



## ÍNDICE

- 1.- **INTRODUCCIÓN.**
- 2.- **LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL MARCO DEL BORRADOR DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE RESIDUOS**
- 3.- **LA INCINERACIÓN EN ESPAÑA.**
- 4.- **EL CONCEPTO DE VALORIZACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA**
- 5.- **CARACTERÍSTICAS DE LA INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA COMO TÉCNICA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS.**
- 6.- **ASPECTOS AMBIENTALES A DESTACAR**
- 7.- **CONCLUSIONES**

## ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Producción de RU en España según el PNIR.

Ilustración 2: La gestión de los RU en España

Ilustración 3: Toneladas de residuos urbanos tratadas en España mediante incineración en el año 2007

Ilustración 4: Porcentajes de generación de escorias en las plantas incineradoras ubicadas en España.

Ilustración 5: Porcentajes de generación de cenizas (residuos de depuración de gases) en las plantas incineradoras ubicadas en España.

Ilustración 6: Modelo de gestión de residuos sin incineración con recuperación de energía

Ilustración 7: Modelo de gestión de residuos con incineración con recuperación de energía

Ilustración 8: Datos sobre el tratamiento de los RU en Europa

Ilustración 9: Evolución de la incineración en la Unión Europea

Ilustración 10: Disponibilidad de las plantas de incineración frente a otras fuentes de energía renovable.

Ilustración 11: Porcentaje de emisiones debidas a las plantas incineradoras

Ilustración 12: Porcentajes de emisiones debidas a las incineradoras en el supuesto caso de que se incineraran el 100% de los residuos urbanos generados.

Ilustración 13: Calidad del aire en el entorno de la planta incineradora de Mallorca, el dióxido de azufre.

Ilustración 14: Calidad del aire en el entorno de la planta incineradora de Mallorca, las partículas en suspensión.



## 1.- INTRODUCCIÓN.

El pasado día 17 de junio, se aprobó en el Parlamento Europeo la propuesta de la nueva Directiva Marco de Residuos. Dicha Resolución Legislativa derogará los actuales textos legales de referencia para la gestión de residuos (Directivas 75/439/CEE, 91/689/CEE y 2006/12/CE) y entrará en vigor a los 20 días de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE).

El desarrollo de la nueva legislación marco en materia de gestión de residuos nace de una Comunicación de la Comisión de 27 de mayo de 2003, denominada “*Hacia una estrategia temática para la prevención y el reciclado de los residuos*”, en la que se señalaba la necesidad de clarificar ciertas definiciones y conceptos (entre ellos la definición de residuo y su diferencia con subproducto y residuo que deja de ser residuo – fin de la condición de residuo-, las operaciones consideradas de valorización y eliminación, cuando un residuo se considera peligroso, etc.). Asimismo ya se señalaban otros puntos a enfatizar, como por ejemplo: *i)* la necesidad de reforzar las medidas para minimizar la generación de residuos, *ii)* la conveniencia de introducir la metodología de análisis de ciclo de vida de los productos a la hora de definir políticas de gestión de residuos, *iii)* la importancia de favorecer la valorización de los residuos y la utilización de materiales valorizados.

Se mantiene la jerarquía marcada por la Directiva a la que deroga en relación al orden de prioridades en la gestión de residuos, sin embargo, se contempla la posibilidad de utilizar la metodología del análisis del ciclo de vida como herramienta de decisión a la hora de definir políticas de gestión y desviar ciertos flujos de residuos.

Se fijan objetivos concretos de reutilización y reciclaje para papel/cartón, vidrio, metales, plástico, etc. a alcanzar en un horizonte cercano (2020). La recuperación de metales y vidrio de las escorias de incineración podrá contribuir al cumplimiento de dichos objetivos. Asimismo se fijan objetivos exigentes en relación al reciclado de residuos de construcción y demolición.

No menos significativo es el establecimiento de los criterios de fin de la condición de residuo, entre los que se podrían incluir los residuos de construcción y demolición, algunas cenizas y escorias, la chatarra, los neumáticos, los textiles, el compost, el papel y el vidrio usados, etc. Las cantidades de residuos que han dejado de serlo contabilizarán, a nivel estadístico, como residuos reciclados y valorizados.

Aparecen dos nuevas figuras en la gestión de residuos: el negociante y el agente de residuos (aparte del productor, el poseedor y el gestor).

Aunque no se menciona explícitamente en la Directiva, si que se reconoce por parte de los Parlamentarios Europeos, el papel decisivo que en un futuro la incineración eficiente energéticamente va a jugar en el cumplimiento de las políticas y objetivos energéticos y de emisiones de gases de efecto invernadero (cambio climático).

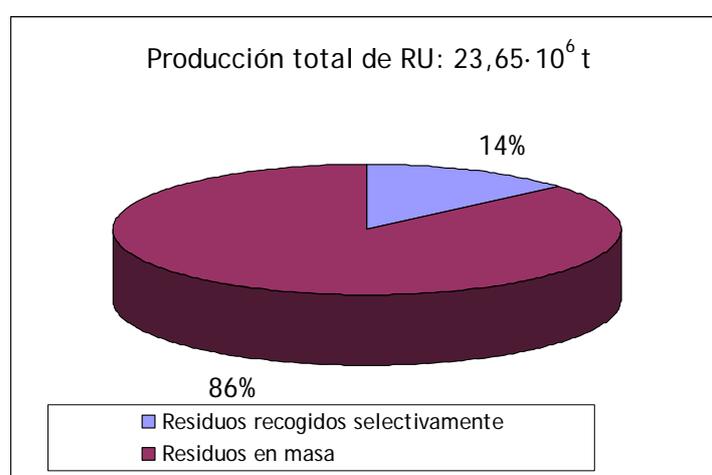
En el presente artículo se pretende demostrar que la incineración con recuperación de energía es un elemento fundamental y a considerar dentro de una planificación integral de la gestión de residuos.

Existen razones reales para adentrarse en la necesidad de resolver un problema real y acuciante en algunos lugares, que tiene múltiples facetas: legales, ambientales (ciclo de la vida), tecnológicas, energéticas, económicas y político-sociales de no fácil concatenación, como lo demuestra la pequeña participación, apenas un 7-8 %, que la Valorización Energética de los residuos urbanos, tienen en el tratamiento y eliminación de los RU en España, y decimos pequeña al compararla con la media de más del 20% que tienen la U.E.

## 2.- LA VALORIZACIÓN ENERGÉTICA EN EL MARCO DEL BORRADOR DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE RESIDUOS

El Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino está en vías de aprobar, actualmente está en exposición pública<sup>1</sup>, el **Plan Nacional Integrado de Residuos 2008/2015 (PNIR)**.

Según los datos que aparecen en el PNIR, en España de generaron en el año 2006 algo más de 23 millones de toneladas de residuos urbanos de los que tan solo el 14% fueron recogidos de forma selectiva, tal y como se observa en la gráfica que aparece a continuación.



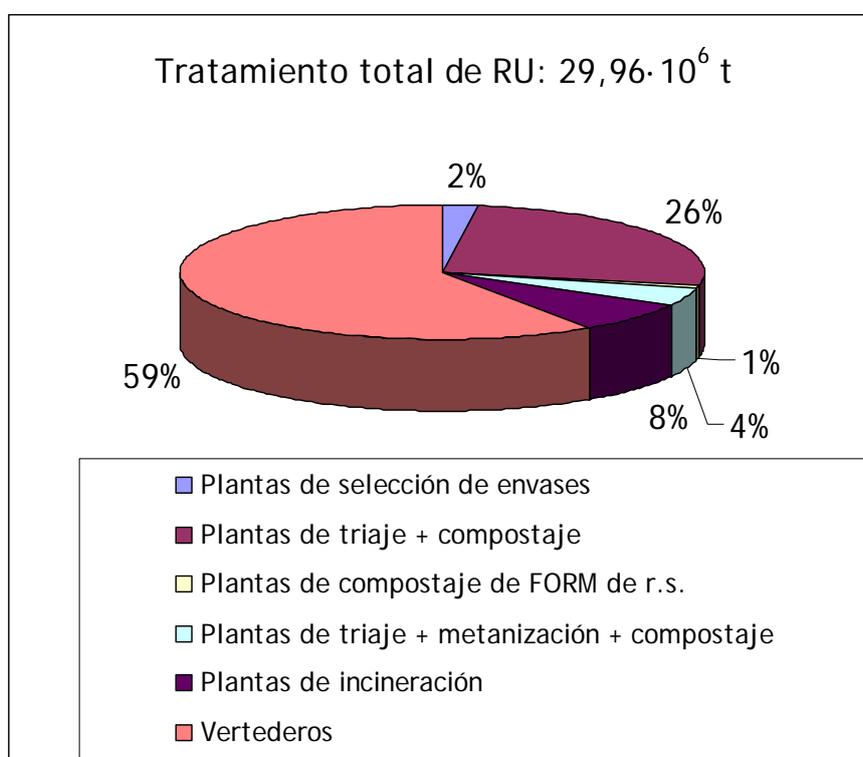
**Ilustración 1: Producción de RU en España según el PNIR.**

En cuanto al tratamiento de esas toneladas producidas, en la ilustración posterior se observan los diferentes destinos. Destacar varios aspectos:

- El tratamiento de las fracciones recogidas selectivamente es simbólico, un escaso 3%, un 2% correspondiente a la recogida de envases y solamente un 1% de la FORM recogida selectivamente y destinada a compostaje.
- La incineración es escasa, un 8%

<sup>1</sup> El borrador en exposición pública es de octubre de 2008

- ☑ El sistema de gestión de residuos en España, a día de hoy, se basa en dos ejes básicos:
  1. La recuperación de la fracción orgánica contenida en los residuos urbanos recogidos en masa (no selectivamente) mediante instalaciones de tratamiento mecánico – biológico, esto es, triaje de residuos en masa y destino de la fracción orgánica a compostaje y/o biometanización. Este sistema supone el 30% de los sistemas de tratamiento.
  2. Destino de un porcentaje todavía muy considerable de residuos a vertedero. Si consideramos la producción ( $23,65 \cdot 10^6$  t), **el vertedero supone el destino del 75%** de los residuos generados.



**Ilustración 2: La gestión de los RU en España**

Sorprende, a priori, que las cantidades tratadas son superiores a las cantidades gestionadas. La diferencia es superior a las seis millones de toneladas. La explicación debe estar en el propio modelo de gestión basado en el tratamiento mecánico – biológico y el vertedero. Es de todos conocido que los tratamientos mecánico – biológicos tienen un elevado porcentaje (superior 60%) de rechazo no recuperable que debe ser destinado a vertedero o incineración. De ahí que parte de los residuos gestionados mediante el tratamiento mecánico – biológico son finalmente destinados a vertedero.

En cuanto a la valorización energética el borrador de PNIR especifica textualmente:

*“El aprovechamiento de la energía contenida en los residuos juega también un papel importante en la reducción del vertido de residuos urbanos biodegradables pero es necesario tener en cuenta que es un tratamiento no finalista con un coste*



*de funcionamiento elevado. Además para que el proceso de incineración sea considerado valorización energética, teniendo en cuenta lo establecido en la nueva DMR, deberían incinerarse residuos con alto poder calorífico y aprovechar eficientemente la energía generada”*

Varios comentarios a ese párrafo:

- ☞ Aunque el PNIR reconoce que el aprovechamiento de la energía contenida en los residuos juega un papel importante, esa afirmación no se refleja en los objetivos marcados.
- ☞ Si se reutilizan las escorias (eso ocurre en prácticamente todos los casos), la incineración supone un tratamiento finalista, reduce el volumen de entrada en prácticamente un 99%.
- ☞ En cuanto al coste, la incineración no es menos costosa que la selección de envases, la metanización y, en algunos casos, el compostaje o incluso el vertedero. Sorprende, además, que sea en el único apartado donde se hacen consideraciones de tipo económico.
- ☞ En cuanto a si la incineración es o no valorización energética, en el cuarto apartado del presente artículo se comenta con detalle el tema.

En relación a los objetivos de valorización energética, el PNIR prevé tan solo pasar de las actuales 2 millones de toneladas a 2,7 millones de toneladas incineradas en el año 2012. A todas luces, parece un objetivo muy poco ambicioso<sup>2</sup>, sobretodo si lo comparamos con la situación de los países de la UE más avanzados ambientalmente. Para alcanzar un tratamiento del 25%, valor promedio de la UE-15, se debería pasar de las 2 millones toneladas actuales de capacidad de incineración a 6,5 millones de toneladas anuales.

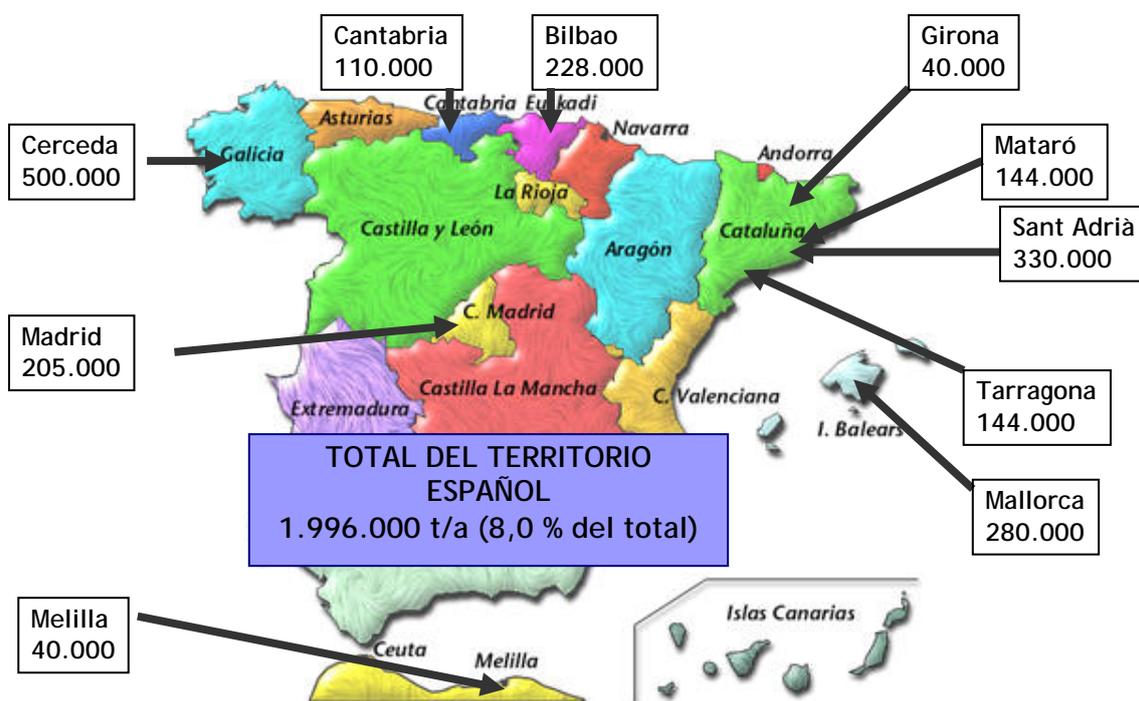
No se trata de sembrar España de incineradoras, pero si parece claro, que existe la imperiosa necesidad de instalar entre 10 y 15 Plantas de tamaño medio/grande, que resolverían el problema en aquellas áreas que necesitan con bastante urgencia reducir la cantidad de RU que envían ahora a Vertedero.

### **3.- LA INCINERACIÓN EN ESPAÑA.**

Las aproximadamente 2 millones de toneladas incineradas en España en el año 2007 se distribuyen tal y como se observa en la ilustración que aparece a continuación:

---

<sup>2</sup> En realidad ni tan siquiera lo deberíamos considerar un objetivo ya que con las ampliaciones ya autorizadas ya se alcanzaría el objetivo del PNIR.



**Ilustración 3: Toneladas de residuos urbanos tratadas en España mediante incineración en el año 2007**

La mayoría de instalaciones han optado por un horno de parrillas, únicamente las plantas de Madrid y Cerceda tienen un horno de lecho fluidizado, burbujeante y circulante, respectivamente.

En cuanto a los sistemas de depuración de gases:

- La mayoría de instalaciones han optado por un sistema semiseco con filtro de mangas y lechada de cal.
- En la mayoría de las instalaciones también se dispone de carbón activo.
- A excepción de Madrid y Mallorca que tienen instalado un DeNOx<sup>3</sup> catalítico (que además elimina PCDD y PCDF), el resto de las instalaciones han optado por un DeNOx no catalítico con inyección del agente reductor (urea o amoníaco) en el horno - caldera

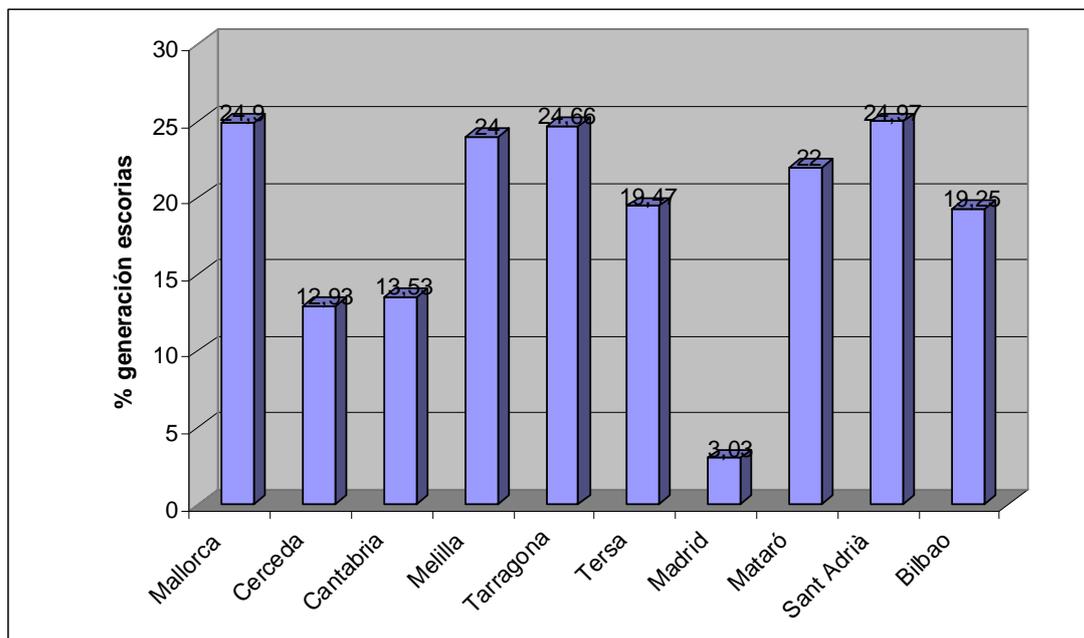
Los resultados de la eficiencia de los sistemas de depuración de gases instalados en las plantas españolas han sido muy favorables y debemos catalogarlo de pleno éxito si consideramos que la normativa (Real Decreto 653/2003) ha sido cada vez más exigente i la más restrictiva si la comparamos con otros sectores industriales. Las plantas españolas cumplen, sin ningún problema, los exigentes valores de emisión de la legislación vigente a pesar de que muchas de ellas fueron diseñadas con otra normativa lo que demuestra la elevada capacidad de adaptación. Se trata de instalaciones muy tecnificadas y explotadas de una forma muy controlada por las Administraciones Públicas. Muchas de las emisiones son controladas *on line*. La mayoría de ellas tienen certificaciones de medio ambiente (EMAS, ISO 14001, ...).

<sup>3</sup> DeNOx o sistema de eliminación de óxidos de nitrógeno

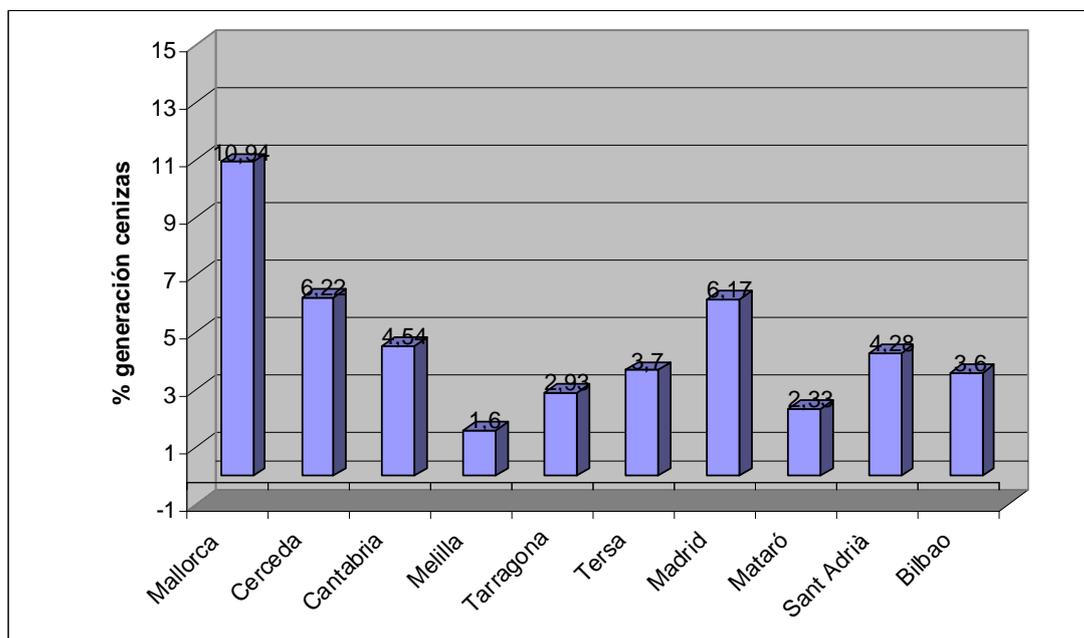


En relación a la generación de cenizas (residuos de depuración de gases) y escorias de las gráficas que se observan a continuación, cabe destacar:

- A excepción de Madrid, Cerceda y Cantabria que incineran CDR, las escorias suponen una media del 23% del RU incinerado en peso y un 6% en volumen
- En los casos antes mencionados, la generación de escorias es mucho menor al existir un tratamiento previo a la incineración.
- Las escorias se reutilizan en la mayoría de los casos. Se reutilizan como subbase de carreteras o materia prima para cementeras, pues están formadas por óxidos de diversos elementos (calcio, silicio, magnesio, sodio, etc.) que le ahorran emisiones de CO<sub>2</sub> en la fabricación de cemento.
- Las cenizas (residuos de depuración de gases) son considerados oficialmente como residuos peligrosos, cuyo destino es el vertedero de seguridad. Sin embargo se están haciendo investigaciones, aplicando plasma u otros procedimientos, para lograr la separación de sales, metales pesados y vitrificar el resto. Otros estudios se están centrando en el lavado de las cenizas para eliminar su salinidad y carácter peligroso. Se han hecho estudios en formulación de hormigones y otros productos de la construcción. En definitiva, se trata de residuos que potencialmente son reciclables. Con ello se lograría acercarnos al “residuo cero” que es la utopía buscada por todos los Sistemas de Tratamiento de RU.
- Al verter sólo las cenizas, la incineración supone una reducción en peso del 96% por término medio de los RU gestionados en incineradoras o un 99% en volumen
- En Mallorca, el % en peso de cenizas es superior al estabilizarse con cemento y agua



**Ilustración 4: Porcentajes de generación de escorias en las plantas incineradoras ubicadas en España.**



**Ilustración 5: Porcentajes de generación de cenizas (residuos de depuración de gases) en las plantas incineradoras ubicadas en España.**

Para concluir este apartado nos gustaría destacar dos aspectos que entendemos básicos aunque, en algunas ocasiones no se les da la importancia que realmente tienen:

- ✚ La política de puertas abiertas es fundamental como herramienta de concienciación y educación ambiental y, por ello, la mayoría de instalaciones



fomentan las visitas a las mismas en diferentes programas de educación ambiental.

- ✚ Se apuesta fuertemente por la investigación y el desarrollo en el campo de la incineración de residuos en colaboración con las universidades: seguimiento ambiental, estudios sobre los posibles impactos de las emisiones, posibles usos para la reutilización de los subproductos, ...

#### 4.- EL CONCEPTO DE VALORIZACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

En el Anexo II de la propuesta de la nueva Directiva Marco de Residuos, en el que se establecen las operaciones de valorización, se incluye la incineración con recuperación de energía siempre y cuando cumpla con unas ciertas condiciones de eficiencia energética. Se considera que la incineración de residuos urbanos es eficiente energéticamente si ésta es mayor o igual a 0,6 para instalaciones existentes y mayor o igual a 0,65 para instalaciones nuevas).

Más concretamente, la fórmula que aparece en la nueva propuesta de la Directiva es la que se indica a continuación:

$$\text{Eficiencia energética} = \frac{(E_p - (E_f + E_i))}{0,97 \times (E_w + E_f)}$$

Donde:

- $E_p^{(1)}$  : energía anual producida
- $E_f$ : energía anual producida por el combustible de apoyo
- $E_i$ : energía anual importada
- $E_w$ : energía anual contenida en los residuos incinerados

<sup>(1)</sup>Se calcula la energía eléctrica producida por 2,6 y el calor producido para uso comercial por 1,1.

La nueva propuesta de directiva de alguna forma contradice la sentencia del Tribunal de Luxemburgo del año 2002, donde la incineración con recuperación de energía es considerada de forma generalizada una operación de eliminación. La nueva Directiva posibilita que las operaciones de incineración de residuos urbanos sean catalogadas de valorización, con ello se les da un peso específico dentro del orden de prioridades en la gestión de residuos, distanciándose de la consideración de eliminación que tiene el vertido y se posibilita que queden exentas de ciertas penalizaciones fiscales (tasas de eliminación que ya tienen impuestas ciertos Estados Miembros) y de traslados transfronterizos. Cualquier autorización para incineración o co-incineración con valorización energética tendrá como condición que esta valorización de energía se produzca con un alto nivel de eficiencia energética.



La propia Directiva habilita asimismo a la Comisión para que adapte los anexos a los avances técnicos y científicos y para que precise la aplicación de la fórmula de cálculo de la eficiencia energética de las instalaciones de incineración, con arreglo al procedimiento de reglamentación con control previsto en el artículo 5 bis de la Decisión 1999/468/CE, adaptándola a las condiciones climáticas y las condiciones locales de las regiones ultraperiféricas.

A pesar de todo lo que se ha indicado, el sector de las empresas que operan plantas incineradoras ha mostrado, en diferentes ocasiones y a través de su asociación AEVERSU, su disconformidad respecto de la fórmula antes mencionada.

La finalidad básica de la incineración con recuperación de energía no es la producción de energía sino la de dar una solución al problema de los residuos, garantizando su tratamiento en condiciones medioambientalmente adecuadas y contribuyendo al cumplimiento de las directrices europeas en materia de gestión de residuos. Si bien todas las instalaciones han sido diseñadas para recuperar al máximo la energía de los residuos, siempre se han antepuesto criterios fundamentales de sostenibilidad, como la minimización de los impactos al entorno, el cumplimiento de la legislación ambiental de aplicación y un dimensionamiento adecuado para dar servicio a las comunidades locales.

La introducción de una fórmula para el cálculo del rendimiento energético, tal como aparece en el Anexo 2 de la Propuesta de Directiva, como vía para clasificar un tratamiento de recuperación (R) o eliminación (D), se considera totalmente innecesaria y contraproducente, así como basada en un planteamiento erróneo, por los motivos que se indican a continuación:

- ✚ La recuperación o no de la energía contenida en los residuos por parte de una planta incineradora no necesita ser demostrada mediante fórmula alguna ya que, siempre que la instalación produzca más energía eléctrica de la que consume (lo que se evidencia en una exportación neta) se está ante un proceso de recuperación.
- ✚ En todo caso, la eficiencia debería calcularse basándose en el vapor producido a salida de caldera (termia recuperada en forma de vapor) y no en la producción de energía eléctrica en turbina. Lo contrario da como resultado una fórmula que no puede ser aplicada por igual a plantas de diferente tamaño, basadas en distintas tecnologías o a plantas que estén instaladas en un país del norte o del sur de Europa. Estas últimas se ven discriminadas, pues al no haber demanda del calor producido, están obligadas a su transformación en energía eléctrica, con la consiguiente pérdida de rendimiento.
- ✚ Diseñar las instalaciones para conseguir los valores de eficiencia energética marcados en la Directiva puede llevar a no hacer uso de las MTDs (Mejores Técnicas Disponibles), recurriendo a sistemas de depuración de gases energéticamente menos costosos y menos eficaces frente a otros de mayor eficiencia en la eliminación de contaminantes (p.e. sistemas catalíticos para la eliminación de óxidos de nitrógeno, sistemas de lavado húmedo de gases, etc.), lo que derivaría en un perjuicio medioambiental evidente.
- ✚ En la propuesta de Directiva se deja de lado el principio de proximidad y autosuficiencia. Las instalaciones de menor capacidad de tratamiento, que



generalmente requieren para ser operadas la misma energía que las plantas grandes, con la consiguiente disminución en la producción eléctrica neta, se verán en esas condiciones especialmente perjudicadas. Sin embargo, estas instalaciones son necesarias para garantizar el servicio a nivel local y evitar transportes de residuos a larga distancia.

- ✚ La eficiencia energética siempre va a ser superior si se recurre a la exportación directa del calor recuperado de la combustión de los residuos (en forma de vapor o agua caliente) que si se requiere un paso previo de generación de electricidad para su exportación a la red. La elección de una u otra opción depende de la demanda y esta está a su vez estrechamente ligada a la climatología. Los países del norte de Europa tienen mayor demanda de calor para calefacción durante más meses del año, mientras que en España dicha demanda es mucho menor y por ello las instalaciones han sido diseñadas tradicionalmente para producción eléctrica. Sólo por razones termodinámicas (asociadas a las temperaturas ambiente), una instalación diseñada con idénticas premisas y tecnologías va a ser más eficiente energéticamente si se ubica en el Norte de Europa que si se ubica en el Sur de Europa.
- ✚ El factor equivalente eléctrico 2,6 deriva de considerar un rendimiento de centrales eléctricas de un 38,5%, lo cual es muy elevado, siendo aceptado de forma generalizada un 35%.

Las plantas incineradoras con recuperación de energía producen energía a partir de los residuos, reemplazando combustibles fósiles que de otra manera serían utilizados en centrales eléctricas convencionales para la producción de energía. Con ello las plantas están contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y, por consiguiente, al cumplimiento de los compromisos de Kyoto. Es por tanto incuestionable el beneficio medioambiental que aportan.

La utilización de una fórmula para el cálculo de la eficiencia de las instalaciones de incineración, según lo establecido en el Anexo 2 de la propuesta de Directiva Marco de Residuos, puede resultar en su clasificación como instalaciones de eliminación. Esto las equipararía a los vertederos de residuos, con todas las implicaciones que de ello derivan. Entre otras cabe mencionar:

- ✓ Desvío de la corriente de residuos hacia instalaciones de co-incineración (*p.e.* instalaciones de la industria cementera, etc.) para las que la legislación ambiental es menos exigente; pero que quedan clasificadas como recuperación.
- ✓ Puesta en peligro del cumplimiento de los objetivos de las Políticas Nacionales y Europeas, tanto en materia de *i)* residuos (potenciación del máximo aprovechamiento de los residuos y el tratamiento de los residuos biodegradables antes de su destino a vertedero, la valorización energética de envases y residuos de envases) como *ii)* energía (aprovechamiento de la biomasa -que representa un alto porcentaje de la fracción de los residuos- dentro del Plan Energético recientemente aprobado), *iii)* utilización de recursos (promoción de la producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovable), etc.
- ✓ Se desincentiva a los operadores de las plantas incineradoras a invertir en mejoras ambientales de sus instalaciones



En caso de que la fórmula se mantenga, el límite debería bajarse al 50% y deberían revisarse los factores equivalentes. Asimismo deberían estar previstas formulaciones diferentes para plantas de diferentes tamaños, de manera que se garantice el principio de proximidad y autosuficiencia. Nosotros proponemos una reducción a un 40% para las plantas con una capacidad nominal que no exceda de 6 toneladas/hora (límite tomado de los requisitos del Real Decreto 653/2003, sobre Incineración de Residuos, así como de la Directiva 2000/76/CE que transpone).

La fórmula no debería en ningún caso aplicar a instalaciones existentes, puesto que en su momento fueron diseñadas para el tratamiento de residuos, en un marco contextual diferente al actual.

## **5.- CARACTERÍSTICAS DE LA INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE ENERGÍA COMO TÉCNICA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS.**

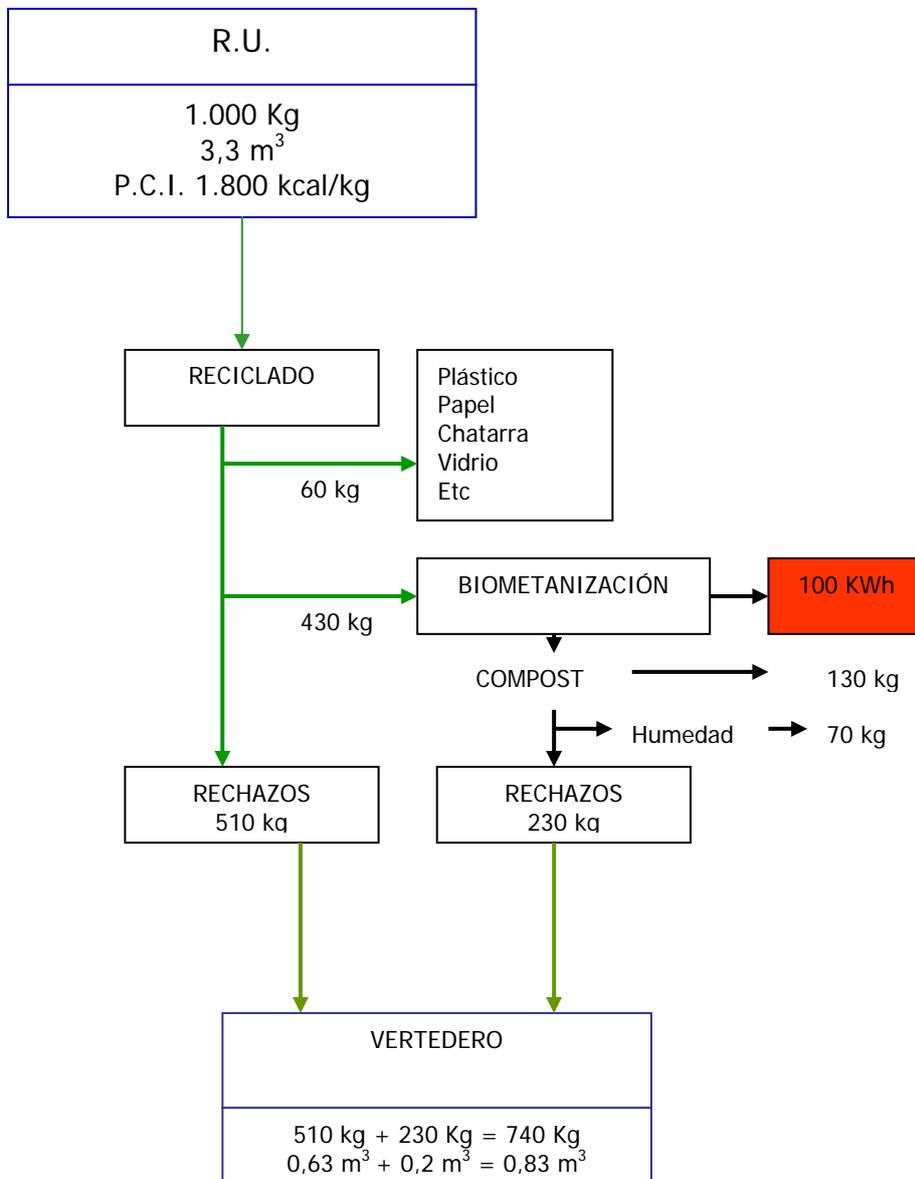
En algunas ocasiones se ha afirmado que la incineración con recuperación de energía es contraria al reciclado. Desde nuestro punto de vista nada más lejos de la verdad, **la incineración es complementaria de la valorización material o reciclado.**

Recordemos antes el principio de diferenciación jerárquico que, con matices, ha sido ratificado en la nueva propuesta de directiva. El principio es muy claro: La prevención en la generación de residuos es la máxima prioridad, seguida de la recuperación de los residuos y, en última instancia, la eliminación segura de los mismos. La recuperación de los residuos pretende, por este orden, su reutilización, su reciclado u otro tipo de valorización, por ejemplo, la valorización energética. Esta jerarquía de gestión de residuos puede sufrir modificaciones siempre que queden justificadas por un enfoque de ciclo de vida sobre los impactos de la generación y gestión de los residuos.

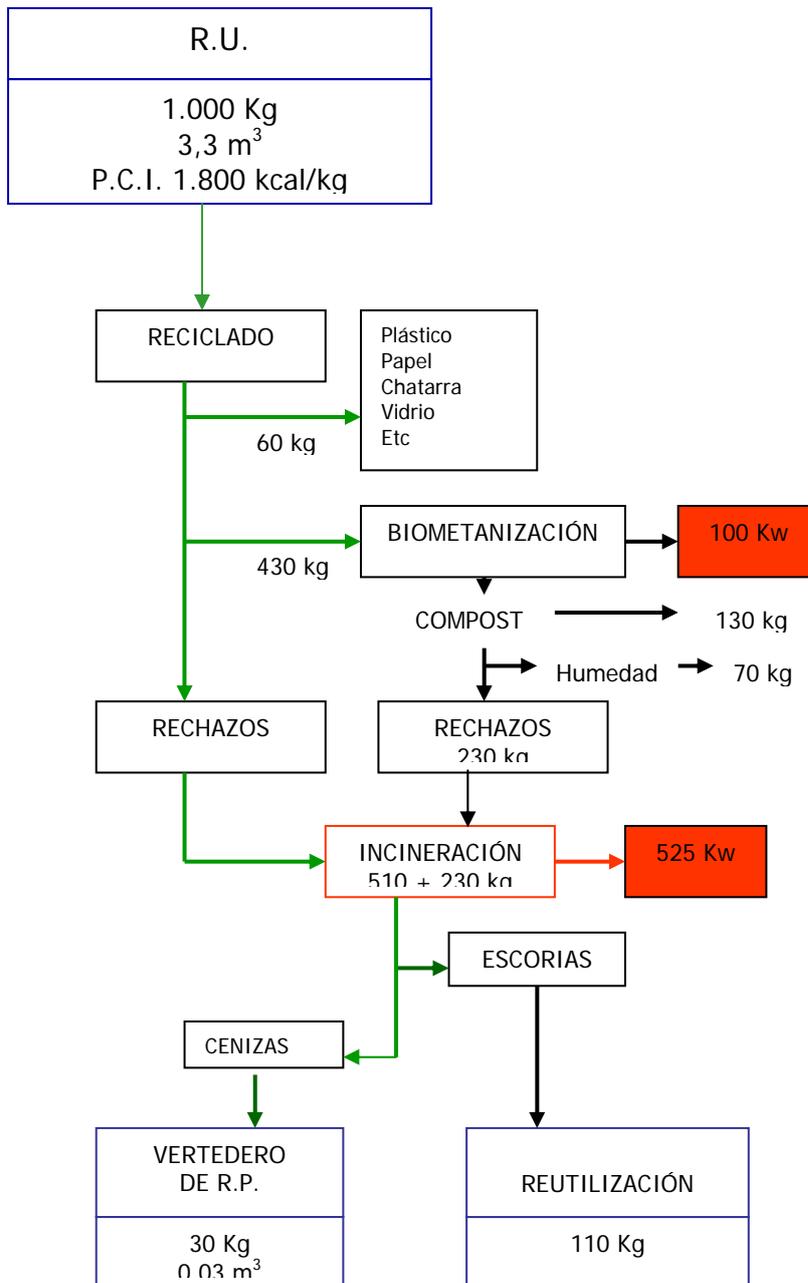
Parece claro, pues, que la incineración no puede ir nunca contra el reciclado ya que éste es prioritario frente a la incineración. La ya dilatada experiencia de estos años viene demostrando que no todos los residuos generados se pueden reciclar. En consecuencia, se genera un residuo no reciclable que entre ser eliminado en un vertedero o ser tratado en una planta incineradora recuperando la energía contenida en el mismo, parece obvio que es mucho mejor la segunda alternativa que, además, es concordante con el principio de diferenciación jerárquico. Lo que no se comprende es que en España pasamos con frecuencia de la tercera opción: el "Reciclaje" a la quinta "el Vertedero" olvidándose de que también existe la cuarta: "la Valorización Energética". No estamos por tanto defendiendo la Valorización Energética total sino la de aquellos residuos que ya no tienen valor material, pero que sin embargo tienen potencia energética suficiente y que no deben ir al vertedero ya que pueden ser valorizados en una planta incineradora.

Para visualizar lo expuesto en el párrafo anterior, a continuación se pueden observar dos modelos de gestión de residuos, uno que integra la incineración con recuperación de energía y, el otro, que no la incluye.

La conclusión parece obvia, en ambos casos se obtiene el máximo de reciclado y en el segundo, el que incorpora la incineración, además se obtiene un mayor rendimiento energético y una menor cantidad de residuos que se destinen a eliminación en vertedero.



**Ilustración 6: Modelo de gestión de residuos sin incineración con recuperación de energía**



**Ilustración 7: Modelo de gestión de residuos con incineración con recuperación de energía**

## Treatment of MSW in the EU 27 in 2006

Source: EUROSTAT



■ Recycling (Incl. Composting)
 ■ Waste-to-Energy
 ■ Landfilling

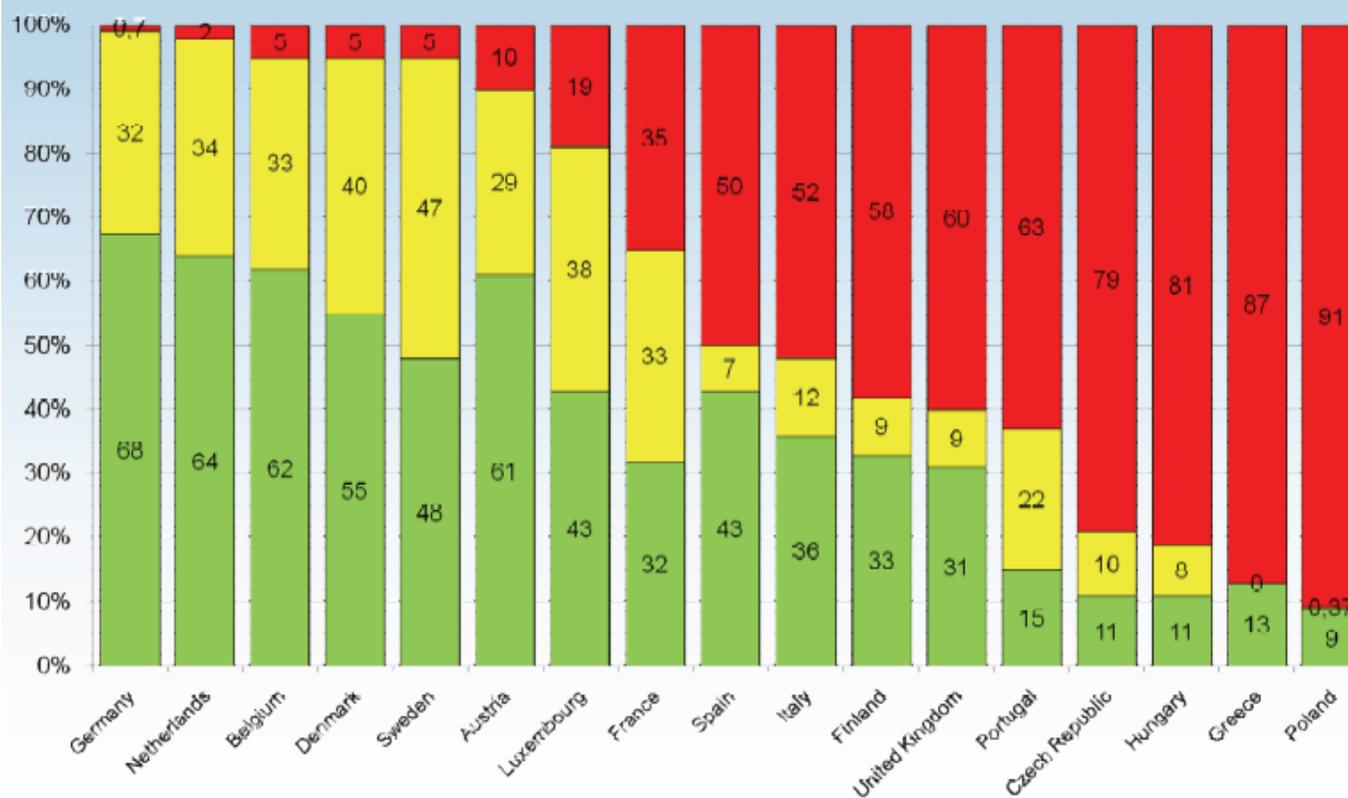


Ilustración 8: Datos sobre el tratamiento de los RU en Europa



La complementariedad de la incineración con recuperación de energía con el reciclado también se puede observar en la ilustración anterior donde se comprueba que **en la Unión Europea aquellos países que más reciclan son aquellos que más incineran y que, en consecuencia, menos residuos eliminan en vertedero**. Los datos son contundentes, países como Alemania, Holanda, Bélgica, Dinamarca, ... basan su modelo de gestión en un sistema dual: reciclado – incineración. Países como Polonia, Grecia o República Checa basan su gestión de residuos en la eliminación de los residuos en vertedero, precisamente la última opción en la gestión de los residuos según el principio de diferenciación jerárquico. La media europea se sitúa en 40% de los residuos urbanos destinados a reciclaje, un 19% a incineración y un 41% a vertedero.

Se trata, pues, de entender que la incineración con recuperación de energía es un sistema adecuado para el tratamiento de la denominada gestión resto o fracción de residuos urbanos no valorizables materialmente.

El concepto de “fracción resto” no concreta demasiado a qué parte de los RU generados se está refiriendo, ya que dependiendo de los sistemas de recogida selectiva en origen que se tengan implantados y de los sistemas de pretratamiento, tienen más o menos materia orgánica, y menos o más poder calorífico inferior, parámetro fundamental para su valorización energética posterior.

Además de la existencia o no de recogida selectiva, puede existir un pretratamiento en planta, donde se separan nuevamente algunos materiales reciclables (vidrio, plásticos, metales y fracción orgánica) quedando un Combustible Derivado de Residuos (CDR) que representa del orden del 45% de los RU generados y con un PCI del orden del 11 MJ/Kg, que pueden ser tratados térmicamente directamente.

En función del análisis que antecede se pueden decidir diversos procesos de pretratamiento más o menos complejos entre los cuales están los Tratamientos Mecánico Biológicos (TMB) que además de separar “material reciclable, Fracción Orgánica, y Resto Combustible, puede recuperar la materia orgánica (por vía aeróbica, anaeróbica o secado), quedando siempre un alto porcentaje de material combustible cuyo destino debería ser normalmente una planta específica de tratamiento térmico dotada de todos los mecanismos de combustión y tratamiento de gases que exige la normativa actual, con recuperación de la energía en forma de calor, de energía eléctrica o de ambas. En éste último caso la eficiencia energética es superior al 75% de la energía de los residuos entrantes.

Estas opciones se han analizado últimamente en un documento bien documentado del Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos (ISR) donde se explica que la valorización térmica debería tener un papel preponderante en el tratamiento de la fracción resto de los RU.

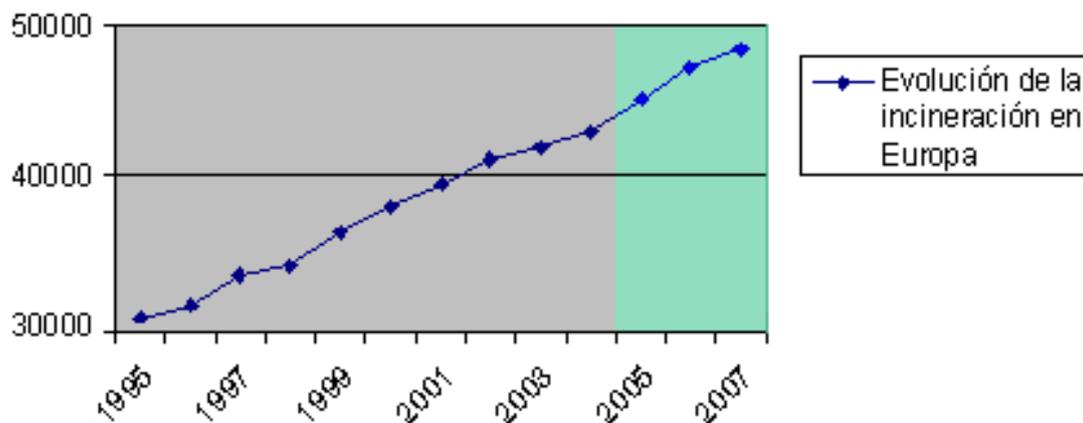
Los principales motivos para su utilización son:

- ✚ Reducción drástica del espacio en vertederos.
- ✚ Cumplimiento de las normativas sobre vertederos e incineración.
- ✚ Aprovechamiento energético de una fuente casi enteramente renovable.
- ✚ Aportación positiva al calentamiento global, calidad del aire.

- ✚ Existencia de tecnologías a nivel industrial que garantiza el cumplimiento de las normativas ambientales con empresas bien gestionadas, tanto públicas como privadas.

Otro aspecto que entendemos debemos destacar de la incineración con recuperación de energía es su **fiabilidad** ya que:

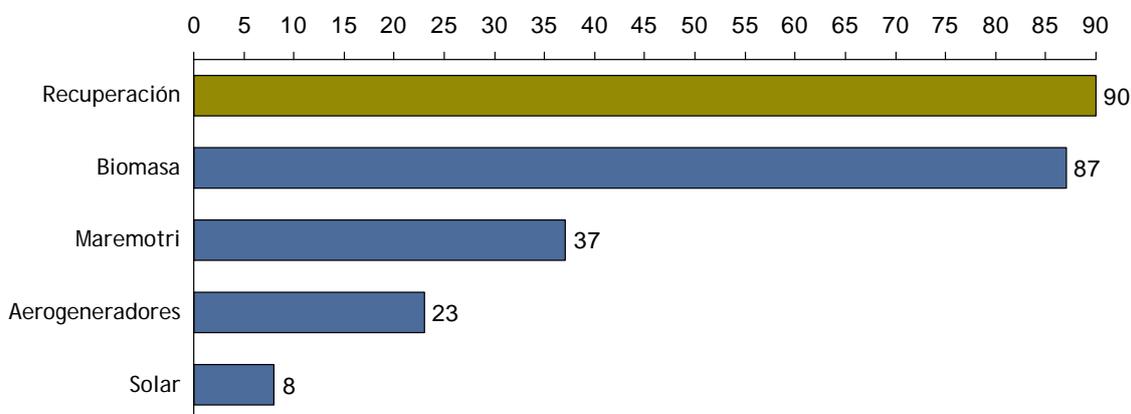
- Es una solución consolidada para el tratamiento de los residuos desde hace más de 40 años.
- No solo es una tecnología consolidada que se aplica desde hace años sino que además está creciendo y en continuo desarrollo (ver ilustración adjunta)
- En este sentido destacar el avance espectacular se ha producido en la última década en materia de reducción de emisiones a la atmósfera.



**Ilustración 9: Evolución de la incineración en la Unión Europea**

Para acabar este apartado, no gustaría destacar una última característica de la incineración como técnica de tratamiento de residuos: su **elevada disponibilidad**, tal y como se observa en la gráfica que se aparece a continuación.

### % Anual de disponibilidad



Sources: EZ, Regeling subsidiebedragen milieukwaliteit elektriciteitsproductie; VROM, personal communication; ECN. 2002. Duurzame Energie en Ruimte. M. Menkveld: analysis Deloitte

### Ilustración 10: Disponibilidad de las plantas de incineración frente a otras fuentes de energía renovable.

## 6.- ASPECTOS AMBIENTALES A DESTACAR

Para ilustrar algunos aspectos relevantes en relación a las emisiones de las plantas incineradoras y su contribución a la contaminación atmosférica, queremos destacar algunos datos de un informe elaborado hace unos pocos años por el Ministerio Federal de Medioambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania.

Los aspectos a resaltar del informe antes mencionado son los que se detallan a continuación:

- En los años 80 las plantas incineradoras se convirtieron en un todo símbolo de contaminación medioambiental.
- Los ciudadanos comenzaron a oponerse a la sociedad de usar y tirar y a las “emisiones de dioxinas”.
- Hoy en día se recicla más de la mitad de todos los residuos domésticos producidos en Alemania: bio-residuos, papel, vidrio, envases.
- Las plantas incineradoras han dejado de ser importantes en cuanto a emisiones de dioxinas, polvo y metales pesados.

Los datos que avalan esta última información, se detallan a continuación:

Capacidad de incineración de residuos en Alemania		
Año	Número de plantas	Capacidad, en 1.000t/a
1965	7	718
1970	24	2.829
1975	33	4.582
1980	42	6.343
1985	46	7.877
1990	48	9.200
1995	52	10.870
2000	61	13.999
2005	66	16.900
2007	72	17.800

A pesar del considerable aumento de la capacidad de incineración, en detrimento del vertedero, en la tabla posterior se observa un claro descenso en las emisiones de PCDD/Fs.

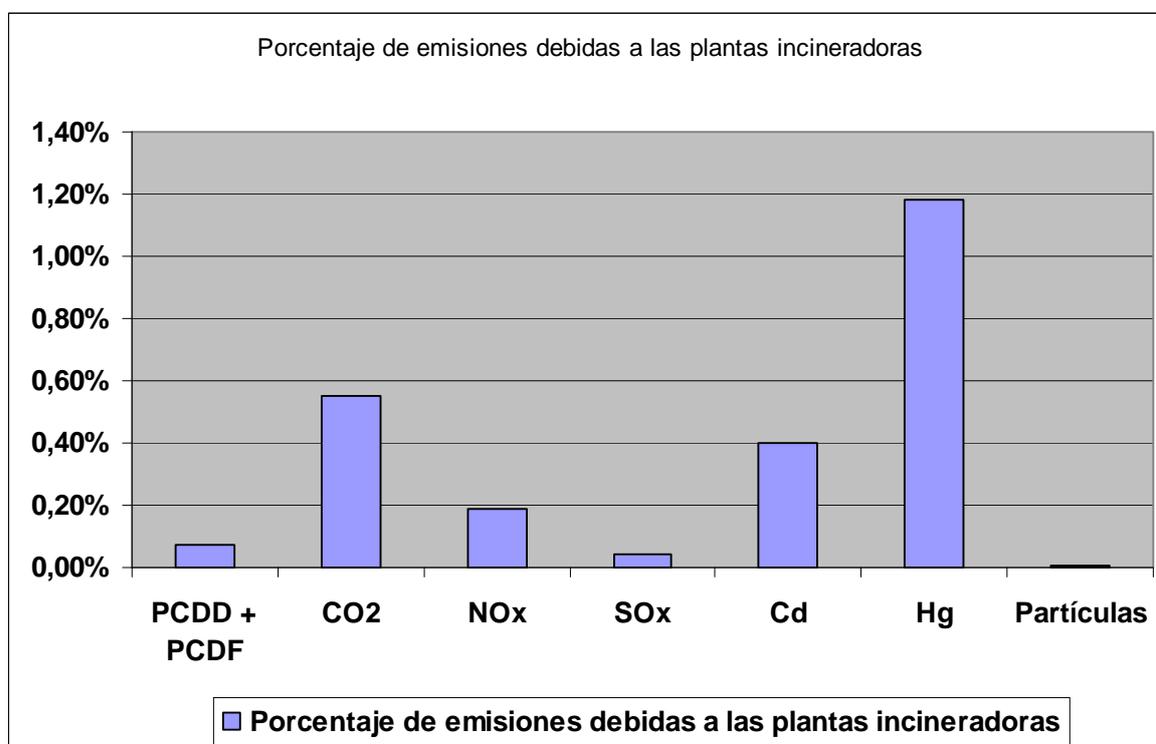
	Emisiones al año de PCDD/Fs en g l - TEQ		
	1990	1994	2000
<b>Extracción y transformación</b>	<b>740</b>	<b>220</b>	<b>40</b>
<b>Incineración</b>	<b>400</b>	<b>32</b>	<b>0.5</b>
<b>Centrales eléctricas</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Plantas de incineración de residuos industriales</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>&lt;10</b>
<b>Calentamiento doméstico</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>&lt;10</b>
<b>Tráfico</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>&lt;1</b>
<b>Cremación</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>&lt;2</b>
<b>Total emisiones en el aire</b>	<b>1.200</b>	<b>330</b>	<b>&lt;&lt;70</b>

Las emisiones de dioxinas y furanos producidas por las plantas incineradoras en Alemania se han reducido más de mil veces desde 1990, con un incremento de toneladas incineradas del 44%. Sólo chimeneas y estufas particulares descargan aproximadamente 20 veces más dioxinas que las plantas incineradoras de residuos. Las concentraciones de dioxinas en el aire son 5 veces mayores en invierno que en verano.

Para el resto de contaminantes las conclusiones son muy similares:

- ✚ Partículas: antes de 1990 se emitían 25.000 t de polvo, en 2001 se emiten menos 3.000 t. Las toneladas totales emitidas a la atmósfera son 171.000 t/a polvo fino. La cuota correspondiente a las plantas incineradoras es de poca trascendencia.
- ✚ Plomo y mercurio: en 1990 se emitían 57.900 kg Pb y 347 kg Hg, en 2001: 130,5 kg Pb (0,2%) y 4,5 kg Hg (1,3%). Los turismos y las instalaciones de combustión han emitido 624.000 kg de Pb y 31.000 kg de Hg , 1000 veces las emisiones producidas por la incineración.

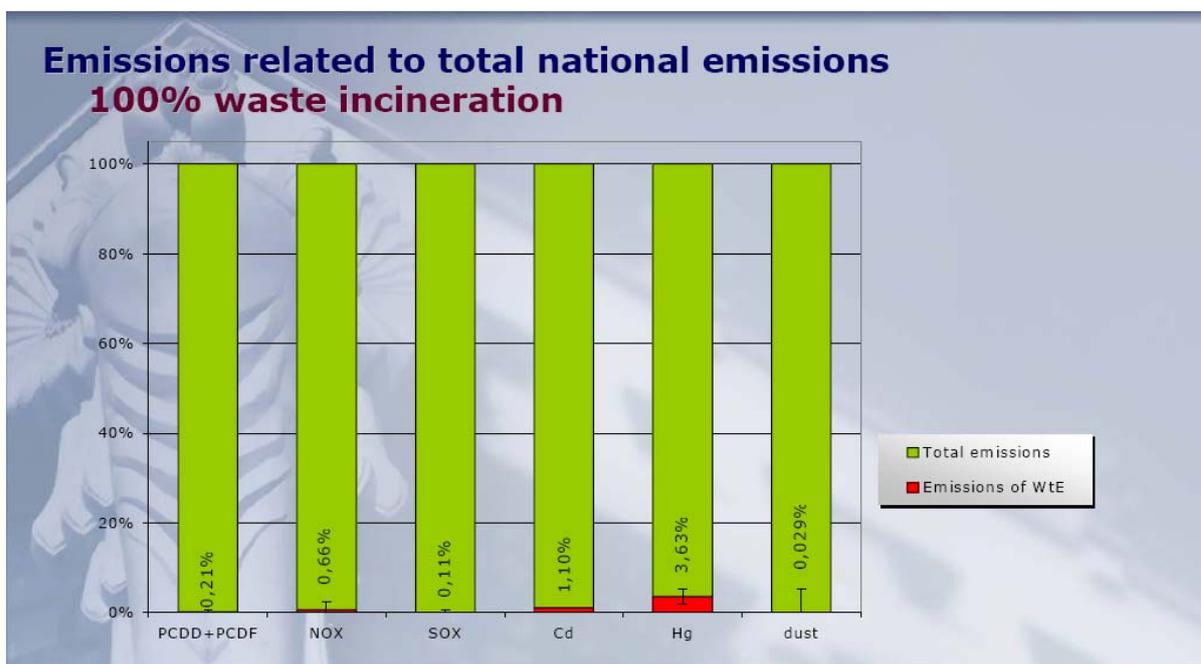
Esos datos del Ministerio Federal de Medioambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear alemán han sido avalados por otros estudios como el realizado por la Universidad Tecnológica de Viena donde comparan las emisiones de las plantas incineradoras con las de otras fuentes de combustión. De forma resumida los datos aparecen en la ilustración que se observa a continuación y, por países, en la tabla posterior.



**Ilustración 11: Porcentaje de emisiones debidas a las plantas incineradoras**

	PCDD + PCDF <sup>d</sup>	CO2 <sup>a,b,c,d</sup>	NOx <sup>a</sup>	SOx <sup>d</sup>	Cd <sup>d</sup>	Hg <sup>d</sup>	Partículas <sup>a</sup>
	[kg/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
<b>AUSTRIA</b>							
Total emisiones	0,05245	69.670.000	204.467	35.962	1	1	64.807
Emisiones de PIB	0,00002	268.894	304	15	0	0,01	3,33
	0,04%	0,39%	0,15	0,04%	0,25%	1,04%	0,01%
<b>ALEMANIA</b>							
Emisiones totales	0,309	859.000.000	1.499.499	610.596	11	28	208.965
Emisiones de PIB	0,00038	4.926.187	5.573	277	0,05	0,18	61,03
	0,12%	0,57%	0,37%	0,05%	0,43%	0,65%	0,03%
<b>SUECIA</b>							
Total emisiones	0,04453	54.752.880	242.303	57.942	0,52	1	87.168
Emisiones de PIB	0,00005	607.252	687	34	0,01	0,02	7,52
	0,11%	1,11%	0,28%	0,06%	1,12%	3,32%	0,01%
<b>ITALIA</b>							
Total emisiones	0,2395	468.960.850	1.316.570	709.270	16	10	400.000
Emisiones de PIB	0,0001	1.276.403	1.444	72	0,01	0,05	15,81
	0,04%	0,27%	0,11%	0,01%	0,08%	0,47%	0,00%
<b>REP. CHECA</b>							
Total emisiones	0,6204	123.047.960	318.230	237.382	2,74	2,76	76.107
Emisiones de PIB	0,00002	234.870	266	13	0	0,01	2,91
	0,00%	0,19%	0,08%	0,01%	0,08%	0,31%	0,00%
<b>NORUEGA</b>							
Total emisiones	0,03142	40.945.150	212.978	22.074	1	1	77.104
Emisiones de PIB	0,00002	320.786	363	18	0	0,01	3,97
	0,08%	0,78%	0,17%	0,08%	0,45%	1,30%	0,01%
<b>PROMEDIO</b>	0,07%	0,55%	0,19%	0,04%	0,40%	1,18%	0,01%

Aún en el supuesto caso que el 100% de los residuos se incineraran, las contribuciones de las incineradoras al total de las emisiones sería escasa, tal y como se observa en la gráfica que aparece a continuación obtenida de un estudio de la misma Universidad Tecnológica de Viena.



**Ilustración 12: Porcentajes de emisiones debidas a las incineradoras en el supuesto caso de que se incineraran el 100% de los residuos urbanos generados.**

Los datos en España (CORINE 2003) están en la línea de las afirmaciones que se han realizado hasta hora, tal y como se observa a continuación.

	S02 (t)	NOx (t)	COVNM (t)	CO (t)	Partículas PST (t)	PCDD/Fs (g)
<b>Emisión TOTAL</b>	<b>1342562</b>	<b>1561993</b>	<b>2735346</b>	<b>2594202</b>	<b>306976</b>	<b>137</b>
Sector tratamiento y eliminación de residuos	14155	8727	27338	76605	6338	6
<b>Correspondiente a la Incineración RU</b>	<b>154</b>	<b>2526</b>	<b>47</b>	<b>307</b>	<b>58</b>	<b>0,3</b>

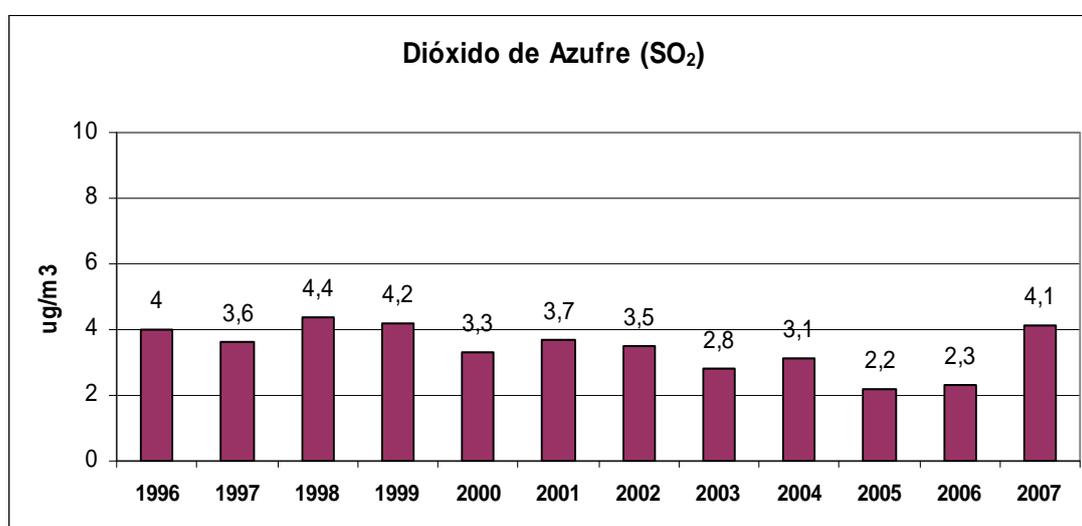
Estos resultados se deben, sin duda, al espectacular aumento de la eficiencia en los sistemas de depuración de gases como ya se ha comentado antes.

Para ilustrar esta afirmación, en la tabla que aparece a continuación, se pueden observar los datos de la planta incineradora de Würzburg en Alemania de varios contaminantes, antes y después, del sistema de depuración de gases:

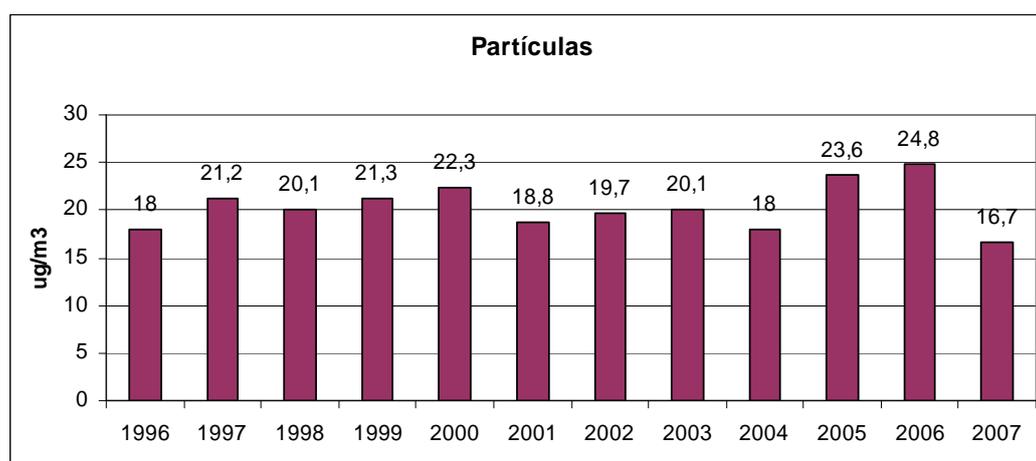
	Antes de depuración de gases	Después de depuración de gases

Partículas (mg/Nm <sup>3</sup> )	2.242	0,3
HCl (mg/Nm <sup>3</sup> )	1.100	4
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	218	8

Para concluir este apartado de las emisiones de las plantas incineradoras a continuación se ofrecen unas gráficas donde se observa la evolución de la calidad del aire en el entorno más inmediato a la Planta Incineradora ubicada en Palma de Mallorca antes (año 1996) y después de su puesta en funcionamiento. Estos estudios están avalados por la Universitat de les Illes Balears.



**Ilustración 13: Calidad del aire en el entorno de la planta incineradora de Mallorca, el dióxido de azufre.**

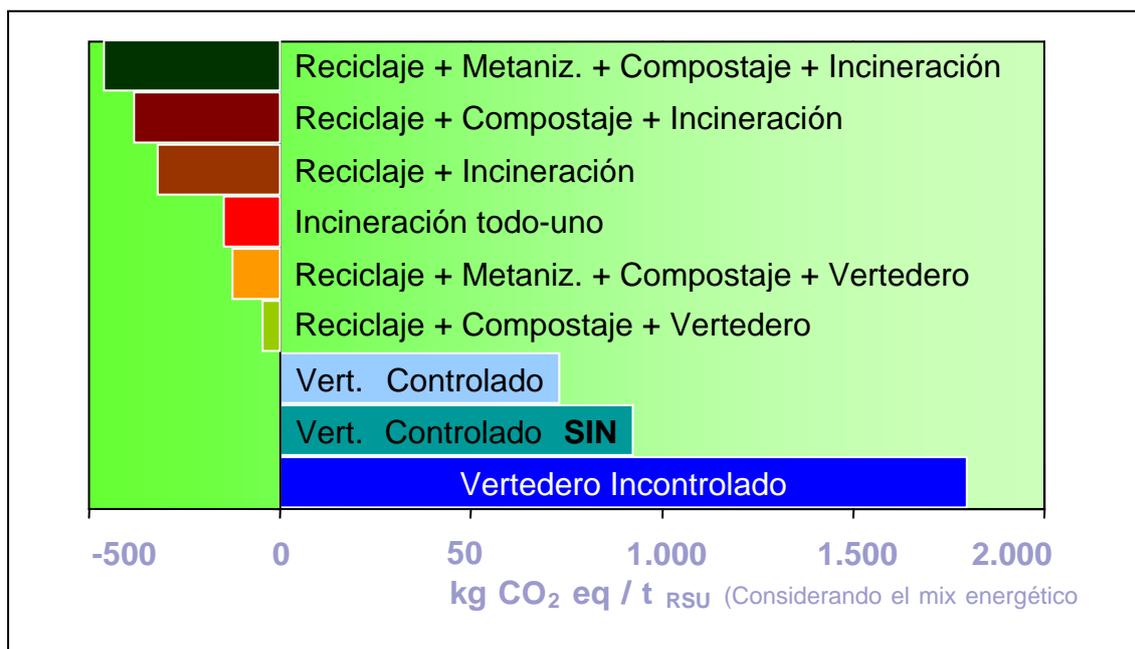


**Ilustración 14: Calidad del aire en el entorno de la planta incineradora de Mallorca, las partículas en suspensión.**

Se observa claramente en ambas gráficas como la calidad del aire en el entorno no se ha visto afectado por la puesta en funcionamiento de la instalación. Además en ambos casos, los valores están por debajo de los valores de referencia: 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la protección de ecosistemas en el caso de dióxido de azufre y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para la protección de la salud humana en el caso de las partículas.

Otro aspecto ambiental a resaltar es la contribución que, para la lucha contra el cambio climático, puede suponer la incineración con recuperación de energía al evitar las emisión de los gases de efecto invernadero (GEI). La comunicad científica parece aceptar que la gestión de residuos supone alrededor de un 3% de las emisiones de GEI expresadas en términos de  $\text{CO}_2$  equivalente. Una de las conclusiones de la Conferencia de Bali relativa a la lucha contra el cambio climático daba especial relevancia a la utilización de la incineración con recuperación de energía para el tratamiento del residuo urbano resto frente a la opción del vertedero. La Agencia Europea del Medio Ambiente ha resaltado que el aumento del reciclado y de la incineración con recuperación de energía ayudará a reducir las emisiones netas de GEI.

En la gráfica que aparece a continuación se comparan las emisiones de GEI en función del tratamiento de residuo.



Las 1,92 millones de toneladas de RU incineradas en España evitaron la emisión de 0,29 millones de teq  $\text{CO}_2$  si consideramos que se evitan 150 Kg  $\text{CO}_2$  eq por tonelada de RU incinerado.

Las 16,01 millones de toneladas destinadas a vertedero emitieron:

- 12,01·10<sup>6</sup> teq  $\text{CO}_2$  si consideramos vertedero con recuperación de energía (750 Kg  $\text{CO}_2$  eq emitida por tonelada de RU vertida)



- 14,73·10<sup>6</sup> teq CO<sub>2</sub> si consideramos vertedero sin recuperación de energía (920 Kg CO<sub>2</sub> eq emitida por tonelada de RU vertida)

Con la escasa incineración que actualmente se realiza en España se evita, anualmente, el consumo de:

- 300 millones de m<sup>3</sup> de gas natural o de
- 291 millones de litros de fuel óleo o de
- 763.000 de toneladas de carbón

Si las 16.007 millones de toneladas destinadas a vertedero se hubieran incinerado, se hubieran generado 1.277 MW y, por tanto, se hubiera evitado el consumo de:

- 2.500 millones de m<sup>3</sup> de gas natural o de
- 2.426 millones de litros de fuel óleo o de
- 6.362.000 de toneladas de carbón

En definitiva,

- 👉 La incineración de residuos con recuperación de energética es una buena herramienta para ajustarse a los compromisos de Kyoto y Bali para contribuir al desarrollo sostenible.
- 👉 Evita el crecimiento de los vertederos, minimizando así las emisiones de metano a la atmósfera y su importante contribución al efecto invernadero.
- 👉 Reemplaza el uso de combustibles fósiles en la generación de energía de eléctrica.

## 7.- CONCLUSIONES

Tras todo lo expuesto en el presente artículo, podemos concluir que:

1. La gran cantidad de RU generados en España y el elevado porcentaje de residuos que se envía a vertedero nos están llevando a un sistema insostenible de gestión de residuos. Se hace imprescindible reducir la cantidad de residuos que van a vertedero dada la rápida colmatación de los existentes.
2. Siguiendo el modelo de los países de la UE más avanzados desde un punto de vista ambiental, parece evidente que el proceso más adecuado para solucionar el problema de los residuos pasa por la conjunción de políticas de reciclaje de materiales unida a la incineración con recuperación de energía de los residuos rechazo o resto.
3. La incineración con recuperación de energía presenta las siguientes ventajas:
  - 🚦 Complementaria del reciclaje, fiable y con alta disponibilidad.



- ✚ Es capaz de reducir drásticamente tanto el peso como el volumen de los residuos de entrada dependiendo del material combustible de entrada.
- ✚ Es una tecnología probada con muchos años de funcionamiento y que, en las últimas décadas, está ofreciendo resultados espectaculares en cuanto a la eficiencia en los sistemas de depuración de gases.
- ✚ La recuperación energética es elevada y, en su mayor parte, renovable. Además, la recuperación es especialmente elevada en aquellos casos donde, además de recuperación en forma de energía, existe recuperación en forma de calor.
- ✚ La energía eléctrica y el calor generado, sustituyen a la cantidad de combustible fósiles que se debería haberse utilizado para producir la misma energía.

#### 4. Aspectos a resaltar desde el punto de vista ambiental

- ✚ Diversos estudios han demostrado que la aportación de las emisiones de las plantas incineradoras es poco representativa frente a otras fuentes de combustión debido a la instalación de sistemas de depuración de gases altamente eficaces.
- ✚ Estudios científicos están demostrando que no existen afecciones en la calidad del aire del entorno más inmediato de las plantas incineradoras
- ✚ Aunque la gestión de los residuos únicamente representa el 3% de la emisiones de los GEI, la incineración se muestra como una herramienta adecuada para luchar contra el cambio climático.

#### **Resumiendo y simplificando:**

- ✚ No todo puede ser reciclado indefinidamente.
- ✚ No todo tiene que ser incinerado.
- ✚ Pero todo debe ser tratado para recuperar materiales y energía.

Parece lógico que el residuo que no pueda ser reciclado de forma viable, técnica y económicamente, debería ser utilizado para generar energía de forma segura, en lugar de ser enviado a vertedero. De esta manera se ampliaría, de forma sustancial, la vida útil de los vertederos a la vez que se reducirían las emisiones de efecto invernadero.