



Figura 10.5. Primera ventana cromatográfica (congéneres tetraclorados) del patrón de PCDDs/Fs denominado CS3.

Figura 10.6. Primera ventana cromatográfica (congéneres tetra y pentaclorados) del patrón de PCBs denominado WP-CS4.

Figura 10.7. Cromatograma obtenido en el análisis de PCDDs/Fs de la tela de algodón.



ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 2.1. Clasificación y tratamiento de los residuos recogidos en España en el año 2003.
- Tabla 2.2. Compuestos pertenecientes a la lista de 16 PAHs (US EPA, 1998).
- Tabla 2.3. Factores de equivalencia tóxicos para los 17 isómeros 2,3,7,8-PCDDs/Fs.
- Tabla 2.4. Principales fuentes de producción de PCDDs/Fs.
- Tabla 2.5. Factores de equivalencia tóxicos para los 12 PCBs similares a dioxinas.
- Tabla 2.6. Valores de límite de emisión a la atmósfera para instalaciones de incineración de residuos (Anexo V, Directiva 2000/76/CE).
- Tabla 2.7. Esquema de las distintas técnicas para el control y eliminación de PCDDs/Fs.
- Tabla 4.1. Características de la tela de algodón (material seco).
- Tabla 4.2. Análisis elemental de la celulosa (papel de celulosa sin cenizas, Whatman. García y col. (2003)).
- Tabla 4.3. Análisis de Fluorescencia de Rayos-X de la tela de algodón.
- Tabla 4.4. Características de la tela de poliéster (material seco).
- Tabla 4.5. Análisis de Fluorescencia de Rayos-X de la tela de poliéster.
- Tabla 4.6. Programa de presiones utilizado para la digestión con microondas.
- Tabla 4.7. Programa de velocidades para la introducción de la muestra en el reactor.
- Tabla 5.1. Condiciones cromatográficas utilizadas para el análisis de N₂, O₂, CO₂ y CO.
- Tabla 5.2. Condiciones cromatográficas utilizadas para el análisis de hidrocarburos ligeros.
- Tabla 5.3. Condiciones cromatográficas utilizadas en el análisis de los compuestos semivolátiles.
- Tabla 5.4. Rampa de temperatura en el cromatógrafo GC-MS.
- Tabla 5.5. Orden de aparición y masas de los iones principales de los 16 PAHs y de los patrones deuterados analizados en modo SIR.
- Tabla 5.6. Condiciones de operación del equipo HRGC-HRMS.
- Tabla 5.7. Rampa de temperaturas en el cromatógrafo HRGC-HRMS para análisis de PCDDs/PCDFs.



Tabla 5.8. Rampa de temperaturas en el cromatógrafo HRGC-HRMS para análisis de PCBs similares a dioxinas.

Tabla 5.9. Patrones utilizados en el análisis de PCDDs/Fs según el método de la EPA 1613.

Tabla 5.10. Relación de masas exactas de PCDDs/Fs analizadas en el HRGC-HRMS.

Tabla 5.11 Recuperaciones de los distintos isómeros contempladas en el método de la EPA 1613.

Tabla 5.12. Patrones utilizados en el análisis de PCBs similares a dioxinas.

Tabla 5.13. Relación de masas exactas de PCBs similares a dioxinas, analizadas en el HRGC-HRMS.

Tabla 5.14. Patrones de calibrado utilizados en el análisis de PCDDs/Fs.

Tabla 5.15. Patrones de calibrado utilizados en el análisis de PCBs similares a dioxinas.

Tabla 5.16. Material de referencia analizado.

Tabla 5.17. Resultado del ejercicio de intercalibrado 2006.

Tabla 5.18. Resultado del ejercicio de intercalibrado 2006.

Tabla 6.1. Parámetros cinéticos obtenidos para la descomposición térmica de la tela de algodón (k'_{10} y k'_{20} en s^{-1} , k'_{30} , k'_{40} , y k'_{50} $s^{-1} \cdot atm^{-bi}$, E_i en kJ/mol).

Tabla 6.2. Compuestos analizados mediante TG-MS, en la pirólisis y combustión de las telas de algodón usadas.

Tabla 6.3. Parámetros cinéticos obtenidos para la descomposición térmica de la tela de poliéster (k'_{10} y k'_{20} en s^{-1} , k'_{30} y k'_{ij0} , en $s^{-1} \cdot atm^{-bi}$, E_i , E_{ij} en kJ/mol).

Tabla 6.4. Parámetros cinéticos obtenidos para el modelo simplificado de la descomposición térmica de la tela de poliéster (k'_{10} en s^{-1} , k'_{3*0} en $s^{-1} \cdot atm^{-bi}$, E_i en kJ/mol).

Tabla 6.5. Compuestos analizados mediante TG-MS, en la pirólisis y combustión de la tela de poliéster.

Tabla 7.1. Condiciones de operación en los experimentos realizados con la tela de algodón.

Tabla 7.2. Rendimientos de gases y volátiles analizados para la tela de algodón.

Tabla 7.3. Rendimientos de semivolátiles analizados para la tela de algodón.

Tabla 7.4. Rendimientos totales (mg compuesto/kg muestra) de los 16 PAHs, en los distintos experimentos de pirólisis y combustión de la tela de algodón.

Tabla 7.5. Condiciones de operación en los experimentos realizados con la tela de poliéster.

Tabla 7.6. Rendimientos de gases y volátiles analizados, para la tela de poliéster.



Tabla 7.7. Rendimientos de semivolátiles analizados, para la tela de poliéster.

Tabla 7.8. Rendimientos totales (mg compuesto/kg muestra) de los 16 PAHs, en los distintos experimentos de pirólisis y combustión de la tela de poliéster.

Tabla 7.9. Contenido de PCDDs/Fs de la tela de algodón.

Tabla 7.10. PCDDs/Fs obtenidos en la combustión a 850 °C en defecto de oxígeno ($R_{CO}= 0.22$) de la tela de algodón.

Tabla 7.11. Contenido de PCDDs/Fs de la tela de poliéster.

Tabla 7.12. Contenido de PCBs similares a dioxinas de la tela de poliéster.

Tabla 7.13. PCDDs/Fs obtenidos en la combustión a 850 °C en defecto de oxígeno ($R_{CO}= 0.11$) de la tela de poliéster.

Tabla 7.14. PCBs similares a dioxinas obtenidos en la combustión a 850 °C de la tela de poliéster.

Tabla 7.15. Comparación de la combustión de distintos residuos.

Tabla 7.16. Concentración de PCDDs/Fs en distintos residuos y en la combustión a 850 °C, empleando el mismo reactor horizontal de laboratorio.

Tabla 10.1. Calibrado de los patrones de gases y compuestos volátiles.

Tabla 10.2. Ejemplo de resultados obtenidos para un patrón CS3.



ABREVIATURAS UTILIZADAS

AOX	Haluros Orgánicos Adsorbibles
BaA	Benzo(a)antraceno
BaP	Benzo(a)pireno
BbF	Benzo(b)fluoranteno
BkF	Benzo(k)fluoranteno
CER	Catálogo Europeo de Residuos
Chr	Criseno
CRTG	Termogravimetría de Velocidad Controlada
CV	Coefficiente de Variación
DbA	Dibenzo(a,h)antraceno
DDs/Fs	Dibenzodioxinas y Dibenzofuranos
DTG	Termogravimetría Derivada
EDTA	Ácido etilendiamina tetracético
EGA	Evolved Gas Analysis
EOX	Haluros Orgánicos Extraíbles
FID	Detector de Ionización de Llama
FO	Función Objetivo
GC	Cromatografía de Gases
GC-MS	Cromatógrafo de Gases con Espectrómetro de Masas
HBCD	Hexabromo cyclodecano
HpCDD	Heptaclorodibenzo-p-dioxina
HpCDF	Heptaclorodibenzofurano
HRGC-HRMS	Cromatografía de Gases de Alta Resolución-Espectrometría de Masas de Alta Resolución
HxCDD	Hexaclorodibenzo-p-dioxina
HxCDF	Hexaclorodibenzofurano
Icd	Indeno(1,2,3-cd)pireno
ICP-MS	Espectrometría de Masas con Plasma de Acoplamiento Inductivo
LOD	Límite de Detección
MS	Espectrometría de Masas
NIST	Nacional Institute of Standards and Technology
NTA	Ácido nitriloacético
OCDD	Octaclorodibenzo-p-dioxina
OCDF	Octaclorodibenzofurano
OMS o WHO	Organización Mundial de la Salud
PACs	Compuestos Aromáticos Policíclicos
PAHs	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
PANCs	Compuestos Poliaromáticos Nitrogenados
PASCs	Compuestos Poliaromáticos Sulfurados
PBB	Polibromobifenilo



PBDDs	Polibromodibenzo-p-dioxinas
PBDE	Polibromo difenil éter
PBDFs	Polibromodibenzofuranos
PCBs	Policlorobifenilos
PCDDs	Policlorodibenzo-p-dioxinas
PCDDs/Fs	Policlorodibenzo-p-dioxinas y policlorodibenzofuranos
PCDFs	Policlorodibenzofuranos
PCDPEs	Éteres bifenilos policlorados
PCNs	Policloronaftalenos
PCP	Pentaclorofenol
PE	Punto de Ebullición
PeCDD	Pentaclorodibenzo-p-dioxina
PeCDF	Pentaclorodibenzofurano
PET	Poli(etilen-tereftalato)
PFK	Perfluoroqueroseno
PM	Peso Molecular
PNIR	Plan Nacional Integral de Residuos
PVC	Policloruro de vinilo
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
% Rec	% Recuperación
SCR	Reducción Selectiva Catalítica
SIR	Registro Selectivo de Iones
SNCR	Reducción Selectiva No Catalítica
TBBP-A	Tetrabromobisfenol A
TCD	Detector de Conductividad Térmica
TCDD	Tetraclorodibenzo-p-dioxina
TCDF	Tetraclorodibenzofurano
TDI	Ingesta Diaria Tolerable
TEF	Factor de Equivalencia Tóxica
TEQ	Equivalente Tóxico Total
TG-ADT	Termogravimetría – Análisis Térmico Diferencial
TG-ADT-MS	Termogravimetría - Análisis Térmico Diferencial acoplada a Espectrometría de Masas
TG-FTIR	Termogravimetría acoplada a Espectrometría Infrarroja por Transformada de Fourier
US EPA	Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos de América



1. RESUMEN

A lo largo del presente trabajo se estudia la descomposición térmica de residuos textiles de algodón y poliéster, desde el punto de vista cinético y de formación de contaminantes, con el objeto de aportar un mayor conocimiento del comportamiento de estos residuos en instalaciones de combustión y en procesos de valorización energética.

Se han caracterizado los residuos textiles de algodón y poliéster empleados en esta investigación, determinando entre otras propiedades; la humedad, el poder calorífico inferior, la composición química elemental, el contenido en cenizas y los haluros orgánicos extraíbles.

Se ha realizado una amplia revisión bibliográfica sobre el estado actual del conocimiento con respecto a los modelos cinéticos referentes a la descomposición térmica de los residuos textiles estudiados, así como de los contaminantes formados en procesos de tratamiento térmico de pirólisis y combustión. También se ha recopilado información acerca de los métodos analíticos utilizados en la identificación y cuantificación de estos compuestos.

Mediante análisis termogravimétrico se ha llevado a cabo el estudio de la degradación térmica, en distintas atmósferas y bajo distintas condiciones de calentamiento, de los residuos textiles de algodón y poliéster, formulándose y probándose modelos cinéticos capaces de simular todos los experimentos realizados. Además, se han llevado a cabo experimentos de termogravimetría acoplada a la espectrometría de masas con el objeto de poder conocer mejor el mecanismo de descomposición de los distintos materiales, e identificar algunas de las especies emitidas durante el calentamiento controlado en pirólisis y en combustión.

Empleando un reactor horizontal de laboratorio, se han identificado y cuantificado para la pirólisis y combustión de los residuos textiles de algodón, más de 90 compuestos distintos, y más de 160, para los residuos textiles de poliéster. Trabajando a distintas temperaturas nominales de 650, 750, 850, 950 y



1050 °C y en atmósferas de nitrógeno y aire, se ha estudiado la influencia de la atmósfera y la temperatura en la formación de los gases, compuestos volátiles y semivolátiles.

Todos los experimentos de combustión se han llevado a cabo con oxígeno en cantidades subestequiométricas, con el objeto de realizar el estudio en condiciones de formación de productos de combustión incompleta.

Para completar el estudio de los compuestos semivolátiles obtenidos en la combustión, para los residuos textiles de algodón se han determinado las dioxinas y furanos presentes en el material analizado y en los productos de combustión. Para los residuos textiles de poliéster se ha desarrollado la metodología necesaria para el análisis conjunto de dioxinas y furanos y los 12 policlorobifenilos similares a dioxinas, tanto para la muestra como para los productos de la combustión.

Por último, considerando los resultados obtenidos en el análisis de los distintos contaminantes formados como consecuencia del tratamiento térmico de los residuos textiles de algodón y poliéster se ha valorado, desde el punto de vista medioambiental, el uso de estos residuos en instalaciones de combustión.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 PROBLEMÁTICA GLOBAL DE LOS RESIDUOS

En la sociedad actual en la que vivimos la generación de residuos constituye un grave problema debido a las características cada vez más contaminantes y el elevado volumen de producción de los mismos. Las políticas de residuos desarrolladas en los países más industrializados han evolucionado a medida que avanzaban los conocimientos científicos y la conciencia ciudadana en temas de medioambiente. El 6º Programa de Acción Medioambiental de la Unión Europea, que abarca el período 2002 - 2012 (<http://europa.eu/scadplus/leg/es/lvb/l28027.htm>) establece un orden de prioridades en materia de gestión de residuos, que puede esquematizarse con la pirámide mostrada en la Figura 2.1.

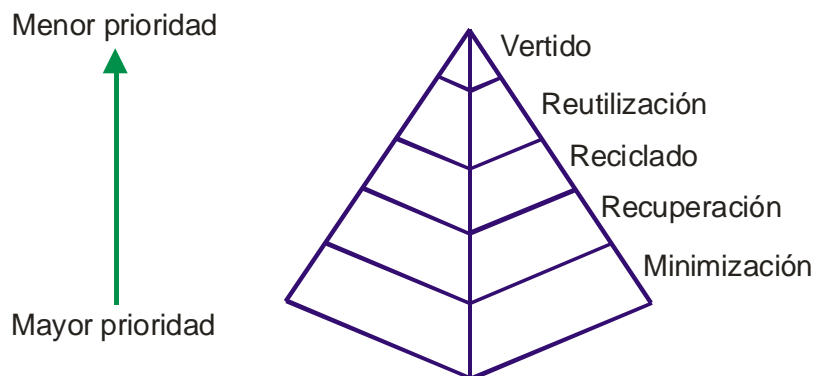


Figura 2.1. Pirámide de gestión sostenible de residuos.

El primer paso debe ser la minimización mediante la prevención o reducción en origen de la generación de residuos, introduciendo cambios en los procesos de producción, materias primas e incluso en los hábitos de los consumidores, olvidando la vieja filosofía de usar y tirar. Una vez producido el residuo se debe recurrir a su valorización mediante las llamadas 3R: la Recuperación de todas aquellas materias que puedan volver a usarse; el Reciclaje por medio de las numerosas técnicas existentes y la

Reutilización, directa o indirecta del material. Por último, el tratamiento y eliminación de los residuos inevitables y no reciclables, siendo la opción menos deseable el vertido en vertederos controlados.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (Encuesta de recogida y tratamiento de residuos 2003) en el año 2003 se recogieron en España un total de 61.745.093 toneladas de residuos, cuya clasificación y tratamiento se muestra en la Tabla 2.1. Los residuos no peligrosos engloban los siguientes tipos de residuos: residuos metálicos, residuos no metálicos, equipos desechados, residuos animales y vegetales, residuos corrientes mezclados, residuos minerales y residuos solidificados. Mientras que los residuos peligrosos comprenden los siguientes tipos de residuos: residuos de compuestos químicos, residuos de preparados químicos, otros residuos químicos, residuos metálicos, residuos no metálicos, equipos desechados, residuos minerales y residuos solidificados.

Tabla 2.1. Clasificación y tratamiento de los residuos recogidos en España en el año 2003.

Clasificación	Toneladas/año	Tratamiento (%)		
		Reciclado	Valorización energética	Vertido
Residuos no peligrosos	31.988.531	51.1	2.8	46.1
Residuos peligrosos	2.169.860	53.7	9.8	36.5
Residuos sólidos urbanos	27.586.702	36.6	6.3	57.2

Según estos datos en el año 2003, los vertederos controlados eran el destino final para más de la mitad de los residuos sólidos urbanos (RSU) recogidos en nuestro país. Sin embargo, el Plan Nacional Integral de Residuos (PNIR) del Ministerio de Medio Ambiente para el período 2000-2006 establecía como objetivo, para el año 2006, reducir este porcentaje. En el nuevo Plan Nacional Integral del Residuos (PNIR) para el periodo 2006-2015, se sigue persiguiendo el objetivo de minimización del vertido. En la Figura 2.2. se muestra la evolución en la gestión de residuos sólidos urbanos, según el PNIR (1996-2006).

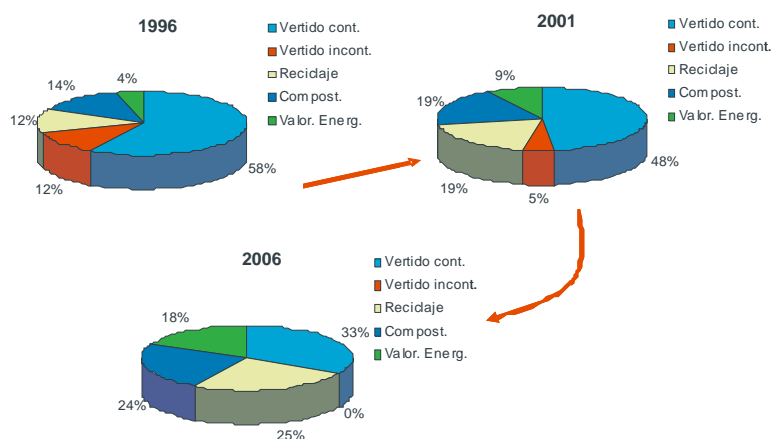


Figura 2.2. Evolución de la gestión de RSU en España, según el PNIR (1996-2006).

Por otra parte, la directiva de la Unión Europea sobre vertederos (Directiva 1999/31/CE) impone serias limitaciones para reducir la cantidad de residuos depositados en vertederos. Algunos países como Dinamarca han alcanzado el último objetivo de reducción, mediante la prohibición de vertido de todos los residuos que se prestan a un tratamiento térmico.

La incineración/combustión es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse al tratamiento y eliminación de los residuos para disminuir su cantidad y aprovechar el porcentaje energético que contienen. Durante las últimas décadas, la mayoría de los países industrializados con densidades de población elevadas han empleado la combustión como procedimiento, alternativo al vertido controlado, para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos. La utilización de esta tecnología permite reducir en gran medida el peso y el volumen de los residuos a tratar y, además, obtener energía.

Son precisamente el poder calorífico del material a tratar y el potencial contaminante de las emisiones dos de los motivos que han hecho evolucionar los sistemas de incineración hacia procedimientos capaces de alcanzar mayores rendimientos en la combustión y mayor eficacia en la eliminación de contaminantes. Es por ello, que en la actualidad se desea sustituir, en ciertos ámbitos, el

término tradicional de “incineración” por el de “reciclado térmico”, y el de “incineradoras” por el de “instalaciones de combustión de residuos con aprovechamiento energético”.

Actualmente en España están funcionando 10 plantas de combustión de residuos sólidos urbanos con aprovechamiento energético, cuya distribución geográfica se muestra en la Figura 2.3. A mediados del año 2007, tiene previsto ponerse en marcha una nueva planta en la provincia de Guipúzcoa.



Figura 2.3. Distribución geográfica de las instalaciones de tratamiento térmico de RSU.

Con respecto al resto de países de Europa, España es uno de los países donde menor es el porcentaje de RSU reciclados térmicamente. En Europa existen alrededor de 400 plantas de tratamiento térmico de residuos con una capacidad global de tratamiento que ronda los 55 millones de toneladas al año, siendo Francia, Alemania e Italia los países con mayor número de plantas de tratamiento.

2.2 RESIDUOS TEXTILES

La valorización energética de residuos consiste en la obtención de energía a partir de su combustión para obtener vapor de agua, que a su vez se utiliza para generar energía eléctrica, mediante



sistemas de cogeneración. Dentro de la Unión Europea la aceptación social del empleo de residuos como combustible alternativo a los combustibles tradicionales es muy desigual, así por ejemplo en países como Suiza, Francia y Austria el uso de residuos como combustible representa alrededor del 30 % del consumo calorífico total, mientras que en España y Portugal sólo supone el 1 %.

El uso de residuos como combustible en industrias con un gran gasto energético, como es el caso de la industria cementera o cerámica, es una práctica asentada en la mayoría de los países desarrollados (Japón, Suiza, Estados Unidos, Bélgica, Alemania y Francia) desde hace más de veinte años y en los últimos años está adquiriendo importancia en nuestro país. El sector cementero español utilizó en el año 2001 unas 52.000 toneladas de residuos como combustibles alternativos, que supusieron poco más del 1 % del consumo teórico de los hornos de clínker (Guía de mejores técnicas disponibles en España de fabricación de cemento, Ministerio de Medio Ambiente, 2003). Los principales residuos utilizados fueron: neumáticos, harinas animales, disolventes, residuos de madera y aceites usados.

2.3 LA INDUSTRIA TEXTIL

Los textiles han acompañado siempre al hombre a lo largo de su existencia, cubriendo en un principio necesidades muy básicas y evolucionando a lo largo de los años, hasta llegar al nivel de sofisticación de los distintos tipos y usos de los textiles de hoy en día.

La industria textil engloba un amplio conjunto de empresas que realizan el proceso de transformación textil; desde la materia prima inicial hasta la obtención de un producto acabado. Este proceso se puede representar mediante el esquema mostrado en la Figura 2.4.

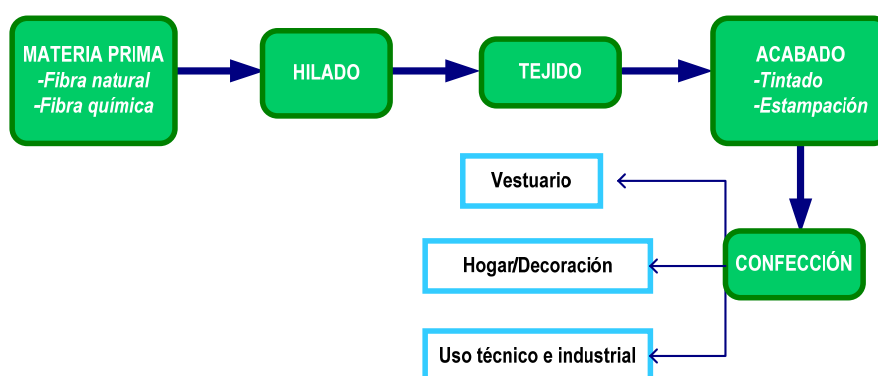


Figura 2.4. Esquema del proceso de transformación textil.

De forma muy general se puede decir que las fibras textiles se transforman en hilos mediante los cuales se fabrican los distintos tejidos y telas para posteriormente pasar a la confección de una gran variedad de productos que dependiendo de su uso final, se pueden dividir en tres grandes grupos: textiles destinados a vestuario, textiles empleados en la fabricación de productos para el hogar y /o decoración, y textiles de uso técnico e industrial.

La materia prima a partir de la cual se obtienen los distintos textiles son las denominadas fibras textiles, que se clasifican en fibras naturales y fibras químicas. Las fibras naturales pueden ser de *origen animal* (seda, cuero, lana y pelos), *origen vegetal* (algodón, lino, cáñamo, esparto) y *origen mineral* (amianto, fibra de vidrio). Las fibras químicas pueden ser de dos tipos: *artificiales*, si se obtienen mediante transformación química de polímeros naturales como la celulosa (rayón y acetato), o *sintéticas* si se obtienen directamente por síntesis química (poliéster, poliamidas, acrílicas, fibras de polivinilo, fibras de poliolefinas y poliuretanos, etc.)

En la Figura 2.5 se muestra la evolución de la producción mundial de fibras textiles (millones de toneladas) en el período de 1999 a 2005. La producción mundial de fibras textiles ha crecido aproximadamente un 30 % en este periodo de tiempo, pasando de unos 47 millones de toneladas en 1999 a unos 61 millones de toneladas en 2005. Como puede observarse, la producción de fibras químicas representa alrededor del 60 % de la producción mundial de fibras textiles, manteniéndose

prácticamente constante este porcentaje a lo largo de este periodo de tiempo (Informe de la Asociación Japonesa de Fibras Químicas, <http://www.jcfa.gr.jp>).

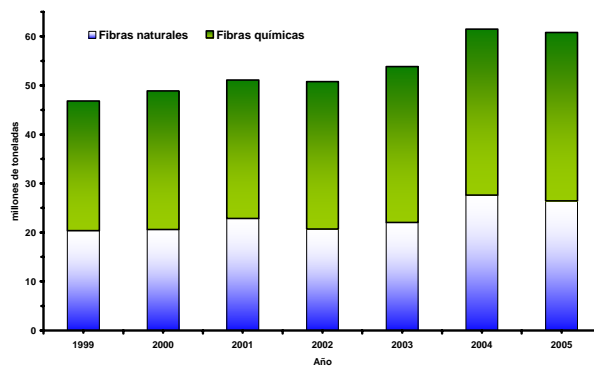


Figura 2.5. Producción mundial de fibras textiles durante el periodo de 1999-2005.

El poliéster y el algodón son las fibras textiles de mayor producción mundial, fabricándose prácticamente en la misma proporción y representando aproximadamente el 82 % de la producción mundial (<http://www.yarnsandfibers.com>). Dicha producción está bastante centralizada, según se observa en la Figura 2.6, siendo China el principal productor a nivel mundial de ambos tipos de fibras textiles.

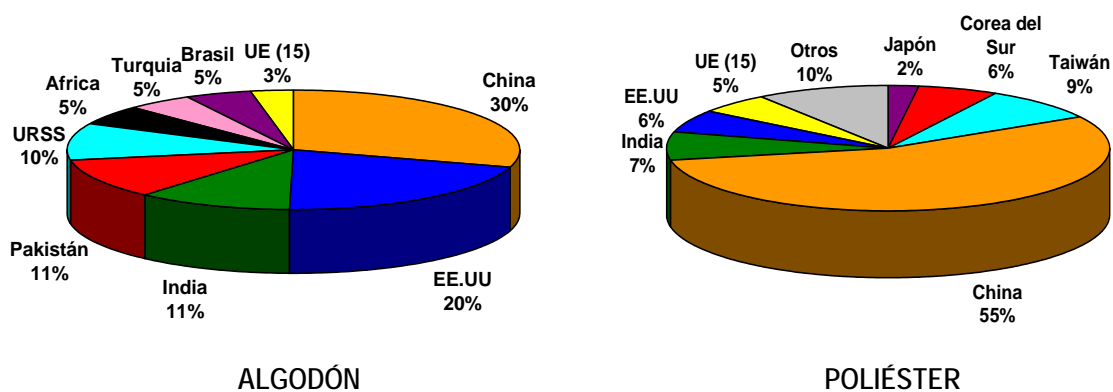


Figura 2.6. Distribución de la producción mundial de fibras textiles de algodón y poliéster.



En España el consumo total de fibras textiles en el año 2002, alcanzó el valor de 704.700 toneladas, siendo el poliéster, con un 38 % del consumo total, la fibra más consumida, seguida por el algodón con un porcentaje sobre el consumo total del 23 % (<http://www.cityc.es>).

El sector textil y de la confección ocupa un lugar importante dentro de la estructura industrial española, con más de 6350 empresas y con un gran número de trabajadores, que representan el 8 % del empleo industrial. Dentro de la Unión Europea, España produce una décima parte de la producción textil europea, ocupando la quinta posición dentro del conjunto de los países comunitarios después de Alemania, Italia, Reino Unido y Francia. La actividad textil de cabecera (hilados y tejidos), está fuertemente concentrada en Cataluña y la Comunidad Valenciana, mientras que la confección y el género de punto están distribuidos por todo el territorio español (<http://www.cityc.es>).

La industria textil en la Comunidad Valenciana es uno de los sectores industriales más importantes, con un 11 % del total de industrias y con un porcentaje de ocupación industrial del 10% (Instituto Valenciano de Estadística, <http://ive.infocentre.gva.es>). El sector textil y de la confección está muy centralizado en la comarca valenciana del Valle de Albaida y las comarcas alicantinas de El Alcoyano y El Comtat, siendo Onteniente, Alcoy, Cocentaina y Muro de Alcoy los municipios con mayor actividad textil. Por otra parte, Crevillente, en la comarca alicantina del Bajo Vinalopó, es líder nacional en la producción de alfombras. En el mapa mostrado en la Figura 2.7 aparece la localización de los principales municipios con actividad textil industrial de la Comunidad Valenciana.



Figura 2.7. Principales municipios con actividad industrial textil de la Comunidad Valenciana.

2.4 RESIDUOS TEXTILES

Debido a la gran diversidad de actividades que engloba, la industria textil genera varios tipos de residuos, pudiendo clasificarlos del siguiente modo (Orden MAM/304/2002), y con el correspondiente código del Catálogo Europeo de Residuos (CER):

04 02 Residuos de la industria textil.

04 02 09 Residuos de materiales compuestos (tejidos impregnados, elastómeros, plastómeros).

04 02 10 Materia orgánica de productos naturales (por ejemplo grasa, cera).

04 02 14* Residuos de acabado que contienen disolventes orgánicos.

04 02 15 Residuos del acabado distintos de los especificados en el código 04 02 14.

04 02 16* Colorantes y pigmentos que contienen sustancias peligrosas.

04 02 17 Colorantes y pigmentos distintos de los mencionados en el código 04 02 16.

04 02 19* Lodos del tratamiento in situ de efluentes que contienen sustancias peligrosas.

04 02 20 Lodos del tratamiento in situ de efluentes distintos de los mencionados en el código 04 02 19.

04 02 21 Residuos de fibras textiles no procesadas.



04 02 22 Residuos de fibras textiles procesadas.

04 02 99 Residuos no especificados en otra categoría.

Los residuos señalados con * se consideran peligrosos según la Directiva de la Unión Europea 91/689/CEE.

A lo largo de este trabajo, el término de residuos textiles se aplica tanto a los residuos de fibras textiles procesadas y los residuos de materiales acabados generados en la industria textil, como a los residuos textiles generados a nivel doméstico, es decir todos aquellos textiles usados (ropa, trapos, sábanas, cortinas, alfombras, etc.) que son depositados junto con la basura doméstica.

El porcentaje de textiles presentes en los residuos sólidos urbanos varía entre un 4 y un 7% en peso, según las fuentes consultadas (Informe Medio Ambiente en España, 2003, Abad y col., 2002). En el año 2003 en nuestro país las empresas gestoras de RSU recogieron 27.586.702 toneladas de residuos mezclados, de los cuáles entre 1.103.468 y 1.931.069 toneladas serían textiles.

El consumo de productos textiles viene marcado por la renta per capita de los países, así los países más desarrollados del mundo son los que concentran la mayor parte del consumo textil. Estados Unidos, Japón y la Unión Europea, con un 13 % de la población mundial, son responsables del 40 % de dicho consumo. En Europa se consumen 22 kg de fibras textiles por habitante y año, frente a los 7 kg de China.

En los últimos años se ha observado un incremento en el consumo de prendas textiles procedentes de países asiáticos, principalmente China, caracterizadas por su bajo precio pero también menor calidad. Esto unido a los hábitos consumistas de nuestra sociedad actual, en la que las modas y las tendencias cambian a un ritmo frenético, podría provocar que en los próximos años aumentara el porcentaje de residuos textiles generados a nivel doméstico.

2.4.1 Tratamiento de los residuos textiles

2.4.1.1 Reciclado y reutilización de residuos textiles

Los residuos de fibras textiles procesadas y los residuos de materiales acabados generados en la industria textil cuentan con un nivel de aprovechamiento considerable. Normalmente, los desperdicios más largos de hilo se empalman y se vuelven a bobinar, en el caso de los hilos de algodón se vuelven a triturar obteniéndose una borra cuya consistencia es similar a la del algodón en rama y que es utilizado para la fabricación de lo que se denomina “algodón regenerado”.

Por lo que respecta a los residuos de materiales acabados, o desperdicios de confección, éstos se pueden triturar y obtener una borra a partir de la cual se vuelve a obtener hilo, o bien se pueden utilizar como materia prima en la fabricación de distintos productos de menor calidad o como materiales de relleno para la industria automovilística, del mueble, de las alfombras u otras industrias.

En la Figura 2.8 se muestran imágenes de borra de algodón y de maquinaria empleada en el reciclado de fibras textiles.

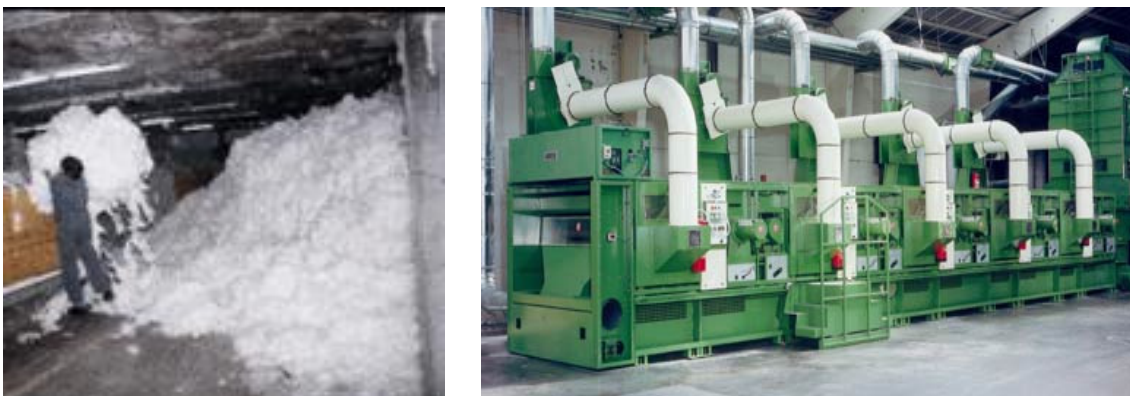


Figura 2.8. Imágenes de borra de algodón y maquinaria empleada en el reciclado de fibras textiles.

Los residuos textiles generados a nivel doméstico, fundamentalmente la ropa usada, son reciclados mediante recogida selectiva en los portales de las viviendas o en contenedores específicos cuya gestión corre a cargo de organizaciones no gubernamentales (ONGs). Estas organizaciones se encargan de clasificar la ropa usada recogida, de forma que la ropa de buena calidad se destina bien a tiendas de ropa de segunda mano o se envía a países del Tercer Mundo, especialmente países africanos. La ropa de peor calidad se destina al reciclaje industrial (fabricación de útiles de limpieza, trapos, borras, etc.) y a trabajos artesanales (jarapas, traperas, etc.). Según datos del Instituto Nacional de Estadística sobre tratamiento y recogida de residuos urbanos en España, en el año 2000 existían 1700 contenedores específicos para ropa y textiles en los que se recogieron 2833 toneladas.

2.4.1.2 Tratamiento térmico de residuos textiles

Al igual que otros tipos de residuos, el tratamiento térmico de residuos textiles engloba dos tipos de procesos: procesos de pirólisis y procesos de combustión, descritos detalladamente en el siguiente apartado 2.5.

Mediante la pirólisis de residuos de fibras textiles naturales en un reactor de lecho fijo, Williams y Reed (2003) obtuvieron un residuo carbonoso cuya activación en corriente de gas produce unas fibras de carbón activo con unas buenas características de flexibilidad, tamaño y distribución de poros, que permiten emplear este material como carbón activo en los sistemas de limpieza de gases contaminados. En la Figura 2.9 se muestra una fotografía del material obtenido.



Figura 2.9. Fotografía de fibras de carbón activo obtenidas a partir de la pirólisis de residuos textiles (Williams y Reed, 2003).