

## EL ESTUDIO DE LOS RESIDUOS: DEFINICIONES, TIPOLOGÍAS, GESTIÓN Y TRATAMIENTO<sup>1</sup>

Montserrat Gómez Delgado<sup>2</sup>

**Resumen:** La cantidad de residuos y el abandono incontrolado de muchos de ellos se está convirtiendo en uno de los problemas medioambientales más importantes de nuestro siglo. Conocer los tipos de residuos que nuestra sociedad es capaz de generar y la creación de una sólida clasificación de los mismos, es la fuente fundamental de información para llevar a cabo una gestión eficaz.

**Palabras clave:** residuo, gestión, tratamiento, clasificación.

### DEFINITIONS AND TIPOLOGYS IN THE STUDY OF WASTES

**Abstract:** The production and uncontrolled disposal of wastes is becoming one of the most important environmental problems of the century. This paper argues that the knowledge of the different types of wastes, as a product of modern society, and their correct classification, are the fundamental sources of information in an efficient waste management process.

**Key words:** waste, waste management, waste classification.

### INTRODUCCIÓN

El presente artículo pretende ser una introducción a uno de los problemas más acuciantes que sufre hoy nuestro medio ambiente, causa directa de la propia evolu-

ción de nuestra sociedad consumista: los residuos.

Las actividades que el hombre realiza son de muy diversa índole y naturaleza, y, en función de las mismas serán generados diferentes tipos de residuos que variarán en composición, estado, peligrosidad, etc... En función de estas características, el tratamiento, gestión y almacenamiento de los distintos residuos variarán dando lugar a la creación de toda una serie de infraestructuras y mecanismos de gestión con el fin de evitar cualquier deterioro ambiental.

Sin embargo, para poder llevar a cabo todo ello con éxito, los organismos competentes deben contar con una clasificación detallada, completa y al mismo tiempo asequible, sobre los tipos de residuos que se producen en nuestro territorio.

Existen múltiples definiciones y excesivos criterios para clasificar los residuos. Nosotros hemos querido rescatar aquellos que nos permitieran discernir con claridad las distintas realidades, los distintos problemas y las distintas soluciones

---

<sup>1</sup> Trabajo realizado dentro de los proyectos AMB 94-1017 de la CICYT y 94/44 del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Alcalá, dirigidos por Joaquín Bosque Sendra y Elena Chicharro Fernández respectivamente.

<sup>2</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá de Henares.

planteadas desde la administración y que servirá como preámbulo a los distintos trabajos presentados en este número.

## ¿QUÉ ES UN RESIDUO?

Una definición más o menos elaborada de residuo es aquella que considera que "el término residuo comprende todo bien u objeto que se obtiene a la vez que el producto principal, e incluye tanto los que han devenido inaprovechables ("desechos"), como los que simplemente subsisten después de cualquier tipo de proceso ("restos" o "residuos" propiamente dichos)" (Campins Eritja, M., 1994).

Ahora bien, cuando un residuo es abandonado en un vertedero, puede existir la posibilidad de que alguien reconsidere su valor (en realidad son recursos potenciales). Ese residuo que ha sido depositado como tal, es recuperado (por ejemplo cartones, metales, etc...) y vendido a la industria del reciclaje. Por otro lado, muchos de los productos resultantes de procesos productivos se convierten en materia prima para otros procesos distintos. Entonces ¿cuándo realmente empieza un residuo a ser residuo y cuándo deja de serlo?

Esto nos acerca a la idea de que no se trata de un concepto cerrado, definitivo, sino que dependerá más bien del momento y del individuo que lo considere. Los residuos domiciliarios, cuya gestión se convierte en muchos casos en un grave problema, poseían un gran valor en el ciclo vital de antiguas sociedades, utilizándolo como alimento para el ganado, transformándolo en energía, etc. En realidad cuando hablamos de épocas pasadas, nos estamos refiriendo directamente a sociedades menos avanzadas, con un bajo nivel de vida, que encontramos hoy también en otras partes del mundo. Productos que resultaban nece-

sarios e incluso poseían un valor de intercambio, se convierten hoy en desechos.

Esto explica que la producción de residuos evolucione paralelamente al nivel económico de una sociedad.

Así, llegamos a la conclusión de que, efectivamente y según afirma Alfonso del Val "El residuo es ante todo una realidad social, diferente según sociedades y épocas y representa un valor cultural y social para los individuos que forman o han formado dichas sociedades" (Val, A. del, 1992, pp. 10).

Desgraciadamente, esta definición no resulta útil en la sociedad en la que hoy nos desenvolvemos. La reglamentación de la gestión de cualquier residuo (sobre todo de los peligrosos) es cada vez más necesaria y el alcance de su importancia es tal, que el problema fue elevado a esferas internacionales a mediados de los años 80. En el intento de conseguir un consenso general sobre dicha noción, fue incluido como uno de los temas prioritarios en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, preparado para la Convención de Basilea de 1989.

El aspecto subjetivo del concepto (el residuo depende de la decisión de su poseedor) cobra especial relevancia cuando existe la posibilidad de traspaso a un tercero. Así, uno de los aspectos más importantes, hoy día, es el potencial de un residuo como materia secundaria o fuente de energía, por lo que resulta interesante incluir dentro del mismo término a los desechos.

Acorde con todas estas consideraciones, la Dirección General de Medio Ambiente y Patrimonio Arquitectónico de la Comunidad de Madrid aportó una defi-

nición bastante adecuada, ya en 1987, en la publicación *Cuadernos divulgativos en materia de residuos*, considerando como residuo "todo producto, material o elemento que tras su producción, manipulación o uso no posee valor de mercancía en unas condiciones históricas, técnicas y económicas (espacio y tiempo) determinadas" (CAM, 1987a)

## CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

La gran cantidad de actividades humanas generadoras de residuos supone la existencia de gran diversidad de éstos, por lo que su clasificación puede resultar complicada.

Nosotros, en este trabajo, nos hemos acogido a la clasificación ofrecida por López Bonillo (1994), por considerarla más adaptada a la problemática actual. Así, el citado autor distingue entre residuos:

- Urbanos
- Agrarios
- Clínicos
- Radiactivos
- Industriales

### Residuos Sólidos Urbanos (RSU)

Son considerados como residuos sólidos urbanos aquellos designados vulgarmente con el término "basura", o, en otras palabras, "aquellos materiales resultantes de un proceso de fabricación, utilización, consumo o limpieza, cuando su poseedor o productor lo destina al abandono" (CAM, 1987a).

Según la procedencia y naturaleza de estos residuos se clasifican en:

a) Domiciliarios o aquellos generados en las actividades domésticas.

b) Voluminosos de origen domiciliario, que no pueden recibir el mismo tratamiento que los otros por su tamaño (por ejemplo muebles, electrodomésticos, etc...).

c) Comerciales y de servicios.

d) Residuos procedentes de la limpieza de la red viaria (calles, jardines, etc...).

e) Industriales. Se trata de la "basura" generada en las industrias localizadas dentro de los núcleos urbanos y que están sujetos, por tanto, al mismo sistema de recogida que los residuos domiciliarios, comerciales, etc...

El vertiginoso crecimiento de las ciudades, la elevada concentración de la población y el aumento del nivel de vida, supone la producción de miles de toneladas de este tipo de residuos, del más variado origen y de la más variada composición (en una ciudad como Madrid o Barcelona se produce por término medio 1 Kg. por habitante y día, cifra que desciende a la mitad, aproximadamente, en ciudades de menos de 20.000 habitantes y de manera más notable en aquellas ciudades con una componente rural más significativa).

Por todo ello y por tener un contacto más directo con la población, resultan necesarios, tanto un adecuado sistema de recogida como una adecuada gestión que fomenta distintos sistemas de reciclaje, operación que resulta rentable debido a la composición de dichos residuos en cualquier ciudad.

En España se produjeron 14,2 millones de toneladas de residuos domésticos durante 1993. Veamos su distribución por Comunidades Autónomas:

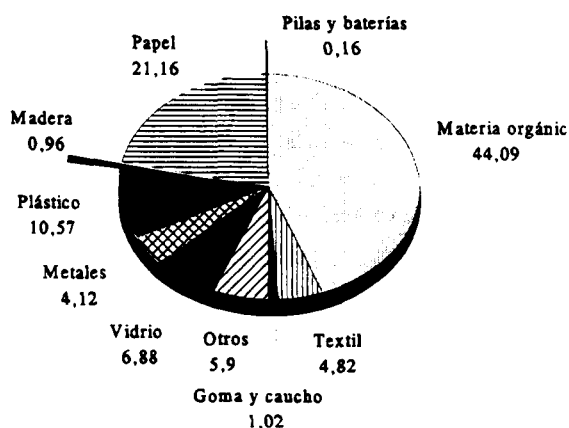
**Cuadro 1.**  
**Producción de RSU por**  
**Comunidades Autónomas**

COMUNIDAD AUTÓNOMA	1991	1993
	T/año	
Andalucía	2.103.942	2.184.355
Aragón	289.106	356.691
Asturias	340.919	340.879
Baleares	412.863	413.850
Canarias	626.574	759.129
Cantabria	158.450	183.875
Castilla-La Mancha	587.755	590.861
Castilla-León	660.484	1.029.036
Cataluña	2.364.732	2.455.405
C. Valenciana	1.195.725	1.260.338
Extremadura	316.766	412.631
Galicia	752.056	814.229
Madrid	1.747.662	2.019.930
Murcia	372.243	394.494
Navarra	141.449	210.211
País Vasco	629.236	692.809
La Rioja	76.682	88.019
Ceuta	23.206	24.129
Melilla	21.600	25.052
<b>ESPAÑA</b>	<b>12.821.450</b>	<b>14.255.923</b>

Fuente: MOPTMA, 1994.

Como podemos observar, la producción de RSU aumentó en todas las Comunidades entre 1991 y 1993. El caso de Castilla-León suponemos que se deberá a un error en los datos proporcionados por el MOPTMA, o a que, en esa Comunidad Autónoma, el control sobre estos residuos haya mejorado considerablemente.

La composición de los residuos sólidos urbanos puede ser muy variada, dependiendo de varios factores como son el origen de los mismos, la época del año en que se producen (factor muy importante sobre todo en las zonas turísticas), el nivel de vida de la población o el día de la semana (Fig.1).



*Fig.1 Composición de los residuos domésticos.*

Para poder llevar a cabo una buena gestión de este tipo de residuos, hay que comenzar por planificar una adecuada recogida selectiva en origen. Con ello se evitan distintas agresiones al medio (degradación del paisaje, problemas sanitarios) que pueden resultar problemáticas debido al gran volumen producido.

La fase más importante en la gestión de cualquier residuo es la fase de tratamiento. Desde la puesta en vigencia de los distintos reglamentos en materia de residuos, el sellado de vertederos incontrolados, eliminación de puntos negros y planificación de vertederos adecuados, el tratamiento y reciclaje de distintos productos se ha potenciado notablemente, convirtiéndose en una actividad económica más.

La incipiente prerrecogida selectiva ha supuesto una merma de ingresos para las empresas que habitualmente lo hacían en el momento de la recepción. Es decir, llega menos basura y, por tanto, los beneficios obtenidos por el comercio de los productos vendibles disminuyen. El fin de su actividad económica se agota, pudiendo reducir-

se en un futuro a la elaboración de compost. La situación se complica si, como en el caso del municipio madrileño, se añade la instalación de una incineradora (con una inversión elevada). El conflicto está servido.

La puesta en marcha en 1993 de la Planta de Tratamiento Integrado de residuos sólidos urbanos (TIR Madrid), no ha supuesto una renuncia al reciclaje, muy al contrario, pero está diseñada para llevar a cabo la selección en la planta. Por otro lado, la inclusión de una incineradora

resolvería el problema de los vertederos o la falta de espacio para éstos (no olvidemos que al vertedero de Valdemingómez le quedan escasos meses de vida útil (su colmatación estaba prevista para finales de 1995). A estos vertederos sólo llegaría la llamada torta (escoria estéril y cenizas), producto final de la incineración, pero el conflicto surgido por las emisiones de gases tóxicos a la atmósfera (las famosas dioxinas y furanos) ha frenado su puesta en marcha, a pesar de poseer uno de los hornos de incineración más modernos (de lecho fluidizado) que alcanza mayor temperatura (700° C) y dos etapas de limpieza de gases.

La CE pretende, en breve plazo, conseguir el reciclado del 90% del total de RSU producidos. Los sistemas de eliminación de estos residuos, utilizados en España en 1993, aparecen en el cuadro 2.

**Cuadro 2**  
**Sistemas de eliminación de RSU (1993)**

<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>	<b>T/año</b>	<b>%</b>	<b>Nº centros</b>
Vertido incontrolado	4.261.701	29,89	
Vertido controlado	7.799.185	54,72	118
Compostaje	1.559.955	10,94	24
Incineración			
Con recuperación de energía	496.200	3,48	4
Sin recuperación de energía	138.882	0,97	14
<b>TOTAL</b>	<b>14.255.923</b>	<b>100</b>	<b>160</b>

Fuente: MOPTMA, 1994.

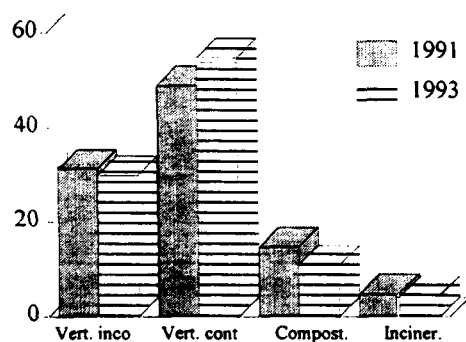


Fig.2 Evolución de los sistemas de tratamiento de los RSU en España.

### Residuos agrarios

Según la Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda, "se entiende por residuos agrarios los generados en el entorno natural, integrado fundamentalmente por las plantas, o parte de ellas, a las que es preciso separar para obtener el fruto o el producto agrícola elaborado, así como por los animales, sobre todo concentrados en explotación", (CAM, 1987) es decir, todos aquellos procedentes de las actividades del sector primario, incluidas las explotaciones agroalimentarias.

Estos residuos no son considerados, en general, demasiado problemáticos, puesto que su impacto sobre el medio suele ser "leve". No obstante, con la evolución del sector y la introducción de productos peligrosos, los residuos generados en las explotaciones ganaderas y la transformación de productos agrarios se han convertido, en muchos casos, en altamente contaminantes.

La clasificación de estos residuos puede ser muy amplia, debido a las numerosas actividades encuadradas dentro del

sector primario. Así, se opta por sintetizarlos en cuatro grandes grupos:

a) Agrícolas. Muchos de estos residuos no pueden considerarse como tales, ya que, en muchos casos, pueden incorporarse directamente al medio (rastros, etc...), se convierten en alimento para el ganado o se utilizan como fuente de energía en el hogar.

b) Forestales. Son aquellos derivados de las explotaciones de los bosques o de otras actividades como el aclareo, limpieza del bosque, etc...

c) Ganaderos. Estos residuos se han convertido en problemáticos, a partir del auge de la ganadería intensiva. Esta actividad produce una cantidad importante de residuos, muy localizados, cuya eliminación no cuenta con excesivas salidas por su escaso valor económico.

d) Industrias agrarias. La industria agroalimentaria es la que genera mayor cantidad de residuos, de variada composición y peligrosidad. Algunos de los productos generados son de difícil tratamiento y pueden contaminar tanto los suelos como las aguas o la atmósfera.

Como podemos comprobar, el origen de estos residuos es muy variado y numeroso y muchas de las actividades englobadas en el sector primario pueden generar residuos tóxicos y peligrosos. Estas son algunas de ellas según el R.D. 833/1988:

- Cultivos: cereales, leguminosas, hortalizas, frutas, agrios, etc...
- Explotación ganadera: bovino, ovino, caprino, porcino, etc...
- Servicios agrícolas y ganaderos

- Cinegética: caza, repoblación cinegética
- Forestal: silvicultura, servicios forestales, explotación forestal
- Pesquera: pesca, piscicultura
- Industrias: carne, mataderos, lechera, aceites y grasas, azúcar, conservas de pescados, jugos y conservas vegetales, confitería, tabaco, bebidas, etc...(Tomado de López Bonillo, 1994).

La situación es más preocupante cuando manejamos datos de producción: en 1991 se generaron 144.000 toneladas de residuos agrarios, excluidos los producidos por las industrias agroalimentarias (R. forestales: 17 Tm., R. agrícolas: 35 Tm. y R. ganaderos: 92 Tm.). Esta cantidad supone el 52,8 % del total de residuos generados en España durante el año citado y una producción tres veces mayor que la de residuos sólidos urbanos y diez veces mayor que la de residuos industriales (MOPT-MA, 1992, pp. 99).

La gestión de estos residuos es la más problemática, ya que no existe un control riguroso sobre ellos, debido a su naturaleza o el entorno donde se producen. No obstante, el aprovechamiento energético de los residuos producidos en actividades agrícolas, ganaderas, forestales o de industrias alimentarias, es el que presenta mayores posibilidades hoy día, si pretendemos llevar a cabo, con todas sus consecuencias, el lema de las tres erres: **Reducir, Reciclar y Recuperar**.

### Residuos clínicos

Los residuos clínicos son todos aquellos generados en los centros hospitalarios, cualquiera que sea su naturaleza. Estos residuos se clasifican en dos grupos:

- a) Residuos clínicos, es decir, quirúrgicos, fármacos, sanitarios, etc...
- b) Residuos asimilables a urbanos, originados en las zonas administrativas, cocinas, salas de espera, en las propias habitaciones de los pacientes, etc...

Aunque no se suele incluir como grupo en este tipo de residuos, también hay que hacer mención a los residuos radiactivos que se producen en los centros hospitalarios (aplicaciones en Medicina Nuclear, Radioterapia, laboratorios de investigación, etc...), cuyo volumen puede ser relativamente importante si contamos, no sólo con los residuos radiactivos en sí, sino también con todo el material desechable que queda contaminado.

La gestión de estos residuos clínicos se lleva a cabo por tres vías, según el tipo:

- Los residuos asimilables a urbanos son recogidos y tratados mediante los mismos sistemas que cualquier residuo doméstico.
- Los residuos clínicos son depositados en contenedores especiales. El sistema de transporte también es específico para este tipo de residuos y, generalmente acaban siendo incinerados en hornos dedicados exclusivamente para tal fin.
- Los residuos radiactivos son controlados mayoritariamente por la única empresa autorizada a nivel estatal (ENRE-SA). En Cataluña también la Universidad Autónoma se encarga de gestionar estos residuos y en otras zonas existe una tercera empresa autorizada: Residuo Convencional.

## Residuos radiactivos

Se definen como todo material que contiene o está contaminado por radionucleidos en concentraciones superiores a las establecidas por las disposiciones vigentes, para el cual no está previsto ningún uso (Ministerio de Industria y Comercio, 1991). Dichos residuos se generan en la producción de energía eléctrica de origen nuclear (los más importantes son los procedentes de reactores, los de la reelaboración de los propios residuos, los resultantes del cierre definitivo de centrales nucleares y los diversos elementos de combustible agotado) y en la utilización de radioisótopos en la industria, medicina, agricultura, etc...

La naturaleza y peligrosidad de estos residuos, así como su larga permanencia en el medio hace que la problemática ligada a ellos difiera de la del resto.

La clasificación de los residuos radiactivos se basa, fundamentalmente, en el periodo que estos necesiten para su semidesintegración.

Existe una segunda clasificación, más comúnmente utilizada, que hace referencia a la actividad de estos residuos, distinguiendo entre:

a) Residuos radiactivos de actividad alta (RRAA), con un alto contenido de radiosótopos emisores de radiaciones alfa y de vida larga. Generados en las centrales nucleares.

b) Residuos radiactivos de actividad media (RRAM), con un contenido moderado de radioisótopos emisores de radiaciones alfa.

c) Residuos radiactivos de radiactividad baja (RRAB), con bajo contenido en radioisótopos emisores de radiaciones alfa.

Los residuos de baja y media actividad son generados en el resto de actividades que utilizan materiales radiactivos y en las centrales nucleares se corresponden con todos aquellos materiales que intervienen en el proceso de producción (lodos, material de mantenimiento, etc...); ambos pertenecen al grupo de residuos radiactivos de vida corta.

La gestión de estos residuos en España es llevada a cabo por ENRESA, una empresa creada por el propio estado para este fin, competencia que comparten casi todos los estados fuera de nuestro país (ANDRA en Francia, etc...), debido a la peligrosidad de estos residuos, así como al desconocimiento de su comportamiento a largo plazo. No en vano, los esfuerzos e inversiones dedicadas a su gestión y a la investigación de programas de actuación, superan con creces los dedicados a cualquier otro, aún siendo los menos numerosos en volumen.

La preocupación actual, a nivel mundial, se centra en la clausura (*Decommissioning, Declassement*) de las instalaciones nucleares, ya que para la primera década del siglo XXI, está previsto que agoten su vida útil más de 300 instalaciones (Perello, 1990). De hecho, todavía no se ha realizado ningún desmantelamiento total de reactores comerciales de gran potencia.

Esto pone en evidencia la "juventud" de este tipo de energía, y, por tanto, de este tipo de residuos (el funcionamiento de las centrales nucleares comenzó en los años 70), pero también la complejidad o dificultad de su almacenamiento. De hecho, sólo existe una instalación en funciona-



miento en todo el mundo para el almacenamiento definitivo de residuos radiactivos de alta actividad. Se trata de la americana WIPP en Sal (Nuevo Méjico), para residuos militares, emisores alfa de vida larga.

Como acabamos de señalar, la única vía de salida para estos residuos es el almacenamiento. Los residuos, generalmente, son transformados en una fase previa, para evitar su depósito en bruto. El método de inmovilización más habitual es la vitrificación con pyrex (González Olaya, 1989), antes de ser almacenados en recipientes especiales (bidones metálicos, etc...).

En función de las características del residuo, el almacenamiento podrá ser temporal (no superando un período de más de 12 años), permanente (almacenamiento por tiempo indefinido, con posibilidad de recuperación) y definitivo (también por tiempo indefinido, pero sin posibilidad de recuperación). Éste último, por tanto, es el más conflictivo.

Los residuos de baja y media actividad que se almacenan definitivamente, necesitan cientos de años para que su actividad se reduzca. Se suelen depositar en zanjas superficiales; enterramientos a baja y a media profundidad (p.e. antigua mina de hierro de Konrad en Alemania); en estructuras de ingeniería superficiales (p.e. El Cabril en España) o subterráneas (p.e. Rokkash-Mura en Japón); se vierten al mar o se entierran en fondos marinos (centro sueco SFR bajo el fondo del mar Báltico).

En el caso de los residuos radiactivos de alta actividad, existen distintas tecnologías probadas para el almacenamiento intermedio de combustible gastado.

Actualmente se encuentran en funcionamiento varios centros de reprocesamiento de dicho combustible en Francia, Reino Unido y Japón, así como instalaciones con diversas modalidades de almacenamiento intermedio propiamente dicho (p.e. almacenamiento en seco en Robinson, EEUU o en piscina en la propia central como es el caso de TVO-KPA, Finlandia)<sup>3</sup>.

El problema es que los residuos de alta no reducirán su actividad en unos cientos de miles de años. La única vía de salida para todos ellos, incluido el combustible gastado que ya ha superado su fase de almacenamiento intermedio, es el almacenamiento definitivo.

El único método asequible para los expertos, actualmente, es la evacuación en formaciones geológicas profundas (salinas, tobas volcánicas, basaltos, rocas graníticas y arcillosas). Existen varios proyectos de este tipo en Alemania (domo salino de Gorleben), E.E.U.U (tobas volcánicas de Yucca Mountain), Francia, Suecia, Suiza y Finlandia. No se prevé la puesta en marcha de ninguna de estas instalaciones hasta comienzos del siglo XXI. El retraso es evidente y preocupante si, como las propias autoridades afirman, numerosas centrales nucleares dejarán de funcionar en los próximos 10-20 años. De hecho, en España ya tenemos un caso con el cierre anticipado de Vandellós I.

Otros sistemas de eliminación posibles presentan diversos inconvenientes que ponen en duda su eficacia:

---

<sup>3</sup> Todos los datos sobre almacenamientos internacionales están tomados del IV Plan de Residuos Radiactivos.

- Fusión con roca a gran profundidad utilizando el calor desprendido por los propios residuos. Existen serias dudas sobre la consistencia y resistencia del producto final.

- Almacenamiento en glaciares. El período de almacenamiento es demasiado largo y un cambio climático podría ser catastrófico.

- Lanzamiento al espacio exterior. Demasiado costoso, sobre todo para los países que no poseen este medio, y absurdo si lo que se pretende es no derrochar recursos energéticos.

- Transmutación. Este proceso para lo producción de isótopos estables o de más corto de período de semi-desintegración sigue en fase de investigación, con lo que su aplicación no parece posible a medio plazo. (Granero Megias, 1984).

En España, como ya citamos, contamos con una instalación de almacenamiento en superficie de residuos sólidos de baja y media actividad en Sierra Albarrana, en el término municipal de Hornachuelos (Córdoba). El Cabril (denominación de dicha instalación) tiene capacidad para almacenar todos los residuos radiactivos producidos en España hasta la primera década del siglo XXI. Oficialmente, los trabajos de caracterización de dicho emplazamiento comenzaron en 1986, pero la antigua Junta de Energía Nuclear, JEN (actualmente Centro de Investigación Energética, Medioambiental y Tecnológica, CIEMAT) poseía, ya desde 1961, un cementerio declarado en este mismo lugar. Este cementerio empezó a funcionar sin autorización de los municipios afectados y en 1971 tenía almacenados 1.360 bidones (Val, A.del, 1980). El permiso de explotación oficial y definitivo fue otorgado a ENRESA por Orden Ministerial

del 9 de Octubre de 1992; desde entonces se reciben entre 100 y 150 m<sup>3</sup> de residuos al mes, procedentes tanto de centrales nucleares como de hospitales, industrias, laboratorios, etc...

En el IV Plan General de Residuos Radiactivos (1994) no se ofrece ninguna solución definitiva para los residuos de alta actividad, aunque se sigue trabajando en la búsqueda del emplazamiento y desarrollo de un almacenamiento geológico profundo, cuya construcción no se prevé hasta el año 2016.

El estado de los residuos radiactivos en España, según el Ministerio de Industria y Energía, aparecen en el Cuadro 3.

### **Residuos industriales**

Son aquellos derivados de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o, limpieza, cuyo poseedor lo destina al abandono, o del cual el productor tenga necesidad de desprenderse, por no ser objeto directo de sus procesos productivos (MOPTMA, 1994b). Con sólo esta definición, podemos hacernos una idea de la variedad de residuos industriales que se generan en las múltiples actividades o procesos industriales.

No obstante, muchos de los residuos industriales pueden ser recuperados y utilizados como materia prima en distintos procesos de ciertas actividades, pero este reprocesamiento está en función de la rentabilidad del mismo. Si su reutilización es rentable, se convertirá de nuevo en materia prima, si no, pasará a ser un residuo más.

Existen varias clasificaciones de los residuos industriales, que, a nuestro enten-

der, no recogen de manera completa la realidad de los mismos. Como dijimos al principio y en función de las actuaciones que se vienen realizando, es necesaria una clasificación explícita que contribuya a

diseñar una correcta gestión. Por ello ofrecemos aquí una síntesis de las más indicativas, que recogería de manera más precisa la diversidad de este tipo de residuos.

**Cuadro 3**  
**Residuos radiactivos almacenados en España a 31-12-94**

INSTALACION	RBMA (m <sup>3</sup> )	Combustible gastado (tU)
C.N. José Cabrera	2.794	41
C.N. Garoña	1.796	176
C.N. Almaraz 1	3.071	233
C.N. Almaraz 2		194
C.N. Ascó 1	1.572	186
C.N. Ascó 2		151
C.N. Cofrentes	3.703	256
Vandellós 2	347	102
Trillo	538	118
Fábrica de Combustible Juzbado	328	---
Centro de almacenamiento El Cabril	5.970	---
<b>TOTAL</b>	<b>20.074</b>	<b>1.457</b>

C.N. = Central Nuclear

tU = toneladas de Uranio

Los residuos industriales, por tanto, podrían clasificarse en:

a) Residuos inertes. Son aquellos que no suponen un riesgo para el medio y que pueden ser utilizados como material de relleno.. Se trata, fundamentalmente, de chatarras, escombros, lodos inertes, escorias, etc...

b) Residuos asimilables a urbanos. Se trata de la "basura" generada en distintas instalaciones de las industrias como cocinas, oficinas, comedores, salas de descanso; los residuos producidos en el

sector hostelero, en actividades comerciales, etc... que requieren el mismo tratamiento que los residuos domésticos.

c) Residuos identificables. Se trata de todos aquellos "residuos que requieren una gestión específica y diferenciada, ya que, al final del uso de determinados productos, por su volumen o inadecuada gestión se crean problemas medioambientales" (MOPTMA, 1994. 100 preguntas...). Se incluirían en este grupo los neumáticos, fluorescentes, electrodomésticos, baterías, vehículos usados, etc...

d) **Residuos especiales.** Son aquellos que por sus características suponen un grave riesgo para el medio ambiente por lo que requieren un tratamiento específico bajo condiciones especiales. Se trata de unos residuos que, por su peligrosidad y posibles efectos nocivos para la salud del hombre y los organismos vivos, han de ser controlados rigurosamente.

La Comunidad Autónoma de Madrid los define como "todos los materiales resultantes en toda actividad industrial que el productor destina al abandono y que no deben ser evacuados del recinto industrial por los colectores o cauces receptores junto con los efluentes líquidos, ni a la atmósfera junto con los efluentes gaseosos y que, por tanto, deben ser objeto de transporte al exterior por los medios pertinentes o bien de tratamiento específico en la propia industria" (CAM, 1987b).

Dentro de los residuos especiales se encuentran los residuos tóxicos y peligrosos, sobre los que trataremos ampliamente en este trabajo y a los que dedicaremos el siguiente apartado para ahondar en su problemática, características, tratamiento, disposiciones legales, etc...

Una clasificación más técnica de estos residuos industriales, basada en las normativas de la Comunidad Europea, E.P.A., etc..., atiende exclusivamente a las características físicas y químicas de los residuos. Nosotros ofrecemos en este trabajo los 11 grandes grupos (hay hasta 97 subgrupos) para poder hacernos una idea general de la composición de estos residuos, así como de su procedencia (dicha clasificación está tomada del Programa Coordinado de Actuación de Residuos Industriales de la Comunidad de Madrid, PCARI):

a) *Compuestos de metales pesados.* Proviene mayoritariamente de la industria química, de la industria metálica básica no férrea y de industrias con procesos de recubrimientos metálicos.

b) *Ácidos y álcalis.* Industria de transformados metálicos que utilizan distintos ácidos como el clorhídrico o el sulfúrico como decapantes.

c) *Residuos cianurados.* Utilizados en la industria de electrodeposición, en la fabricación de acero y en plantas químicas.

d) *Residuos con cromo hexavalente.* Resultantes de los procesos de tratamiento superficial de metales (tratamiento previo al pintado y esmaltado o coloreado de superficies metálicas tratadas).

e) *Residuos de aceites y grasas.* Son aceites solubles, mayoritariamente de origen mineral. Cantidades menores de aceite vegetal se utilizan en alimentación o en usos muy concretos en la industria química y metálica. También se incluyen aquí los sólidos impregnados en estos aceites.

f) *Productos farmacéuticos.* Se trata de los medicamentos caducados.

g) *Compuestos orgánicos no halogenados.* Algunos de ellos son de gran toxicidad y pueden generarse en casi todas las actividades industriales ya que se trata de una gama bastante amplia. Los más tóxicos proceden de la industria de componentes eléctricos y de contrachapado de madera (utilización de resinas a base de fenol y formol). También se incluyen disolventes empleados en imprentas, sedimentos de tanques y depósitos de fuel y gasolinas, así como plásticos y cauchos.

h) *Compuestos orgánicos halogenados*. Plásticos halogenados (PVC), desengrasantes y como residuo específico los aceites dieléctricos utilizados en los transformadores o PCB's (bifenilos policlorados).

i) *Otros*. Son aquellos cuyas características no les permiten ser englobados en las categorías anteriores. Se trata, por ejemplo, de restos de tenerías, asbestos, amiantos, etc...

j) *Residuos de características inertes*.

k) *Residuos de características asimilables a urbanos*.

De estos diez grupos, los ocho primeros son considerados como Residuos Tóxicos y Peligrosos, podemos deducir, por tanto, donde radica la importancia de esta clase de residuos.

Para abordar el tema del tratamiento y/o eliminación<sup>4</sup> de los residuos industriales volveremos a la primera clasificación.

Los residuos inertes, si no son reutilizados como material de relleno, deben ser depositados en vertederos específicos, ya que determinadas escorias, arenas de moldeo, etc... contienen pequeñas cantidades de metales.

---

<sup>4</sup> Se entiende por tratamiento a las operaciones cuya finalidad es reducir o anular toxicidad y demás características de la peligrosidad para la salud humana y el medio ambiente, así como facilitar el transporte, almacenamiento, eliminación y recuperación de los recursos contenidos en los residuos. En cambio los procedimientos de eliminación no implican recuperación del residuo: vertido controlado, incineración sin recuperación de energía, etc...(CAM, 1987b).

Desgraciadamente este tipo de vertederos no son todavía muy numerosos, pero se está realizando un gran esfuerzo para eliminar y evitar su vertido incontrolado.

Incluso en algunos vertederos de residuos sólidos urbanos se han habilitado ciertas zonas para poder recibir residuos inertes y paliar esta deficiencia. En las últimas décadas, el volumen de este tipo de residuos se ha disparado con el crecimiento desbordado de las ciudades, del sector industrial y, por tanto, el auge del sector de la construcción. Generalmente, son las ciudades de más de 50.000 habitantes las que más sufren el problema del vertido incontrolado de este tipo de residuos, produciéndose un grave impacto visual y otros problemas ambientales debido a las filtraciones, contenido de metales, etc...

Los residuos industriales asimilables a urbanos deberán ser tratados y eliminados conjuntamente con las basuras domiciliarias, mediante cualquiera de los sistemas comentados anteriormente al hablar de los residuos sólidos urbanos.

El desarrollo de programas de gestión para los residuos identificables o específicos es uno de los temas prioritarios para la Dirección General de Política Ambiental. El estado de la cuestión es diferente según los residuos:

\* En el caso de los neumáticos fuera de uso siguen las negociaciones entre Administración y determinados sectores industriales para elaborar un proceso de gestión que valore estos residuos de alto valor energético, siguiendo las pautas marcadas por la CEE.

\* En 1993, se puso en marcha una planta de reciclado de vehículos, cuyo

principal objetivo es su descontaminación para convertirlos, finalmente, en residuos inertes. Posteriormente se procedería al reciclado y valorización de las piezas y eliminación de la parte no aprovechable. Con este procedimiento podría reciclarse hasta el 85 % en peso de los vehículos fuera de uso.

\* Desde 1994 las pilas usadas son recogidas en el Depósito de Seguridad de San Fernando. Las pilas botón son llevadas a una planta para recuperar el mercurio antes de ser definitivamente almacenadas en el Depósito. Según los técnicos responsables, de las 40.000 toneladas de Residuos Tóxicos y Peligrosos que fueron recibidos durante ese año, 10 toneladas eran pilas.

No obstante, está previsto que la Ley Básica de Residuos se desarrolle para cada uno de los residuos identificables, mediante Decretos-Ley, como reglamento específico.

El tratamiento de los residuos especiales se lleva a cabo, fundamentalmente mediante el almacenamiento en depósitos de seguridad; la incineración y el tratamiento físico-químico o biológico.

Finalmente, y no disponiendo de datos oficiales más recientes, la producción de residuos industriales en la Comunidad de Madrid, en 1987, fue la siguiente:

Residuos inertes:	340.000 Tm
Residuos asimilables a urbanos:	89.000 Tm
Residuos especiales:	64.200 Tm

### **Residuos tóxicos y peligrosos**

Como indicamos anteriormente, los residuos tóxicos y peligrosos están engloba-

dos dentro del grupo de residuos industriales especiales. Si bien la mayoría proceden de las actividades industriales, existen otros sectores que también pueden generar este tipo de residuos ( la actividad agraria, por ejemplo o diversas actividades del sector terciario).

La peligrosidad de este tipo de residuos ha sido conocida mundialmente a través de diversos episodios de contaminación. Un elevado número de pescadores de la bahía de Minamata (Japón) fueron envenenados debido al alto contenido de mercurio en sus capturas, pero más numerosos han sido los casos de contaminación por vertidos químicos accidentales, como es el caso de Lekkerkeek en Holanda o el de Love Canal en USA (1978). Esta última localidad próxima a las cataratas del Niágara, fue calificada como zona de desastre, llegando incluso a evacuarse, al descubrirse que los acuíferos subterráneos de la zona estaban gravemente contaminados. No podemos olvidar tampoco el caso de Seveso en Italia (1976): una planta química liberó accidentalmente varios kilos de dioxinas, afectando a 5.000 adultos y 3.000 niños en dosis miles de veces superiores a las permitidas en aquel momento. Aquella catástrofe se calificó como el "Hiroshima de la química", aunque después se ha demostrado que el incidente no fue tan grave y quedó saldado con doscientos casos de una enfermedad de la piel llamada cloracné (según los especialistas benigna), pero sin registro alguno de fallecimiento, casos de cáncer, malformaciones de feto, etc. (Toharia, 1995).

A excepción de este último caso, el triste resultado se traduce en la existencia de múltiples áreas contaminadas cercanas a

núcleos poblacionales en Holanda, Bélgica o Dinamarca y más de 16.000 cementerios de residuos industriales, más de 180.000 bolsas, en su mayoría comunicadas con las aguas subterráneas en EEUU.

Todo ello condujo a un consenso internacional para la adopción de medidas preventivas y recuperación de espacios contaminados. En el primer caso, eran demasiadas las empresas implicadas y cuantiosos los esfuerzos económicos a realizar. No obstante, se ha avanzado bastante en materia legislativa y en los controles reales y directos, en el desarrollo de técnicas económicamente viables para la reducción y recuperación de este tipo de residuos, así como para su tratamiento y disposición final.

Legalmente se consideran tóxicos y peligroso aquellos residuos que contienen en su composición alguna de las sustancias y materias que enumeraremos a continuación, en cantidades o concentraciones tales que presenten un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente:

- El berilio y los compuestos de berilio
- Los compuestos de cromo hexavalente
- Los compuestos solubles de cromo
- El arsénico, y los compuestos de arsénico
- El selenio, y los compuestos de selenio
- El cadmio y los compuestos de cadmio
- El antimonio y los compuestos de antimonio
- El telurio y los compuestos de telurio
- El mercurio y los compuestos de mercurio
- El talio y los compuestos del talio
- El plomo y los compuestos del plomo
- Los cianuros inorgánicos

- Las soluciones ácidas y los ácidos en forma sólida
- Las soluciones básicas o las bases en forma sólida
- El amianto (polvos y fibras)
- Los carbonilos metálicos
- Los peróxidos
- Los cloratos
- Los percloratos
- Los nitruros
- Los PCB y/o PCT
- Los compuestos farmacéuticos o veterinarios
- Los pesticidas y otros biocidas
- Los isocianatos
- Los cianuros orgánicos
- Los fenoles y los compuestos fenólicos
- Los disolventes halogenados
- Los éteres
- Los disolventes orgánicos no halogenados
- Los compuestos organohalogenados, con exclusión de las materias polimerizadas
- Los compuestos aromáticos y los compuestos orgánicos policíclicos y heterocíclicos
- Todo producto de la familia de los dibenzofuranos policlorados
- Todo producto de la familia de las dibenzo-para-dioxinas policloradas
- Los productos a base de alquitrán
- Los aceites usados minerales o sintéticos
- Las sustancias químicas de laboratorio no identificables nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos.

Estos residuos, además, pueden presentarse en forma sólida, líquida, gaseosa o en forma de lodos. En los últimos años, se han realizado grandes esfuerzos por definir unos parámetros que establecieran este tipo de residuos dentro de un marco legal riguroso. En el caso español, incluso se les ha definido

legalmente en función de la naturaleza de los riesgos que estos pueden suponer para el medio ambiente y la salud humana. En función de ello podemos clasificar a estos residuos en:

- Explosivos
- Comburentes
- Fácilmente inflamables
- Inflamables
- Extremadamente inflamables
- Irritantes
- Nocivos o con posibilidad de producir riesgos de gravedad limitada
- Tóxicos o con posibilidad de producir riesgos graves agudos o crónicos, incluso la muerte
- Cancerígenos
- Corrosivos
- Infecciosos
- Teratogénicos o con posibilidad de inducir lesiones en el feto durante su desarrollo intrauterino
- Mutagénicos o con posibilidad de producir alteraciones en el material genético de células
- Sustancias o preparados que en contacto con el agua, el aire o un ácido, desprendan tóxico
- Materias susceptibles de dar lugar a otra sustancia por un medio cualquiera
- Ecotóxico o residuos que presentan riesgos inmediatos o diferidos para el medio ambiente.

### Características

Los RTP proceden, principalmente, de tres fuentes:

\* De la extracción de materias primas (o residuos propiamente de producción)

\* Del consumo de productos químicos domésticos (cuyo destino final suele ser el vertedero)

\* De la propia actividad de gestión de la contaminación (todo elemento o aparato utilizado para reducir la contaminación queda impregnado de distintas sustancias o materias residuales peligrosas).

Como es de esperar, la primera fuente es la más importante en cuanto a generación de residuos. Dentro del sector secundario ocupan los primeros puestos la industria química, la metalúrgica y la industria de tratamiento en superficie.

Desde el punto de vista de las actividades industriales, dos sectores productivos generan el 57,4 % del total, a saber, la industria química y la industria de transformados metálicos. Al margen de los residuos derivados directamente de los procesos productivos, resultan también de especial interés aquellos cuyo toxicidad se genera en usos posteriores (aceites usados, PCB's y residuos hospitalarios y de sanidad veterinaria). Así, durante 1993 se declararon en nuestro país 153.608 Kg. de PCB. Por otro lado, la cantidad de aceite usado gestionado en este mismo año fue de 93.816 Tm.

No existen datos oficiales de producción de RTP en España por parte del MOPTMA. Según la estimación realizada para 1993 (MOPTMA, 1994), la principal Comunidad productora sería Cataluña con más de 700.000 Tm (no aparecen datos precisos, sólo es una estimación en forma de gráfico), seguida de Andalucía con 300.000 Tm y el País Vasco con algo más de 200.000 Tm. La Comunidad Valenciana y Madrid producirían alrededor de 100.000 Tm y el resto por debajo de las 50.000 Tm.



La fiabilidad de todos estos datos es bastante dudosa debido, principalmente, a que no queda especificado en qué se ha basado dicha estimación. Lo que podemos asegurar es que no se elaboró a partir de las declaraciones anuales de RTP (de las que hablaremos más detenidamente en artículos posteriores), ya que según éstas la producción de la CAM en 1993 fue de alrededor de 42.000 Tm, cifra considerablemente inferior a la estimada por el MOPTMA.

Además del total declarado, 104.626 Tm de PCB fueron importados de otros países. Así mismo, 14.000 Tm fueron exportadas, fundamentalmente para ser incineradas.

Los países que no han experimentado un lanzamiento económico no han logrado por ello permanecer al margen de este problema. De todos es sabido que importantes cantidades de estos residuos tienen como destino final el Tercer Mundo. El problema ha tomado tal cariz que el 22 de septiembre del pasado año un centenar de países acordó en Ginebra prohibir la exportación de RTP a países del Tercer Mundo desde los países industrializados para su reciclaje. Incluso se pretendió llegar a un consenso sobre el transporte de desechos en todo el mundo, pero países como EEUU y Australia se opusieron hasta el último momento. De hecho el acuerdo sobre exportación de residuos no entrará en vigor hasta el 1 de enero de 1998. Podemos hacernos a una idea de la cantidad de RTP que pueden salir del primer mundo en estos dos años. La buena noticia, fue por tanto, relativa.

En total se estima que la cantidad de RTP producidos en el mundo asciende a 325-375 millones de Toneladas al año, de

los cuales el 90% procede de los países industrializados y el 10% restante de los países en vías de desarrollo (Campins Eritja, 1994, pp. 50). Algunos de estos últimos (Corea del Sur, Brasil, México o Turquía) están empezando a tener graves problemas de gestión ante la creciente y desorbitada producción de RTP (se estima un total de 5 millones de Toneladas por año).

### Gestión de los RTP

Las características especiales de este tipo de residuos, así como su peligrosidad hacen que su gestión cobre especial importancia, entendiéndose como tal al *"conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino global más adecuado desde el punto de vista medioambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, coste de tratamiento, posibilidades de recuperación y de comercialización y normas jurídicas"* (MOPTMA, 1994b, pp. 22).

A grandes rasgos y para cualquier residuo industrial debería ponerse en práctica una o varias de las siguientes posibilidades:

- la reducción en origen
- la reutilización interna
- la reutilización externa (a través de bolsas de residuos, principalmente)
- el tratamiento interno
- el tratamiento externo.

Las bolsas de residuos son gestionadas a través de las Cámaras de Comercio y su finalidad es poner en contacto a demandantes y oferentes de tal manera que se facilite el intercambio de aquellos residuos de factible reutilización o

recuperación (aceites usados, disolventes y metales preciosos, por ejemplo).

La existencia de estas bolsas se ha traducido en una serie de beneficios medioambientales y empresariales así como en un importante elemento en la recuperación y reciclado, como se desprende de las experiencias alemana, francesa, italiana, etc...

Actualmente, además de las Cámaras de Comercio, la Federación de la Industria Química Española (FEIQUE), gestiona también una "Bolsa de Remanentes Químicos".

Las opciones de reutilización y tratamiento interno todavía no han conseguido resultados demasiado satisfactorios, sobre todo por la falta y elevado coste de técnicas y procesos eficientes.

En definitiva, la posibilidad que adquiere mayor relevancia es, sin duda, la del tratamiento externo, aunque todavía exista un elevado porcentaje de residuos cuyo destino final es desconocido.

Los problemas más graves se encuentran en el tratamiento de metales pesados tóxicos (arsénico, mercurio, cadmio y plomo) por la imposibilidad de ser destruidos y en el tratamiento de productos orgánicos clorados que se acumulan en la materia viva y son resistentes a la degradación.

El tratamiento de los RTP se realiza mediante tres vías principales, a saber, la conversión en un material menos peligroso, la eliminación o el almacenamiento permanente.

El proceso de recogida será siempre selectivo y tomando siempre las precauciones necesarias en cada caso. Finalmente el transporte se encuentra sometido a una reglamentación estricta asimilable a la del transporte de mercancías peligrosas en carretera. El medio de transporte también queda regulado, debiéndose utilizar, por ejemplo, camiones cisterna para los líquidos y algunos lodos de depuradora y camiones grúa o convencionales para el resto.

En cualquier caso, las fases precedentes de almacenamiento temporal, recogida y transporte son reguladas mediante la normativa vigente (Real Decreto 833/1988). En función de la clase de residuo, así como de su estado físico (sólidos, sólidos-líquidos pastosos o líquidos) se almacenarán en contenedores especiales en los que aparecerá claramente definida la tipología del producto. Para algunos de ellos, incluso, ha de utilizarse un tipo de tanques de material especial y de capacidad limitada debido a la incompatibilidad de muchos de ellos para mezclarse entre sí.

#### Opciones de tratamiento.

Las posibilidades de tratamiento (ciñéndonos estrictamente a su definición anteriormente citada) se reducen a dos:

\* *Tratamiento físico químico.* Las plantas en las que se realiza dicho tratamiento son concebidas como industrias capaces de tratar una gran variedad de residuos de muy diversas características físicas y químicas, lo que conlleva una gran complejidad y variedad en los procesos a aplicar (reacciones químicas, básicamente de óxido de reducción, neutralización y precipitación y procesos físicos como la

sedimentación, filtración, agitación etc..). El tratamiento es diferente para residuos inorgánicos y orgánicos (aunque lo que se elimina son contaminantes inorgánicos exclusivamente).

De manera simplificada el proceso seguido es el siguiente: destoxificación de elementos especialmente tóxicos; eliminación de la acidez o basicidad; precipitar los materiales pesados; separación de las fases sólida y líquida y reducción de la humedad en la parte sólida a niveles suficientemente bajos para su depósito con garantías y depuración de la parte líquida sobrante para hacer aceptable su vertido a la red de colectores o cauce receptor.

La torta final de hidróxidos metálicos y sales insolubles será conducida a un depósito de seguridad y los efluentes líquidos finales, no contaminados, pasarán bajo control estricto y permiso oportuno a la depuradora (normalmente, las plantas de este tipo se encuentran junto a una depuradora a la que se encuentran conectada por una serie de canales y tuberías y cuyas compuertas, como ya hemos dicho, sólo se abrirán tras un análisis riguroso del efluente). (PCARI, 1987).

Los tipos de residuos susceptibles de ser tratados en una unidad físico-química son a grandes líneas: baños con ácido clorhídrico; baños con ácido sulfúrico; baños con ácidos diversos (ácido nítrico, ácido fluorhídrico, mezclas...); baños con fosfatos; baños con sales metálicas; baños con cromo hexavalente; baños con sales cianuradas; baños con sosa caústica; otros alcalinos; emulsiones y taladrinas y aguas residuales de la instalación integral.

En la Comunidad de Madrid, contamos con la Planta de Tratamiento físico-químico de Valdebebas, situada en el término municipal de Madrid, justo en el límite entre este municipio y Paracuellos del Jarama.

\* *Tratamiento biológico*. Se utiliza en aquellos residuos de carácter orgánico que son susceptibles de ser tratados mediante proceso aeróbico o anaeróbico.

En nuestra Comunidad también contamos con una Planta de tratamiento biológicos para líquidos orgánicos diluidos del Ayuntamiento de Madrid (gestionada por la empresa TPA al igual que la anterior) en Manoteras. (IMU, 1991).

\* *Tratamiento térmico*. Consiste en utilizar el calor para transformar los componentes tóxicos en alguna forma inocua que pueda ser lanzada al medio ambiente con toda garantía. Se trata, en definitiva, de la incineración. Aunque algunos autores lo consideran como un método de eliminación (PCARI, 1987), nosotros hemos decidido unirnos a aquellos que lo definen como un tratamiento más, ya que, si bien se consigue reducir los residuos a un 5 ó 10% de su volumen original, finalmente siempre quedarán una serie de subproductos (torta), que excluyen técnicamente la aplicación del término eliminación (Adrió Menéndez, G. y Glez. Cañibano, J., 1985 y Sanz Sa, J.M., 1995).

Básicamente, ya describimos el proceso de la incineración al hablar de los Residuos Sólidos Urbanos. En el caso de los RTP, la temperatura de incineración ha de ser más elevada (1.200°C) si se trata de sustancias orgánicas halogenadas, expresadas en cloro (Sanz Sa, J.M., 1995) y la finalidad, en este caso, es además de reducir el volumen de los residuos, conseguir convertirlos en unos productos

finales que no perjudiquen al medio ambiente, aunque, según los últimos estudios, unas nuevas sustancias amenazan nuestra seguridad ambiental. Se trata de los PICs o Productos de Combustión Incompleta: en el momento en que los gases salen por la chimenea y se enfrían existe la posibilidad de que algunos átomos se recombinen y formen nuevas moléculas en ocasiones más peligrosas que las iniciales.

No obstante, también en el caso de incineración de RTP se extreman los cuidados para minimizar emisiones de gases. Según la Directiva 94/67/CEE adoptada recientemente por el Consejo de Medio Ambiente de la Unión Europea, a los controles de emisiones a la atmósfera a los que están sujetos toda instalación de incineración de residuos municipales, se le suma, en el caso de incineración de RTP, la medición y registro, como mínimo dos veces al año, de concentraciones de metales pesados y dioxinas y furanos (se establece como límite de estos últimos  $0,1 \text{ ng/m}^3$ ).

Quizás sea este último tema de emisiones de dioxinas y furanos el que ha dotado de tan mala publicidad a este tipo de tratamiento. Lo cierto es que, actualmente, y pese a lo que argumentan todos los especialistas, el rechazo es total. En el último año podemos decir que ha incrementado considerablemente el número de artículos publicados en revistas dedicados a informar sobre los procesos seguidos en este tipo de instalaciones, los controles a los que están sometidas y, en general, a promocionar un sistema cuya emisión global de dióxido de azufre, por ejemplo, es equivalente a la emisión de quince calefacciones individuales de fuel y cuya emisión de plomo es equivalente a la de un automóvil circulando con gasolina

super y ocho si se trata de gasolina sin plomo.

Básicamente son sometidos a tratamiento térmico residuos sólidos y fangos no halogenados; sólidos y fangos halogenados; líquidos no halogenados; líquidos halogenados; biocidas; sales cianuradas sólidas e inertes.

Enfrentados a estos criterios se encuentran las asociaciones ecologistas como Greenpeace, que consideran que la necesidad de la incineración es, simplemente una falacia, y que dicho sistema sólo sirve para "sostener el modelo de producción tóxico actual, caracterizado por la utilización de gran cantidad de recursos no renovables y materias primas tóxicas, para fabricar bienes de consumo, en su mayor parte desechables. Este modelo implica la generación y emisión de sustancias tóxicas a todos los medios" (Greenpeace, 1994).

Ante todo ello surge una duda: ¿qué hacemos con los RTP hasta que se produzca la reconversión de muchos procesos industriales?, ¿es que podemos llegar a sustituir todas las materias tóxicas de nuestro actual y futuro proceso productivo?. Greenpeace afirma que los obstáculos a la utilización de tecnologías limpias son políticos y no técnicos. Dejaremos que el lector saque sus propias conclusiones.

### Almacenamiento definitivo

Las instalaciones industriales creadas para este fin reciben el nombre de Depósito de Seguridad y están diseñadas y operadas para asegurar de forma total el aislamiento de los residuos vertidos que posean un potencial de riesgo de

contaminación del medio ambiente (CAM, 1987).

Estos depósitos se ubican en terrenos apropiados que cumplan los pertinentes condicionantes geológicos, hidrogeológicos, topográficos, climáticos y de densidad de población y, si es posible, sobre áreas ya degradadas. El vaso de almacenamiento es dividido en una serie de parcelas, localizadas mediante coordenadas, cada una de ellas preparada para recibir unos residuos concretos, con unas características determinadas. Este vaso queda impermeabilizado con una lámina de polietileno de alta densidad. Las capas sucesivas serán cubiertas con arcilla compactada y grava.

En ellos se depositan las tortas resultantes de los procesos de incineración, los lodos procedentes de las depuradoras, los lodos y productos finales procedentes de las planta de tratamiento físico-químico (solidificados), es decir, todos aquellos residuos que han sido destoxificados y neutralizados. No obstante, un volumen importante de los residuos depositados en estos "almacenes" lo constituyen residuos especiales sólidos, que no han experimentado ningún proceso de destoxificación.

Así, un depósito de seguridad puede recibir polímeros, copolímeros, resinas polimerizadas de toda índole, colas, barnices, polvo y restos de pinturas, pasta de impresión; embalajes que hayan contenido productos químicos; subproductos de fabricación química y residuos minerales (materias minerales brutas, fibra de vidrio, fibra de amianto, tubos fluorescentes...).

Este es un sistema muy utilizado a nivel internacional y en definitiva necesario si se pretende conseguir tener un control sobre el destino final de muchos residuos realmente peligrosos para el medio ambiente. Por otra parte, suponen el último eslabón en la cadena de gestión de este tipo de residuos, porque, como hemos podido ir comprobando, cualquier tratamiento aplicado a los RTP supone la existencia de un subproducto final que hay que eliminar, siempre bajo control.

Este razonamiento puede chocar con el rechazo general del que suelen ser objeto este tipo de almacenes, por el desconocimiento de lo que pueda suceder a largo plazo. Quizás lo ideal sería reducir el volumen de aquellos residuos que se almacenan directamente sin ningún tratamiento previo.

## CONCLUSIONES

Establecer una buena tipología que englobe los distintos tipos de residuos facilitará la puesta en práctica de cualquier tipo de actuación. Para ello siempre será conveniente contar con una visión realista y detallada del tema. Por otro lado, una buena clasificación permitirá realizar un inventario completo que caracterice la situación real de los residuos en nuestro territorio, ya sea a nivel nacional, autonómico o municipal.

Sin embargo y como hemos podido comprobar a lo largo de este estudio, los datos no son todo lo completos que sería deseable, con lo que las estrategias y planes de actuación propuestos por los diferentes organismos que tienen competencias sobre residuos, nunca podrán crear una política de gestión válida para las necesidades de nuestro país, hasta que los diferentes

sectores involucrados se conciencien del peligro real que el problema de los residuos conlleva.

### Bibliografía

ADRIÓ MENÉNDEZ, G. Y GONZÁLEZ CAÑIBANO, J. (1985): "Técnicas de tratamiento de Residuos Tóxicos y Peligrosos", en *Ingeniería Química*, junio, pp. 105-112.

CAM (1987a): *Cuadernos divulgativos en materia de residuos*. Consejería de Ordenación del Territorio, Medio Ambiente y Vivienda. Dirección General de Medio Ambiente y patrimonio Arquitectónico. Madrid. Volúmenes 1,3,4,5,6 y 7.

CAM (1987b): *Programa Coordinado de Actuación de Residuos Industriales de la Comunidad Autónoma de Madrid*.

CAMPINS ERITJA, M. (1994): *La Gestión de los residuos peligrosos en la Comunidad Europea*, J.M. Bosch. Editor S.A., pp. 29-54.

CASTEL MILLÁN, A. (1993): "Generación de residuos radiactivos en centros hospitalarios", en *Tecno Ambiente*, septiembre, pp. 49-53.

FRÍAS, J. (1992): "Los residuos en Madrid", en *Economía y Sociedad*, diciembre, pp. 35-52.

GONZÁLEZ OLAYA, V. (1989): "Residuos radiactivos: la otra cara del bidón", en *Cuadernos de Seguridad*, julio-agosto, pp. 87-89.

IMU. INGENIERÍA MUNICIPAL (1991): "Residuos tóxicos y peligrosos en España", junio, pp. 13-19.

GREENPEACE(1994): *La necesidad de la incineración: una falacia. El ejemplo de la incineradora de residuos tóxicos de Constantí, Tarragona*. Folleto informativo.

LÓPEZ BONILLO, D. (1994): "Los residuos", en *El Medio Ambiente*, capítulo IX, editorial Cátedra, pp. 275-313.

MAILLO, A. (1993): "Planta integral de tratamiento de residuos sólidos urbanos de Valdemingómez" en *Tecno Ambiente*, pp. 55-58.

MARTÍN MATEO, R. (1991): "Residuos especiales: tóxicos y peligrosos", en *DOCTRINA, revista de derecho ambiental*, nº3, pp. 11-23.

MARTÍNEZ NIETO, A. (1992): "Ordenación y gestión de residuos tóxicos y peligrosos (I) y (II), en

*Actualidad Administrativa*, nº28, pp. 321-332 y nº29, pp. 333-342.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1991): *III Plan de Residuos Radiactivos*, julio. 46 págs.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO (1994): *IV Plan de Residuos Radiactivos*, diciembre. 48 págs.

MOPU (1992): *Medio Ambiente en España 1991*. Madrid, 311 págs.

MOPTMA (1994a): *Medio Ambiente en España 1993*. Madrid. Dirección General de Política Ambiental. Serie memorias, 295 págs.

MOPTMA (1994b): *100 Preguntas sobre residuos industriales. Guía práctica del productor de residuos industriales*. Serie Monografías, Madrid, Ed. Centro de Publicaciones MOPTMA, 71 págs.

MUÑOZ FERNÁNDEZ, E. (1985): "Aprovechamiento por incineración de residuos urbanos, industriales y forestales" en *Ingeniería Química*, junio, pp.97-101.

PERELLO, M. (1990): "El desmantelamiento de instalaciones nucleares, una última frontera", en *Estratos*, nº17, otoño, pp. 13-18.

SANZ SA, J.M. (1995): "Incineración de residuos. Regulación y control ambiental", en *Tecno Ambiente*, nº48, marzo, pp. 29-31.

TOHARIO, M. (1995): "Dioxinas, menos lobos", en *Estratos*, nº35, primavera, pp. 15-17.

VAL, A. DEL (1980): "Peligro y lucha contra las centrales nucleares", en *Documentación Social*, nº38, pp. 71-89.

VAL, ALFONSO DEL (1992): "Los residuos industriales y urbanos en España. Entre la contaminación y el aprovechamiento", en *Economía y Sociedad*, diciembre, pp. 53-62.

VAL, ALFONSO DEL (1993): *El libro del reciclaje. Manual para la recuperación y aprovechamiento de las basuras*. Ed. Integral, Barcelona, 2ª edición, 256 págs.

ZULOAGA, P. (1992): "El Cabril. Las nuevas instalaciones de almacenamiento de residuos radiactivos", en *Estratos*, nº25, otoño, pp. 33-41.