de cloro.

Formación de dioxinas después de la combustión por reacciones catalizadas en la superficie de las partículas de ceniza. Este es el proceso más habitual.

Dibujo de formación de dioxinas

La emisión de dioxinas y furanos de incineradoras varía mucho según el control de la combustión existente y los sistemas de depuración de gases. Parece ser que no hay ninguna correlación entre la emisión de dioxinas y furanos y la temperatura de combustión. La siguiente tabla muestra las emisiones de varias incineradoras, así como las temperaturas

de combustión y los filtros de depuración de gases.

TABLA VI: Emisiones, temperaturas de combustión y filtros de gases utilizados por distintas incineradoras.

Incineradora	(PCDD+PCDF) µg/m ³	Temperatura de combustión (°C)	Filtros
Eskjo, Suecia	555	700	---
Como, Italy	722	994	ESP
Zaanstad, Países Bajos	2713	911	ESP
Tsushima, Japón			
Test 1	2047	800	Filtro de mangas
Test 2	7001	510-815	
Hamilton, Canadá	11.575	700	ESP
Hampton, Virginia	12.620	771-868	ESP

Fuente: Commoner et al.

Olie et al (1983) han demostrado 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 & Rhei 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.

Vogg también ha corroborado esta teoría de que se sintetizan dioxinas y furanos en la superficie de las partículas de cenizas a bajas

temperaturas. Todo esto indica que la formación de dioxinas y furanos está asociada con partículas de ceniza en las regiones más frías (250 - 300 °C) de la incineradora.

En unas pruebas que se realizaron en una incineradora de basuras en Prince Edward Island, donde se comprobó que a pesar de que la cantidad de dioxinas y furanos a la salida del horno era exigua (96 µgr/hr de dioxinas), se detectaban cantidades nada despreciables en la entrada de la chimenea (760 µgr/m³).

Según el CBNS (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 es en los residuos. La teoría de formación de dioxinas que propone este centro es la siguiente:

Las dioxinas y furanos se forman, según este centro de investigación, por la reacción entre 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 produce principalmente en la combustión de plásticos que contienen cloro, como el PVC.

La reacción de formación de las dioxinas y furanos se produce 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 400 °C. Es por esta razón que las las condiciones de combustión en el horno poco tienen que ver con la formación de dioxinas y furanos.

La toxicidad de las dioxinas es muy preocupante. La 2378-TCDD (tetraclorodibenzoparadióxina) es 70,000 veces más tóxicas que el cianuro, y puede provocar la muerte a una persona de 70 Kgs con una dosis de 70 nanogramos. Dosis más pequeñas causan cloroacné (una forma de acné que puede durar años), cáncer y daños en fetos.

Sin embargo, el riesgo de las dioxinas no está solamente asociado con la probabilidad de padecer cáncer. Según Hoffman et al., las dioxinas son inmunodepresoras, y contribuyen a bajar las defensas del organismo.

RIESGOS DE LOS EFLUENTES GASEOSOS

Para determinar los posibles riesgos producidos por las emisiones de

contaminantes gaseosos cancerígenos de las incineradoras se suelen utilizar modelos de ocurrencia de cáncer.

Para ello es necesario utilizar un modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos (por ejemplo el ISCLT de la EPA) que calcule la concentración de contaminantes atmosféricos procedentes de una fuente fija. Las concentraciones resultantes (valores de inmisión) se dan en una serie de puntos o en líneas de isoconcentración para ver su ámbito de influencia. Para los contaminantes no cancerígenos se utilizan los valores guía de inmisión en la legislación española. Cualquier valor de inmisión que esté por encima de estos valores guía supone un riesgo elevado para la población afectada.

Para determinar el riesgo unitario de contraer cáncer por inhalación de contaminantes cancerígenos, se multiplica la población expuesta a unos mismos niveles de inmisión (número de habitantes entre dos líneas de isoconcentración) por la concentración del contaminante atmosférico y por el **factor de unidad de riesgo de contraer cáncer (URF) o riesgo de por μg de contaminante por m^3 de aire** para cada compuesto.

Los URF han sido determinados experimentalmente para los siguientes compuestos:

TABLA VII: Riesgo unitario de contraer cáncer por inhalación de los siguientes compuestos

Contaminante	URF (riesgo por $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Arsénico	$4,2 \times 10^{-3}$
Benzo(a)pireno	$1,7 \times 10^{-3}$
Cadmio	$1,8 \times 10^{-3}$
Hexaclorobenceno	$4,8 \times 10^{-4}$
Triclorofenol	$5,7 \times 10^{-6}$
Cromo(IV)	$1,2 \times 10^{-2}$

2378-TCDD	3,3 x 10 ⁻⁵ (pg/m ³)
HexaCDD	1,3 x 10 ³ (pg/m ³)
Formaldehído	1,8 x 10 ⁻⁴
PCBs	1,2 x 10 ⁻³

Fuente: US-EPA

Por ejemplo, esto quiere decir que de 100.000 individuos expuestos a 1 picogramo/m³ de 2378-TCDD en el aire que respiran durante 70 años, 3,3 contraerían cáncer.

Según la EPA, un caso de cáncer por millón de habitantes se considera como un riesgo severo.

Commoner et al. han recopilado los análisis de riesgo de varias incineradoras en los E.E.U.U. realizados por diferentes entidades y organismos, y dan un valor que varía entre 1 y 270 casos de cáncer por millón de habitantes, como se muestra en la tabla siguiente:

TABLA VII: Análisis de riesgo de cáncer (casos adicionales de cancer por cada millón de habitantes expuestos a concentraciones de PCDD/PCDF durante 70 años)

Incineradora	Autor del estudio	Riesgo
Brooklyn, NY	Hart	5.9
Brooklyn, NY	CBNS	29
Newark, NJ	Camp, Dresser & McKee	1
San Diego, CA	HDR	10
Rutland, VT	Departamento de Sanidad	12-29
Detroit, MI	Departamento de Recursos Naturales	2-31

Detroit, MI	CBNS	160
Niagara Falls, NY	Departamento de Sanidad	11-20
Niagara Falls, NY	CBNS	270
Peekskill, NY	Departamento de Sanidad	1-2
Peekskill, NY	CBNS	17

Fuente: Commoner et al. (1986)

EFLUENTES LÍQUIDOS Y RESIDUOS SÓLIDOS

Efluentes líquidos:

Las aguas de lavado y de apagado de las cenizas de las incineradoras de RSU y sobre todo de RTP contienen concentraciones significativas de compuestos tóxicos.

En una incineradora de RTP se encontraron las siguientes concentraciones de compuestos tóxicos:

Cloruro de benceno
(66 - 94) x
10⁻³ ppm

Tolueno
(15 - 59) x
10⁻³ ppm

Antraceno
(14 - 210) x
10⁻³ ppm

Fenantren
o (17 -
110) x 10⁻³
ppm

También se han encontrado cantidades importantes de metales pesados en las aguas de lavado de las incineradoras de RTP.

Si existe tratamiento de aguas residuales 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 se tendrán que eliminar en un vertedero de seguridad, o en algunos casos se incinerarán, con lo cual no se sale nunca del círculo vicioso.

Residuos sólidos (escorias y cenizas):

Las escorias y sobre todo las cenizas volantes procedentes de la incineración de RSU y RTP contienen concentraciones elevadas de metales pesados y dioxinas.

Por lo general, la cantidad de cenizas presentes en una incineradora se cifra en 10.000 ppm, o aproximadamente el 1% del peso total de las cenizas.

La única forma de tratar adecuadamente a estas cenizas es depositarlas en un vertedero de seguridad con doble lámina, para evitar infiltraciones que contaminen las aguas subterráneas.

Las escorias también pueden contener cantidades elevadas de metales pesados y se debe proceder a hacer pruebas de lixiviación para determinar si se pueden verter o no en un vertedero de inertes.

Un estudio en los Estados Unidos dió una media de 6,39 mg/l de plomo en las pruebas de lixiviación de las escorias de 22 incineradoras de RSU, cifra que está por encima del límite señalado por la EPA. Sin embargo, muchos fabricantes de incineradoras proclaman a los cuatro vientos que las escorias (algunos incluyen hasta las cenizas volantes) son absolutamente inertes y que se pueden utilizar para construir carreteras.

VII) CONCLUSIONES: PROBLEMÁTICA DE LAS INCINERADORAS DE RSU Y RTP

La incineración de residuos tanto urbanos como industriales está en el punto de mira de la opinión pública. Por una parte el gobierno pretende que la incineración, a la que llama recuperación energética o fuente de energía renovable, le solucione los problemas de los residuos urbanos e industriales.

Por otra, están los fabricantes de incineradoras que reconocen el gran negocio que tienen entre manos: las incineradoras son muy caras, y más aun es su explotación. Los costes de explotación de una incineradora de 500.000 Tm/año de RSU pueden ascender a cerca de 4.000 millones

al año.

Y por último, están los grupos ecologistas, a los que se les acusa de ignorantes y boicoteadores, y que se oponen de entrada a la incineración mientras que el gobierno y las grandes industrias no de muestras de cambios en su política de despilfarro de recursos naturales no renovables.

Polémica aparte, es innegable que la incineración conlleva graves problemas medioambientales y que el refrán "es más grave el remedio que la enfermedad", tiene visos de ser cierto en este caso.

Aunque los sistemas más modernos de depuración de gases de incineración (como por ejemplo los alemanes) son bastante efectivos en teoría para eliminar la mayor parte de los contaminantes gaseosos, sin embargo la legislación comunitaria, y concretamente la española permite unos niveles de emisión que representan un riesgo severo para la población.

Por otra parte, cuanto más efectivo sea el sistema de depuración de gases, más contaminan las aguas residuales y cenizas procedentes de dicho sistema de depuración. Utilizando un símil al que ya se ha hecho alusión en otros artículos sobre esta materia, la incineración es, al fin y al cabo, un procedimiento que transforma residuos en forma sólida o líquida y los esparce por los tres estados de la materia: contaminantes gaseosos, aguas residuales y escorias y cenizas.

Sí es verdad que la incineración puede conseguir unas eficiencias de destrucción del 99,99 % en algunos residuos, pero también es cierto que crea nuevos problemas que no existían antes:

- Creación de nuevas sustancias que no existían en los residuos (por ejemplo las dioxinas en las incineradoras de RSU).
- Incrementa de forma notable el riesgo de contraer cáncer.
- No resuelve el problema de los residuos y entorpece los programas de minimización, reciclaje y tecnologías limpias.

Además, el reciente Real Decreto 1088/1992 del 11 de septiembre, que incorpora a derecho interno la Directiva 89/369/CEE del Consejo de las Comunidades referente a la emisión a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de instalaciones de incineración de residuos municipales, es muy ambiguo en lo referente a los límites de estos componentes.

Por lo pronto, no especifica ningún límite de emisión de dioxinas y furanos (sólo intenta controlarlos indirectamente a través de las

condiciones de combustión, lo cual es un engaño), agrupa los metales pesados en tres grupos, en cada uno de los cuales sus elementos integrantes se manifiestan con distintos niveles de toxicidad o potencialidad cancerígena, y sólo contempla un límite agregado para el conjunto de las emisiones de compuestos orgánicos, cuando entre estos, existen también niveles distintos de peligrosidad.

Estas vaguedades permiten emitir niveles de compuestos cancerígenos que podrían originar riesgos **severos** e incluso **críticos** para los habitantes de los núcleos de población cercanos a las incineradoras.

La legislación Comunitaria contrasta con la normativa alemana (17.BImSchV) en que esta última es mucho más estricta con los límites de emisiones, como puede verse en la tabla siguiente. La normativa alemana limita la emisión de dioxinas especificando un límite máximo de 0,1 nanogramos equivalentes en toxicidad al 2378-TCDD, y no intenta hacerlo indirectamente a través del control de la combustión. A su vez, también especifica límites más estrictos de metales pesados y otros componentes ácidos.

TABLA VII): Requisitos de emisión de incineradoras de RSU de la CE y Alemania

Agentes Contaminantes	Normativa CEE	Normativa alemana
Partículas Mg/m ³ *	30	10
HCl "	50	10
HF "	2	1
SO ₂ + SO ₃ "	-	50
SO ₂ "	300	-
NO _x "	-	200
Cd + Tl "	-	0,05
Hg "	-	0,05

Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+ Ni+V+Zn+Sn "	-	0,5
Pb+Cr+Cu+Mn "	5	-
Ni+As "	1	-
Cd+Hg "	0,2	-
Dioxinas ng eq/m ³	-	0,1

Fuente: Elaboración propia

Otro tanto ocurre con la incineración de RTP. La propuesta de Directiva (CEE) del Consejo 92/C130/01 relativa a la incineración de residuos peligrosos se escabulle del tema de las dioxinas y furanos al igual que la Directiva 89/369/CEE. Sólo indica un valor guía (los valores guía no tienen por que cumplirse) de 0,1 ng/m³ de dioxinas y furanos. Límite, que por otra parte, sólo es posible de cumplir en las incineradoras (tanto de RSU como de RTP) más avanzadas de última generación alemanas y suecas.

No es previsible que este tipo de incineradoras se vayan a instalar en España y otros países del sur de Europa debido a su precio desorbitante, y a la adecuación, no fortuíta, de las normativas de incineración a las características económicas y sociológicas de la población. Curiosamente, parece ser que las normativas de emisión más estrictas pertenecen a aquellos países más ricos y donde más participación ciudadana y preocupación por temas medioambientales existen.