

## La incineración de residuos: ¿es una alternativa ?

**José María Baldasano Recio**

*Catedrático de Ingeniería Ambiental Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)*

***Se hace un repaso de las ventajas e inconvenientes de la incineración, incluida la emisión de dioxinas. La tesis del autor señala que, a partir de la adopción de la directiva comunitaria del año 2000, se puede afirmar que la incineración de residuos es una actividad sometida a los controles más estrictos y a los límites de emisión a la atmósfera más exigentes. Por tanto, la incineración sería, para el autor, una de las alternativas básicas en el conjunto de un sistema integrado de residuos.***

Los dos sistemas más antiguos que ha utilizado el hombre para disponer la basura han sido el vertido incontrolado y su quema. Hasta finales del siglo XIX, no se pusieron los primeros elementos de lo que hoy se conoce como la gestión de los residuos.

Durante siglos, el hombre transportó, progresivamente de una manera más organizada, las basuras hacia las áreas distantes de las ciudades. Lentamente, el hombre se dio cuenta de la importancia de su recogida, transporte y disposición. En 1906, en los Estados Unidos, Parsons escribió un libro con el título: "La Disposición de los Residuos Municipales", tratando el tema de las basuras desde el punto de vista de la ingeniería por primera vez.

Los problemas con ratas, quemadas indiscriminadas, etc., fueron la razón del cambio radical en la manera de disponer las basuras a principios del siglo XX. En 1904, la ciudad de Champlain (Illinois), comenzó por enterrar a diario sus basuras. Rápidamente, otras ciudades como Columbus, Ohio (1906) y Davenport, Iowa (1916) adoptaron este sistema. Pero es en el año 1930, cuando el término relleno sanitario se usa por primera vez en la ciudad de Fresno (California): significó la cubierta diaria de los residuos y la supresión de su quema.

La incineración, que no hay que confundir con la cremación o quema de residuos, tiene su origen en Europa, con más de cien años de existencia; su historia empezó con la instalación del primer "destructor" de residuos municipales en la ciudad inglesa de Nottingham en 1874. En EE.UU. la primera instalación se realizó en "Governor's Island" en Nueva York, y en 1921 ya había más de 200 unidades instaladas. Barcelona, en los años veinte, disponía ya de un incinerador de basuras.

Los hornos de incineración para residuos de origen industrial derivan de los hornos para los residuos municipales. Los primeros hornos rotativos fueron instalados en Alemania. En EE.UU. no fue hasta el año 1948, en las instalaciones de Dow Chemical Company en Midland (Michigan) (Dempsey y Oppelt 1993).

El compostaje se basa en el proceso de fermentación aeróbica, aplicable únicamente a la fracción biodegradable de la basura. Los primeros estudios de aplicación de este proceso a los residuos municipales se iniciaron en Estados Unidos a principios de los años veinte. Las primeras plantas se instalaron, tanto en Europa como en Estados Unidos en los años cuarenta. Hoy día, constituye una tecnología conocida, desarrollada y en proceso de renovación y expansión.

La digestión anaerobia (biometanización), también aplicable únicamente a la fracción biodegradable de la basura, uno de los procesos de tratamiento de desarrollo más reciente, es una de las tecnologías que ha recibido mayor atención en los últimos veinticinco años, siendo en Estados Unidos donde se iniciaron las investigaciones en el campo de la biometanización de los residuos municipales sin selección previa. En Europa, el interés en la aplicación de esta tecnología apareció más tarde, al principio de los años 80. Fue durante esta época cuando surgieron las primeras patentes y las primeras plantas de demostración, y es ya en los años 90, cuando surgen plantas de dimensión industrial.

En la actualidad, se entiende por gestión y tratamiento de residuos el conjunto de operaciones encaminadas al aprovechamiento de los recursos materiales y energéticos contenidos en ellos o a la disposición de una forma ambientalmente segura de los mismos o de la parte de los mismos imposible de aprovechar.

Los sistemas actualmente más utilizados para el tratamiento y disposición de los residuos municipales, de forma individual o bien en instalaciones con sistemas integrados, son:

- recogida selectiva en origen y reciclado directo
- plantas de selección y recuperación de materiales
- plantas de fermentación aeróbica (compostaje)
- plantas de fermentación anaeróbica (metanización)
- plantas de incineración con y sin recuperación de energía
- vertedero controlado

También existen experiencias limitadas, de su tratamiento mediante pirólisis y gasificación, desde los años 70. Dada la problemática de los residuos, en los últimos años se está haciendo un esfuerzo importante de buscar sistemas de tratamientos alternativos a los sistemas tradicionales, con una orientación de los mismos a potenciar los aspectos de reciclaje y recuperación de los materiales contenidos en las basuras.

Es también necesario señalar que, en los últimos años, a escala mundial, ha habido un aumento de la cantidad de basuras producidas y de variación de la composición de las mismas, algunas causas de este incremento de las cantidades y de la variación de su contenido son:

Cantidad:

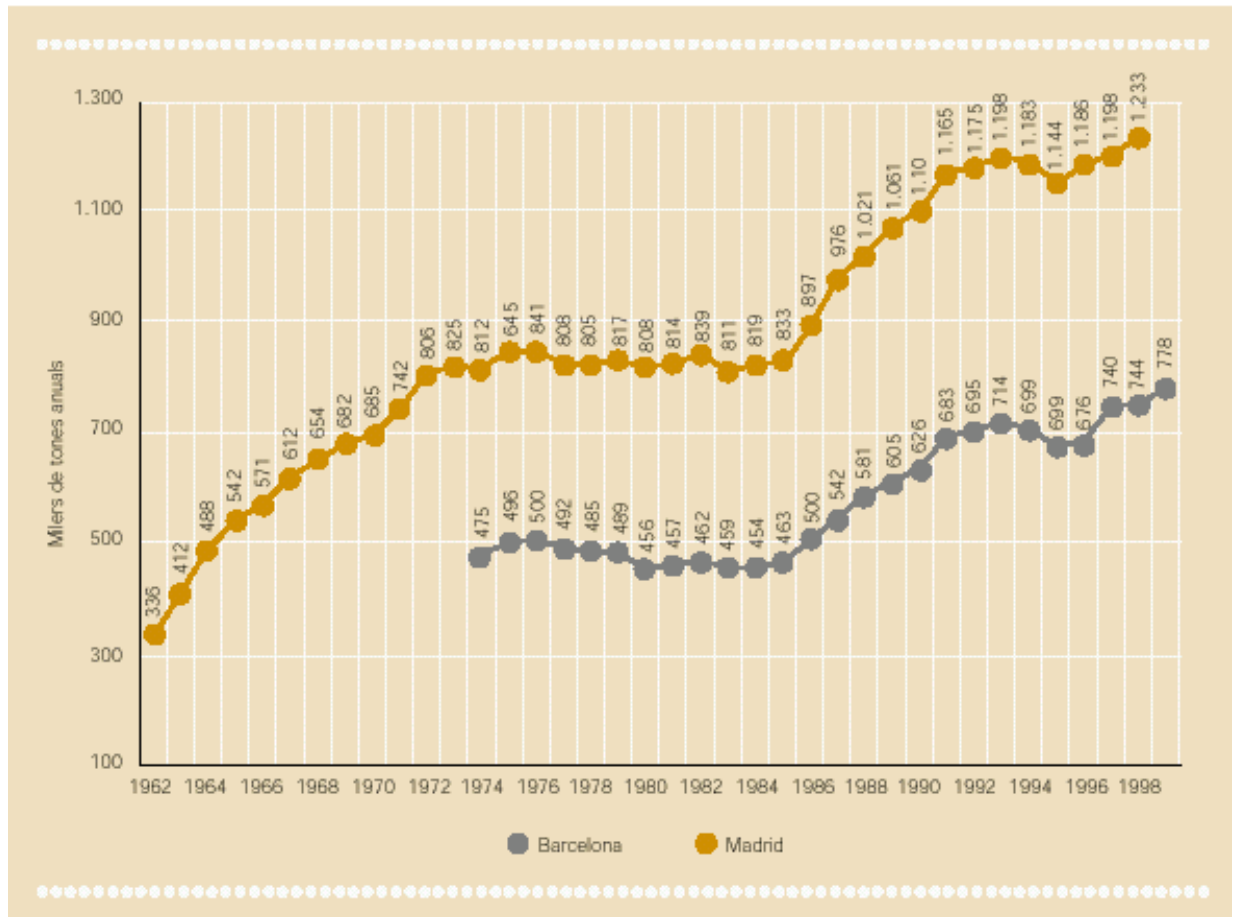
- Crecimiento urbano
- Mayor número de consumidores
- Mayor consumo

Composición:

- Más embalajes
- Más envases de usar y tirar
- Más consumidores individuales vs familiares
- Mayor número de mujeres trabajando
- Más autoservicio
- Más conservas y congelados
- Mayor poder adquisitivo

En la figura 1 (en pág. )\_podemos ver la evolución de las cantidades de basuras que se han producido en las ciudades de Madrid y Barcelona, donde sería bastante sencillo hacer un paralelismo con los ciclos económicos que ha habido durante los años considerados.

● Gràfic 1. Producció de deixalles a Madrid i Barcelona (1962-1998).



La CEE adoptó una estrategia comunitaria para la gestión de los residuos con respecto a las actuaciones en este sector, de acuerdo con el siguiente orden jerárquico de actuación (Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo: Una Estrategia Comunitaria para la Gestión de los Residuos. SEC(89) 934 final, Bruselas 18.9.1989; y Resolución (90/C122/02) del Consejo de 7.5.1990, sobre la política en materia de residuos (DOC 122 18.5.1990)):

1. Prevenció, tanto en la producció com en los productes.
2. Fomento del aprofitament, reciclatge i reutilització.
3. Reducció al mínim de la eliminació final.
4. Reglamentació del transport.
5. Accions per a posar remedi ("remedial").

## ● Taula 1. Comparació del tractament de RM a Europa.

Pais	kg/ hab/ dia	Abocador	Compost	Incineració	Reciclatge	Any
Àustria	0,88	55	17	12	16	1994
França	1,30	44	9	41	6	1991-1996
Alemanya	1,21	47		19	34	1996
Grècia	0,81	94		1	5	1995
Hongria	1,06	87		9	4	1996
Itàlia	0,96	90		6	4	1996
Luxemburg	1,48	20		65	15	1996
Holanda	1,14	50		17	33	1991-1995
Espanya	1,12	76	10	4	10	1991-1995
Suècia	0,96	36	5	49	10	1991
Suïssa	1,73	14		47	39	1995-1996
Regne Unit	1,54	90		8	2	1996

Font: ISWA 1998/1999.

Ratificada y complementada recientemente mediante la **RESOLUCIÓN del CONSEJO de 24.2.1997**, sobre una **Estrategia Comunitaria para la Gestión de los Residuos (1997)**:

- Donde se confirma la jerarquía de principios de disposición
- Preferencia de la valorización material sobre la energética
- Principio de proximidad
- Principio de autosuficiencia
- Necesidad de disponer de datos adecuados (estadística sobre residuos)
- Prevención: tecnologías y productos limpios y reutilización;
- Aprovechamiento: reciclado y transformación de materiales y aprovechamiento energético;
- Eliminación: perfeccionamiento de la explotación de los vertederos y de la incineración, preferentemente combinada con el aprovechamiento energético:
- Transporte: reducción al mínimo y control de los traslados de residuos;
- Acción reparadora: rehabilitación de emplazamientos contaminados.
- Tanto las disposiciones legislativas sobre residuos adoptadas desde el año 1989, como el Quinto Programa Marco sobre Medio Ambiente [1993-2000] se inspiran en estos conceptos principales. Que son también los conceptos que inspiran los principios de la Convención de Basilea (1989), adoptados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para controlar el transporte transfronterizo de residuos.

## Incineración de residuos municipales

El término de incineración se puede definir de diferentes modos, pero básicamente se refiere a la combustión de sustancias orgánicas mediante un proceso de oxidación química. Cuando la oxidación se realiza de forma rápida, la temperatura del material aumenta rápidamente debido a la incapacidad para transferir el calor generado hacia el exterior tan rápidamente como se está produciendo. Como resultado, se emite radiación visible, a la cual nos referimos, como la llama.

Como se ha indicado, la incineración de los residuos municipales, tal y como se concibe hoy día, tiene sus comienzos a finales del siglo pasado, quemándose en aquella época unos residuos domiciliarios que contenían cantidades significativas de restos de carbón. Muchas de aquellas instalaciones operaban pobremente y tenían un sistema de alimentación a cargas, alguna tenía un sistema de recuperación de vapor.

Sin embargo, tras la crisis posterior a la Primera Guerra Mundial, la incineración deja de utilizarse, a causa del su empobrecimiento energético de la basura. Para cobrar un nuevo interés posteriormente, debido tanto a las nuevas técnicas de combustión y de depuración de los gases de combustión, como a la evolución favorable de la composición de las basuras desde el punto de vista energético.

Hasta el año 1950, el incinerador y su acompañante humo, se aceptaba como un requisito inevitable y se consideraba su funcionamiento de la forma más barata posible. Sin embargo, cuando los humos de una chimenea dejaron de ser un símbolo de prosperidad y las normativas sobre contaminación del aire empezaron a emerger, en los años sesenta y setenta, la incineración como sistema mejoró drásticamente. Estas mejoras incluían una alimentación en continuo, mejoras en el control de la combustión, el uso de cámaras múltiples de combustión, la recuperación de la energía de forma sistemática y la aplicación de sistemas de depuración para los gases de combustión.

Pero es a finales de los años 80, cuando la incineración de residuos, recibe un nuevo impulso, al desarrollarse sistemas mejores de combustión, de control y tratamiento de los gases de combustión, que permiten avanzar hacia una situación cercana a la emisión a la atmósfera quasi-nula y convertirse en un sistema de tratamiento de residuos ambientalmente seguro, y con unos mejores rendimientos energéticos de funcionamiento, al tener que hacer frente a los nuevos retos ambientales, a su aceptación pública y a unas normas legales mucho más estrictas.

La incineración es utilizada actualmente de forma amplia en los países desarrollados como uno de los sistemas de tratamiento de los residuos municipales (véase la tabla 1, en pág. 31). Ha habido ciudades, como es el caso de París, que han usado este sistema desde principios del siglo XX de una forma continuada e intensiva. La cantidad de residuos municipales tratadas mediante este sistema en España no alcanza el 4%, las plantas están instaladas de forma mayoritaria en Cataluña.

● **Taula 2. Concentracions limit d'emissió a l'atmosfera per a incineradores de residus.**

Contaminant (mg/m <sup>3</sup> )	RD 833/75 Espanya Incineració	89/369/CE Incineració Residus Municipals (> 3 t/h)	89/369/CE Incineració Residus Municipals (> 3 t/h)	2000/76/CE Incineració Residus
<b>Període de mesura</b>		<b>24 h</b>	<b>24 h</b>	<b>24 h</b>
Partícules totals	150	30	10	10
HC (total C)		20	10	10
HCl		50	10	10
HF		2	1	1
SO <sub>2</sub>		300	50	50
NO <sub>x</sub>		-	-	200/400
CO		100	50	50
Cd+Tl			< 0.05 (< 0,1)	< 0.05 (< 0,1)
Hg			<0.05 (<0.1)	<0.05 (<0.1)
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn			< 0.5 (<1)	< 0.05 (<1)
Pb+Cr+Cu+Mn		5		
Ni + As		1		
Cd + Hg		0.2		
Dioxines + Furans (ng TEQ-IE/m <sup>3</sup> )			0.1	0.1

[Mesurats en mg/m<sup>3</sup> a 273 K, 101.3 kPa, 11% O<sub>2</sub> i gas sec]

**Temperatura de combustió:** Comp. orgànics no halogenats: 850 °C  
Comp. orgànics halogenats: 1.100 °C

● **Taula 3. Emissió de dioxines a les incineradores de RM espanyols durant l'any 1999.**

Incineradora	t/ any	106 m3/ any	m3/t RM	emissió		factor emissió
				ng/m3	mg/ any	
Mallorca	273.902	1.280	4.673	0,003-0,007	3,84-8,96	0,014-0,032
Madrid	217.722	1.300	5.971	0,05-0,1	65-130	0,29-0,6
Tarragona	121.294	652,5	5.379	0,002-0,004	1,3-2,6	0,01-0,02
Girona	31.000	200	6.452	0,03-0,7	6-140	0,1-4,5
Mataró	137.378	720	5.241	1,08	777	5,65
Montcada	50.053	280	5.594	0,1	28	0,56
San Adrià	273.311	1.040	3.805	0,1	104	0,38
Melilla	35.339	200	5.659	0,1	20	0,56

Font: CIEMAT, CSIC.

La incineración de residuos municipales puede realizarse con o sin la recuperación del calor generado en la combustión. Pero sin recuperación de calor no tiene sentido, salvo en determinados casos muy particulares. La dimensión mínima para que la instalación de incineración de este tipo de residuos con recuperación de energía salga adecuada se sitúa a partir de las 140-150 t/día. El calor liberado puede ser aprovechado para la:

- Producción de energía eléctrica mediante vapor;
- Producción de vapor para su venta directa;
- Producción de agua caliente para calefacción.

Consiste, pues, en un proceso de combustión controlada que transforma las basuras en gases de combustión, escorias y cenizas:

una en estado gaseoso, formado por los gases de combustión, del orden del 73% de la materia entrada, y dos en estado sólido, constituida por 1) las escorias (²25%) y 2) las cenizas (²2%), o los sólidos de depuración (²4-5%), en función del tratamiento adoptado para la depuración de los gases de combustión.

### El marco legislativo

En España, las primeras disposiciones legales que limitan las emisiones datan del año 1975 (Decreto 833/75), y consideran únicamente un límite de emisión de las partículas en suspensión, con valores nada exigentes.

En junio del año 1989, la Unión Europea adopta para este tipo de instalaciones dos directivas, al objeto de prevenir la contaminación atmosférica, tanto a nivel de los límites de emisión a la atmósfera como de las condiciones de control del proceso de combustión, y de las condiciones de monitorización de la instalación. Son la Directiva 89/369/CEE para las nuevas instalaciones y la Directiva 89/429/CEE para las instalaciones existentes. España las incorporó a su derecho interno con retraso, en septiembre de 1992 (Real Decreto 1088/92).

La adopción de estas directivas supone un proceso de modernización de las instalaciones de incineración de residuos en el contexto europeo, tanto para las nuevas instalaciones, como para la adaptación de las existentes, que terminó aproximadamente en el año 1997. Estas directivas implican también la extensión de la normativa alemana del año 1986 para este tipo de instalación al conjunto de la Unión Europea. Aunque Alemania, modificó su normativa durante el año 1990, adoptando límites y condiciones más exigentes.

En diciembre de 1994, la UE adopta la Directiva 94/67/CE relativa a la incineración de residuos peligrosos, que implica también la extensión de la normativa alemana del año 1990 para la incineración de los residuos peligrosos al conjunto de la Unión Europea y que España transpone mediante el Real Decreto 1217/97 en Julio 1997, y que modifica parcialmente el Real Decreto 1088/92.

Cataluña había aprobado en Noviembre de 1994 el Decret 323/94 de aplicación, tanto para residuos municipales, como para residuos peligrosos, que incorporaba ya el contenido de la Directiva 94/67/CE.

Finalmente, el año pasado, la UE adoptó la Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos, que actualiza las anteriores, y que no hace distinción entre la incineración de residuos municipales y peligrosos. Tiene que ser incorporada al derecho interno de los estados miembros antes del 28 de diciembre de 2002. Tiene prevista su entrada en vigor para las nuevas instalaciones en diciembre del año 2002 y para las instalaciones existentes en diciembre de 2005. Esta directiva implica los límites de emisión a la atmósfera más exigentes que existen hoy en día a escala mundial para cualquier tipo de instalación. Implica también la adopción de límites de emisión para los óxidos de nitrógeno y una reducción sustancial en la emisión de metales pesados. De nuevo, también supone, extender a toda la UE la normativa alemana de incineración.

En la tabla 2 (en pág. 31) se puede ver la importante evolución de reducción que los valores límites de emisión han tenido en la UE y España en los últimos 25 años.

En Estados Unidos, la primera legislación específica data del año 1970, e implica límites de emisión exclusivamente para la emisión de partículas. La segunda data del año 1990, y esta actualmente en vigor, siendo menos exigente que la legislación de la UE. En el año 1994, se publicó el borrador de una nueva legislación que no ha sido adoptada todavía.

Para ilustrar el efecto progresivo de estas reducciones en los valores límites de emisión, se ha calculado cual sería la dispersión que tendrían estas emisiones para un incinerador de basuras de 1000 t/día; así como la capacidad de depuración de las actuales tecnologías de depuración de los gases de combustión. Como contaminante se han considerado las partículas en suspensión, que es donde están asociadas la mayor parte de las dioxinas que se emiten (véase figuras en pág. 34). Puede verse fácilmente, el avance que representó la legislación del año 1989, y que, con la legislación del 2000 y la tecnología actual, que ya se está aplicando, se está frente una situación de emisión quasi-nula.

### Tecnologías de incineración

La incineración de residuos requiere una gran atención al nivel de dominio de las condiciones de combustión. Una buena combustión se rige por la regla llamada de las "3 T": temperatura, tiempo de residencia y turbulencia. Estos parámetros generalmente se fijan en el momento de la concepción del horno, pero el que lo explota conserva el dominio de la temperatura haciendo variar la carga térmica, y el dominio del caudal de aire de combustión. La mala regulación de uno de estos parámetros puede generar condiciones inadecuadas de funcionamiento.

Debido a la composición heterogénea de la basura doméstica, el proceso de combustión se desarrolla en condiciones de exceso de aire (la legislación exige un mínimo del 6% de oxígeno en exceso). Durante la combustión, el carbono que contiene la basura se transforma en CO<sub>2</sub>. De esta forma, un defecto de oxígeno podrá generar monóxido de carbono (CO) por combustión incompleta del carbono. De la misma forma, un defecto de oxígeno provocará la generación de partículas inquemadas y productos incompletos de combustión (PIC).

Para la aplicación de este sistema de tratamiento, es necesario que los mismos posean un poder calorífico inferior, superior a las 1400 kcal/kg, a fin de asegurarse la autocombustión. En los incineradores de pequeña capacidad, hay que incorporar combustible adicional, que suele ser habitualmente fuel-oil o propano, aunque también se utiliza GN.

Para ello, los residuos urbanos son descargados en una fosa de almacenamiento temporal, en depresión atmosférica respecto al exterior al objeto de evitar la aparición de malos olores en las zonas próximas a la instalación. Posteriormente, son conducidas a un horno en donde se queman a una temperatura mínima de 850 °C, durante al menos 2 segundos. en presencia de un 6% de oxígeno, como mínimo después de la última inyección de aire de combustión.

Los elementos y equipos principales que configuran un incinerador de residuos domésticos son los siguientes:

- a)** una zona de descarga y almacenamiento;
- b)** una zona de alimentación del horno, mediante una tolva, normalmente;
- c)** un horno y su cámara de combustión para asegurar una completa destrucción de los compuestos orgánicos;
- d)** zona de recogida y extracción de escorias;
- e)** un sistema de refrigeración y la caldera para la recuperación de energía (en incineradores con capacidad > 140 t/día);
- f)** una zona de depuración de los gases de combustión;

- g)** una zona de almacén de escorias y cenizas, u otros productos recogidos en los procesos de depuración;
- h)** y la zona final de evacuación de los gases depurados a la atmósfera (ventilador y chimenea).

El horno no sólo constituye el elemento soporte de la combustión (bien sea mediante parrillas o mediante horno rotativo), sino que también, produce el avance de las basuras y su volteo, permitiendo la mezcla del aire primario con los residuos a fin de garantizar una buena mezcla del combustible y del comburente.

En la zona del horno se pueden considerar tres fases:

- 1)** fase de secado, su duración depende del calor radiactivo existente, del grado de mezcla de la basura y de su aeración;
- 2)** fase de combustión propiamente; y
- 3)** fase de terminación o postcombustión, la parrilla esta recubierta de las escorias.

La cámara de postcombustión tiene como funciones principales:

- permitir la mezcla íntima entre el aire y los gases parcialmente quemados, a fin de obtener una combustión completa.
- por radiación, calentar y secar las basuras y permitir, por su gran inercia térmica, el mantenimiento de la temperatura necesaria para la correcta combustión de los gases.

Entre los tipos de hornos para residuos municipales se pueden señalar esencialmente:

- Hornos de parrilla (de avance, de rodillos, etc.)
- Hornos rotativos
- Lecho fluidizado: está tecnología es muy utilizada en Japón, en Europa es especialmente Suecia donde más se ha aplicado (es un procedimiento avanzado utilizado en plantas termoeléctricas de carbón pulverizado, lodos y en la combustión de biomasa).

En los gases de combustión de la incineración de residuos urbanos se pueden encontrar:

- gases tales como el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> y el oxígeno no utilizado en la combustión;
- partículas de polvo más o menos finas cuya concentración antes de su depuración es del orden de 5 a 10 g/Nm<sup>3</sup>. Estas partículas de polvo están constituidas esencialmente por sales minerales o metálicas, y en ocasiones por partículas inquemadas;
- gases procedentes de la composición de los residuos incinerados, principalmente se trata de cloro, ácido clorhídrico, óxidos de azufre y de nitrógeno, y de compuestos orgánicos inquemados.

El contenido en agua de los residuos a veces es muy importante, del orden de 50%. Esta agua, que constituye un lastre térmico, ya que consume calorías en su evaporación, pero tiene influencia sobre los equilibrios químicos implicados en las reacciones de combustión. De esta forma, cuanto más aumentan la concentración del vapor de agua y la temperatura, más disminuye la concentración en cloro gaseoso, debido al equilibrio de DEACON.

Las escorias (cerámicas, tierras, vidrio, objetos metálicos, etc.) se suelen enfriar con agua y se extraen del foso de descarga mediante transportadores continuos. Están formadas, principalmente, por óxidos metálicos y silicatos, además de cantidades menores de carbonatos, cloruros y sulfatos, así como aluminio, calcio, sodio, y hierro (en Cataluña, su valorización está reglamentada por la Generalitat mediante la "ORDRE de 15.2.1996, sobre valorització d'escòries", para su aprovechamiento

como firme de vías públicas). La fracción metálica férrica contenida en las escorias se debe extraer y reciclar, mejorando la manejabilidad y utilización posterior de la fracción de escorias restante.

El reciclaje de la fracción férrica es elevado, en cambio el reciclaje del grueso de las escorias también se recicla en los distintos países europeos, pero en porcentajes más limitados (50% Francia y Alemania, 70% Dinamarca, y 100% Holanda).

Las cenizas o residuos de depuración están compuestas también, en gran parte, de óxidos metálicos y silicatos. Tienen la consideración de residuos peligrosos y deben ser depositados en un vertedero controlado. Estamos hablando de un 2-4% de la cantidad de residuos incinerados.

En la primera generación de incineradores de residuos urbanos (años sesenta), se emplearon como sistemas de depuración de los gases de combustión: filtros electrostáticos (mayoritariamente) y torres de lavado (en menor cantidad). Estos sistemas eran claramente insuficientes como sistemas de depuración de los gases de combustión.

En los incineradores de segunda generación (esencialmente a partir de finales de los años ochenta), los sistemas de depuración de los gases de combustión a utilizar para alcanzar los límites establecidos en algunos países europeos (Alemania, Holanda, p. e.) y en la Directiva de la CEE, son varios

:

- Procesos de lavado en seco. Los lavados por vía seca, se realizan mediante la inyección de cal en un reactor, con posterior filtración en un filtro electrostático o de mangas.
- Procesos de lavado semisecos (o semihúmedos). En los procesos de lavado semisecos (o semihúmedos), la cal es utilizada en forma de lechada, lo que permite una mejor reactividad de la cal y un enfriamiento de los gases por enfriamiento de los gases por evaporación del agua de dilución de la cal. Los sistemas de filtración son los mismos.
- Procesos de lavado por vía húmeda. Se descomponen en dos fases: a) tratamiento de las partículas en suspensión mediante filtros electrostáticos, y b) tratamiento de los gases mediante columnas de absorción.

En el diseño de las calderas de recuperación es fundamental la selección del tipo de caldera a utilizar, en función de los requisitos de operación (balance térmico de la instalación), y los espacios disponibles. El objetivo debe ser garantizar un funcionamiento factible y continuo de la caldera, con el óptimo aprovechamiento del calor de los gases de combustión y con un mínimo consumo energético de los equipos auxiliares, cumpliendo, a su vez, con las limitaciones impuestas en las emisiones a la atmósfera.

Son esencialmente dos los factores que determinan el aprovechamiento del calor generado en proceso de incineración:

- La recuperación del calor para la generación de la corriente eléctrica, de vapor de producción o de vapor de calefacción con el fin preliminar de recuperar el potencial energético que tienen ciertos residuos y además reducir los costes de explotación de las propias plantas de incineración.
- El enfriamiento de los gases de combustión producidos en el horno a temperaturas aceptables para su depuración y descontaminación posteriores.  
Un balance térmico promedio en un incinerador puede tener los siguientes valores, base de cálculo respecto al 100% de la entrada:
  - 18% de pérdidas en la zona de combustión y caldera
  - 0,8 % de pérdidas en el turbo generador
  - 48,2 % en la refrigeración (aerocondensador)
  - 6% autoconsumo
  - 27 % producción de energía eléctrica

## Emisión de dioxinas

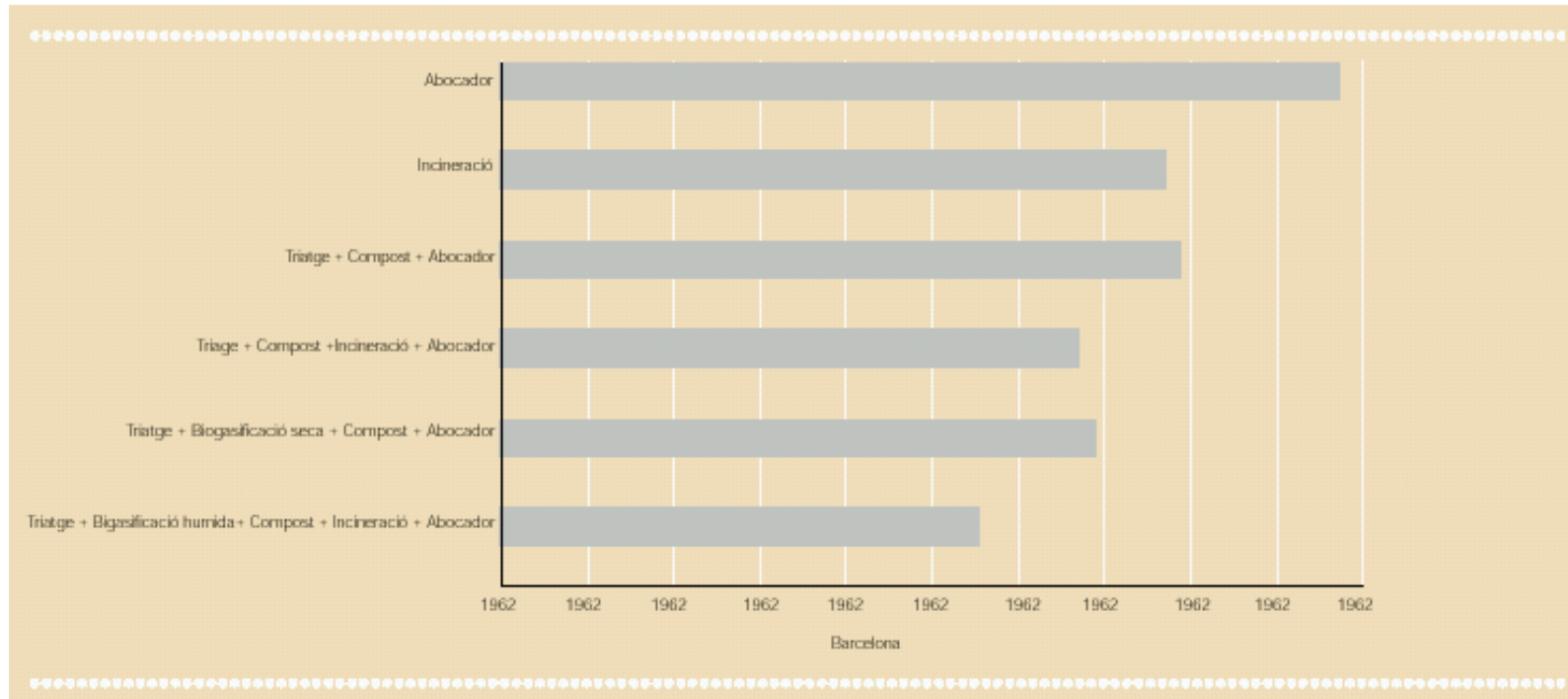
En todos los procesos de combustión, cuando hay presencia de átomos de cloro, pueden producirse dioxinas, en mayor o menor cantidad según tenga lugar dicho proceso. La incineración de residuos municipales fue, con anterioridad a los años noventa, una de las principales fuentes de emisión de dioxinas, pero dada la exigencia legal de limitar su emisión y la adopción de medidas tecnológicas, hoy en día su emisión se ha reducido fuertemente (véase la tabla 3, en pág. 36). Las emisiones de

dioxinas en los incineradores españoles ha disminuido en un factor de 17 entre el año 1997 y 1999.

## Ventajas e inconvenientes

Los plantas de incineración de basuras presentan frente a los otros sistemas de tratamiento de residuos urbanos las siguientes ventajas:

● Gràfic 2. Factors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle segons els sistemes de tractament de RSU.



- Recuperar la energía térmica contenida en las basuras, obteniendo vapor y/o electricidad
- Reciclar del orden del 20% de los materiales quemados (escorias)
- Importante disminución del volumen de las basuras (= 90 %)
- Importante reducción del peso de las basuras (= 75 %)
- Costes operacionales moderados o bajos en el caso de incinerar con recuperación de energía
- Limitada utilización de terrenos
- Puede tratar cualquier tipo de residuo si su poder calorífico es adecuado
- Permite el reciclaje de los materiales férricos contenidos en las basuras
- Permite la reutilización de las escorias como material en la construcción de carreteras

Como inconvenientes se pueden considerar:

- No supone un sistema de disposición total, precisa un acondicionamiento para las escorias (si no son recicladas) y especialmente para las cenizas sólidos de depuración
- Alta inversión económica inicial
- Costes operacionales elevados en el caso de incinerar sin recuperación de energía
- Exposición a paros y averías
- Limitada flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de residuos, o necesidad de un sobredimensionamiento

- Necesita de sistemas de control y prevención para los gases de combustión
- Limitada aceptación pública

Otros sistemas de tratamiento de tratamiento: el compostaje y la biometanización, tienen el grave inconveniente de que sólo se pueden aplicar a determinadas fracciones de la basura, a la fracción biodegradable, que se puede cuantificar como del orden del 40% del total actualmente en nuestro país. En consecuencia, aun considerando las fracciones directamente reciclables, todavía puede quedar una fracción del orden también del 40% para disponer.

Fracción que, como se le ha extraído la parte más húmeda, aunque también es verdad que se le han retirado fracciones combustibles, ha aumentado su poder calorífico (alrededor de los 2300 kcal/kg). En consecuencia, no tiene mucho sentido que esta fracción residual sea vertida cuando puede ser aprovechada energéticamente, y consume, además, menos territorio.

De hecho, pueden compararse distintos modelos de gestión de residuos municipales, en lo que respecta al potencial de cada uno de ellos para su contribución a la emisión de gases que incrementan el efecto invernadero (véase la figura 3, en pág. ). Se observa claramente que los modelos de gestión integrados son los que presentan un menor factor de emisión, especialmente cuando se incorpora en ellos la incineración de la fracción residual.

## Conclusiones

Conviene señalar que las críticas que se han hecho y continúan haciéndose a la incineración de residuos, tenían su justificación en las instalaciones que funcionaron hasta finales de los años ochenta, pero a partir de ese momento, especialmente en la Unión Europea por la adopción de límites estrictos de emisión a la atmósfera, han perdido razón de ser.

Con la adopción de la última directiva comunitaria el pasado año 2000, puede afirmarse que la incineración de residuos es la actividad, tanto industrial como de infraestructura, que esta sometida a los más exigentes límites de emisión a la atmósfera.

Teniendo en consideración el fuerte proceso de urbanización a que la humanidad esta sometida en este momento, y que todas las perspectivas indican que en este siglo que acaba de comenzar deberá intensificarse, la incineración constituye, hoy en día, una de las alternativas claras que existen para la gestión de los residuos.

Aunque su uso debe considerarse no como la solución, sino como un elemento base dentro de un sistema integrado de gestión de residuos municipales, aprovechando las ventajas que los diversos sistemas de tratamiento de basuras ofrecen, e intentado obviar los inconvenientes de cada uno de ellos.

Otro aspecto importante a considerar, no solo en la incineración, sino todos los sistemas de tratamiento de basuras, es que deben responder a los máximos criterios de una gestión de calidad.o

Fòrum de debat

• [Doneu la vostra opinió](#)

• [Ver otras opiniones](#)



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge



**Medi Ambient. Tecnologia i Cultura no s'identifica** necessàriament amb l'opinió que expressen els articles signats

© Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya

DL: B-44071-91

ISSN: 1130-4022