

ASIGNATURA
GRANDES PROBLEMAS AMBIENTALES DE NUESTRO TIEMPO

1. LOS RESIDUOS QUE INVADEN EL AMBIENTE



Dr. D. Antonio Gallardo Izquierdo
GRUPO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS
DPTO. ING. MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN



ÍNDICE



1. Introducción a los residuos sólidos
2. Los residuos sólidos urbanos (RSU)
3. La gestión de los RSU
4. El vertido de los RSU
5. Los Residuos Peligrosos
6. Marco normativo
7. El tratamiento dado a los RSU en la UE

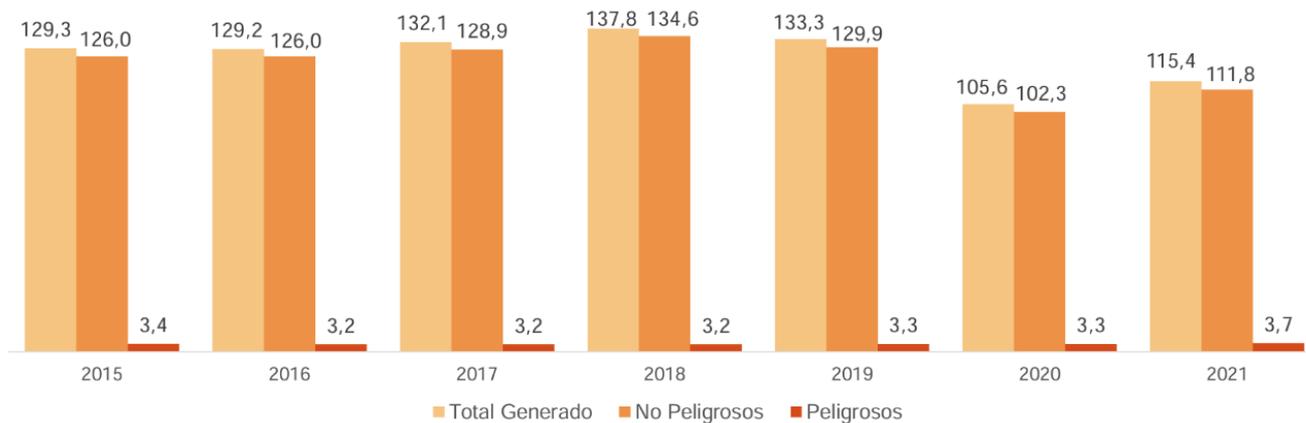
INTRODUCCIÓN



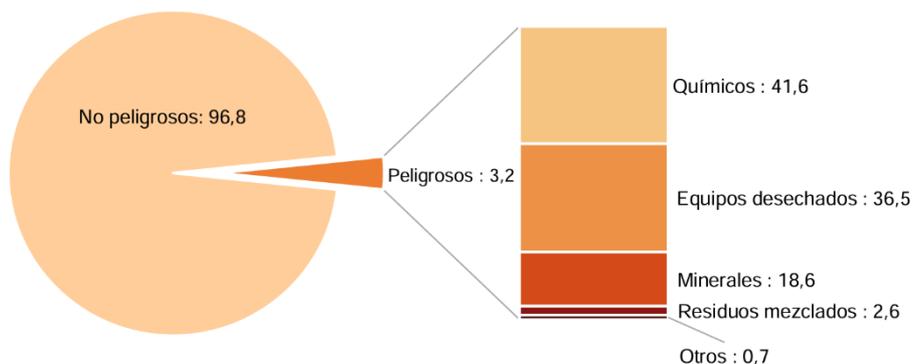
Instituto Nacional de Estadística, 27/11/2023

Residuos generados por tipo de residuo. Año 2021

Millones de toneladas



Residuos generados en la economía española (porcentaje). Año 2021



El 80,4% de los residuos generados en 2021 correspondieron a Sectores de actividad y el 19,6% a los Hogares (RSU)

Tasa de generación: 2.433 kg/hab-año (hab: 47,42 Millones)

INTRODUCCIÓN



Instituto Nacional de Estadística, 27/11/2023

Tratamiento final de residuos en la economía española (INE, 2023):

De los 115,4 millones de toneladas de residuos generados en 2021, **las empresas de tratamiento final de residuos gestionaron 99 millones, lo que supuso un 14,6% más que en el año anterior.**

En concreto, trataron 96,6 millones de toneladas de residuos no peligrosos (un 14,7% más que en 2020) y 2,4 millones de residuos peligrosos (un 8,9% más). Del total de residuos tratados, **el 41,4% acabaron en el vertedero, el 49,9% se reciclaron, el 4,8% se reutilizaron en operaciones de relleno y el 3,9% se incineraron.**

Tratamiento final de residuos. Año 2021

Miles de toneladas

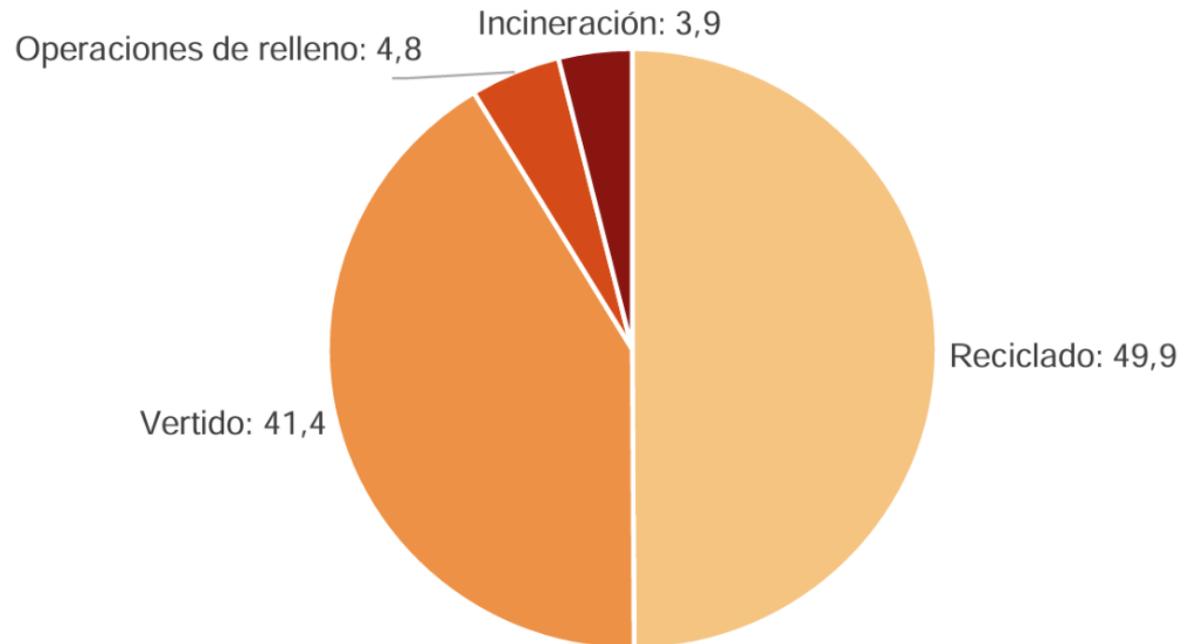
Residuos tratados (por tipo de gestión)	Cantidad
Total residuos gestionados	99.016,6
No peligrosos	96.642,4
Peligrosos	2.374,2
Reciclado	49.402,1
No peligrosos	47.729,1
Peligrosos	1.673,0
Vertido	41.030,3
No peligrosos	40.516,8
Peligrosos	513,5
Incineración	3.806,8
No peligrosos	3.619,0
Peligrosos	187,8
Operaciones de relleno	4.777,4
No peligrosos	4.777,4
Peligrosos	..

INTRODUCCIÓN



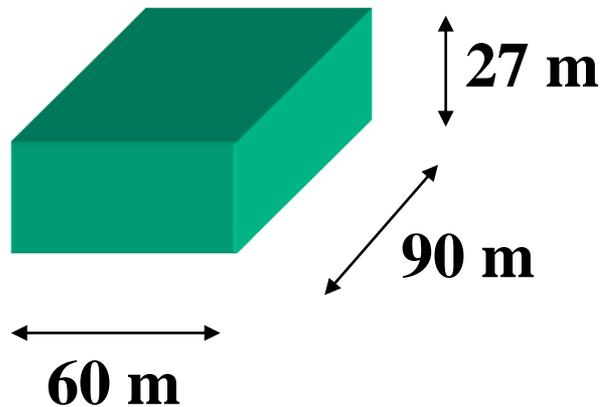
Instituto Nacional de Estadística, 27/11/2023

Tratamiento final de residuos (porcentaje). Año 2021



INTRODUCCIÓN

Castellón de la Plana



Generación en un año: 144.540 m^3

(densidad 500 kg/m^3)

Producción: 72.270 t/año

Tasa de generación: $1,1 \text{ kg/hab-día}$

Residuos urbanos

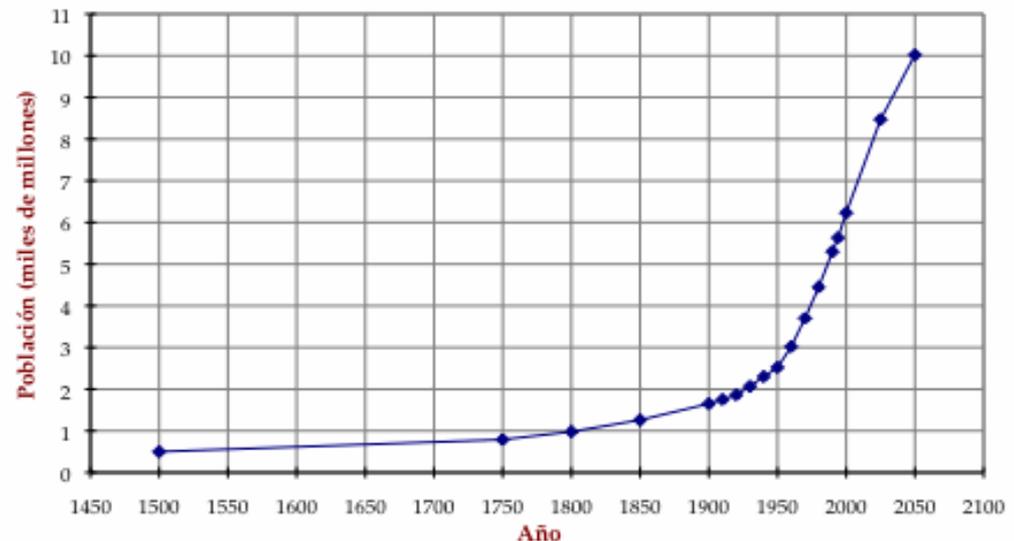
Castellón de la Plana: 180.000 hab



CAUSAS QUE HAN PROVOCADO EL AUMENTO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS:

- El crecimiento absoluto de la población
- La industrialización de los países
- Temprana obsolescencia de los productos de uso común
- Uso generalizado de los envases
- Aumento de la calidad de vida

Evolución de la población mundial (1500-2050)



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN



Problemas directos que crean los residuos:

- **Vertidos incontrolados**
- **Malos olores**
- **Incendios incontrolados. Contaminación atmosférica**
- **Contaminación de aguas superficiales y subterráneas**
- **Proliferación de roedores e insectos portadores de enfermedades**
- **Problemas sociales importantes**

INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

DESMANTELADA UNA RED QUE ENVIABA ILEGALMENTE RESIDUOS ELECTRÓNICOS DESDE EUSKADI A ÁFRICA

Inicio · [Notas de prensa](#) · Desmantelada una red que enviaba ilegalmente residuos electrónicos desde Euskadi a África

Residuos Profesional

10

MAR - 2022

La organización, que contaba con un entramado perfectamente asentado, declaraba los residuos como artículos de segunda mano y descentralizaba las operaciones aduaneras, dificultando el control de la mercancía.

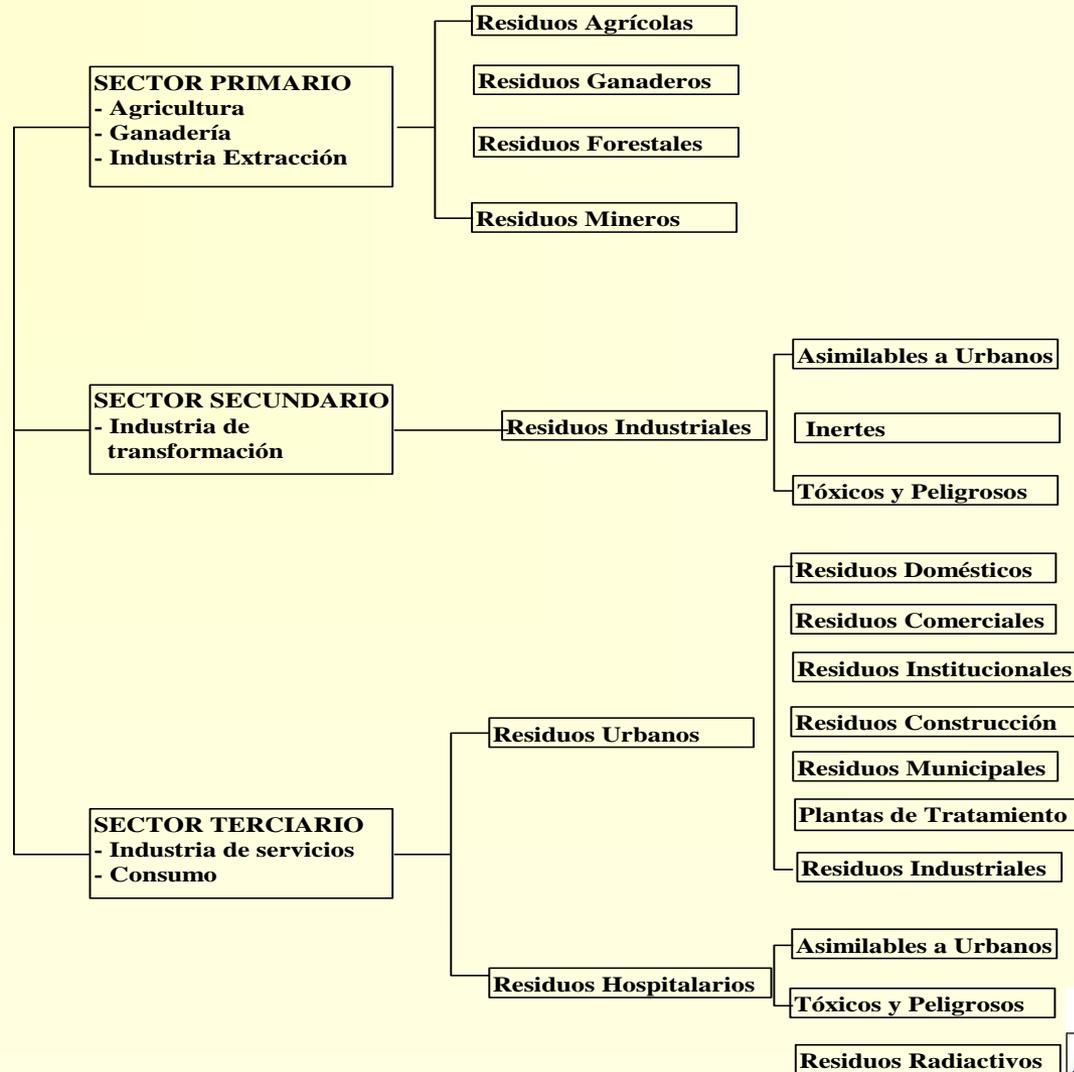


La Guardia Civil ha desarticulado una organización criminal que se dedicaba al **traslado ilícito de residuos de todo tipo** desde el País Vasco hacia diversos países del continente africano, principalmente Nigeria, Ghana y Guinea Ecuatorial. Como consecuencia de la operación se ha detenido e investigado a 18 personas cuyo entramado criminal estaba perfectamente asentado en nuestro país desde hacía años.

INTRODUCCIÓN



CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS



2 LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

“los generados en los hogares como consecuencia de la actividad doméstica. Se consideran también los similares a los anteriores generados en servicios e industrias.

Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria.

También los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados” (Ley 7/22).

RESIDUOS DOMÉSTICOS

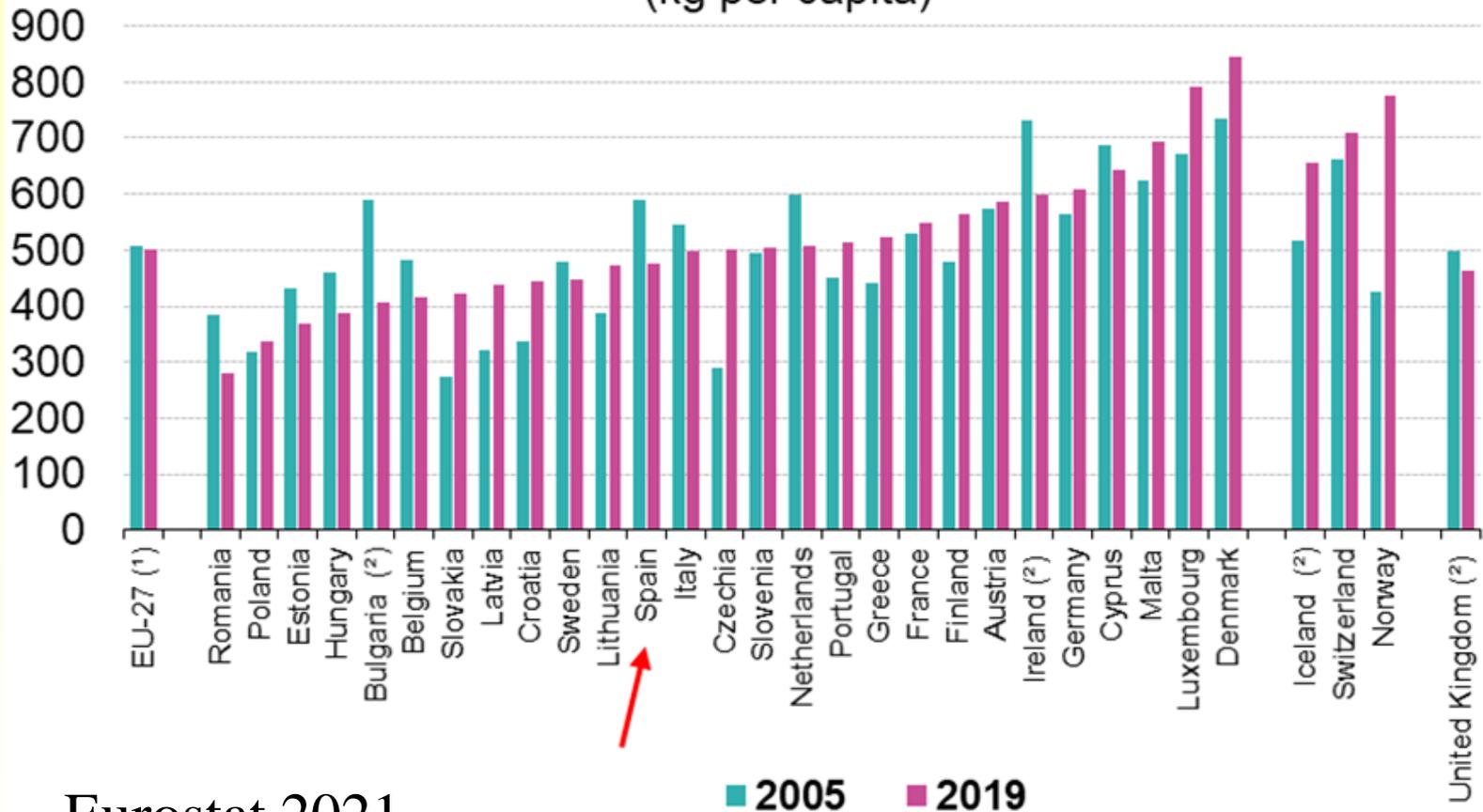
DEFINICIÓN DE RESIDUO DOMÉSTICO

Origen:

Domésticos
Comerciales
Voluminosos
Escombros
S. Municipales
P. Tratamiento
Industriales Asimilables
Hospitalarios Asimilables

GENERACIÓN DE RSU

Municipal waste generated, 2005 and 2019 (kg per capita)



Eurostat 2021

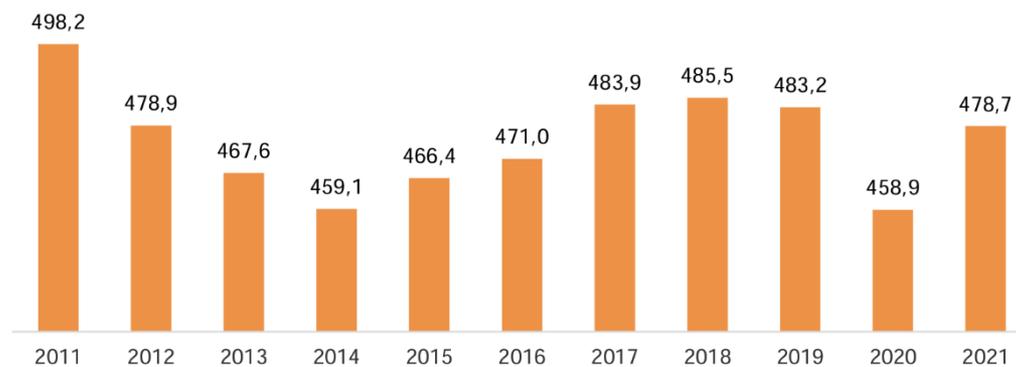
GENERACIÓN DE RSU



Instituto Nacional de Estadística, 27/11/2023

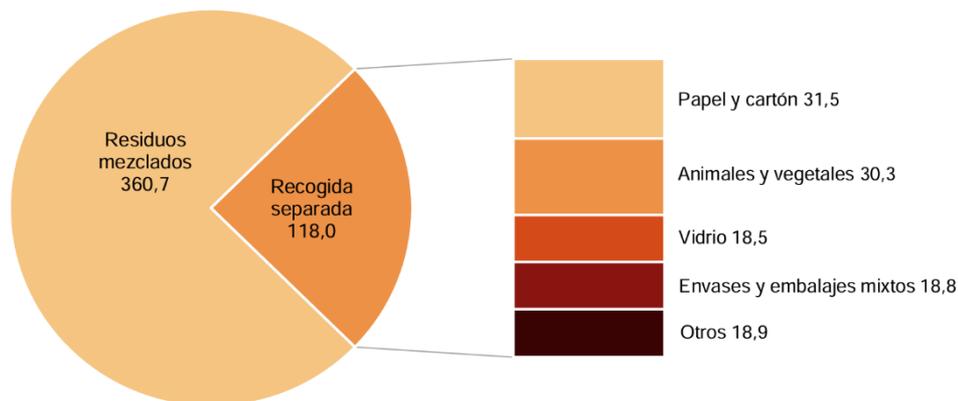
Recogida de residuos urbanos per cápita

Kilogramos por habitante



Recogida de residuos urbanos por tipo de residuo. Año 2021

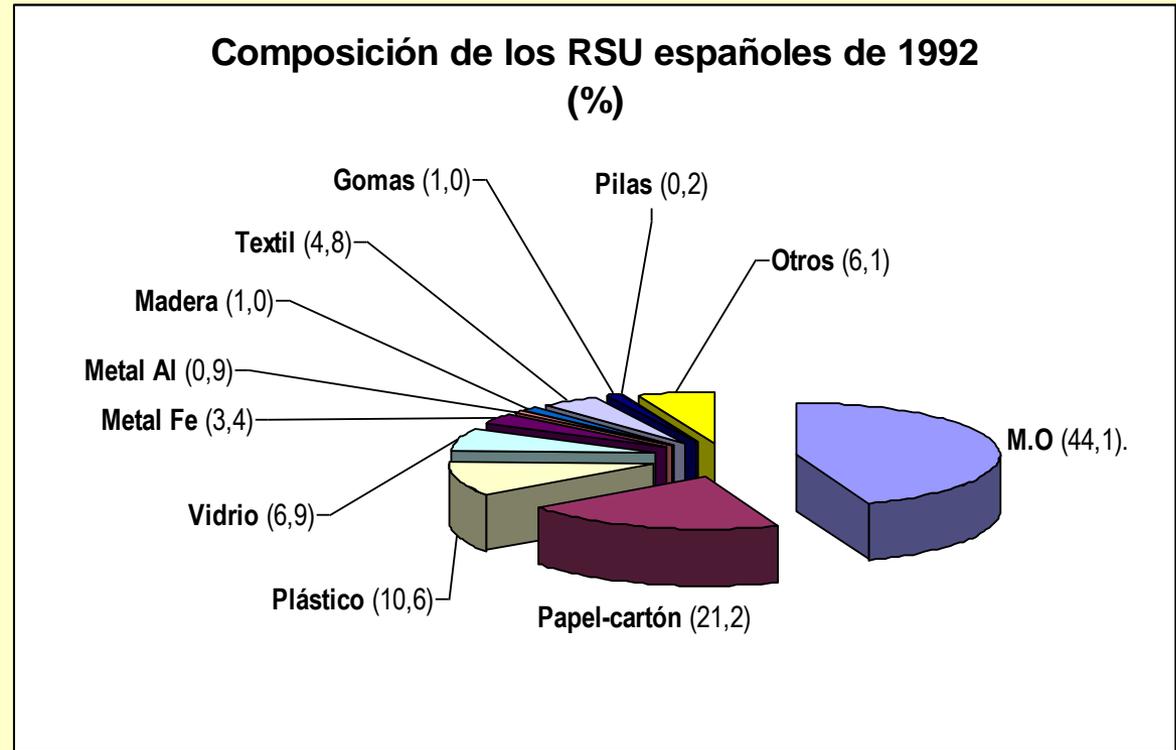
Kilogramos por habitante



COMPOSICIÓN DE LOS RSU

Clasificación:

M.O.
Papel-cartón
Plástico
Vidrio
Metal (Fe y Al)
Madera
Textil
Gomas
Tierras
Pilas y baterías
Otros



COMPOSICIÓN DE LOS RSU

Evolución de la composición

Tabla1. Composición de los Residuos Urbanos.

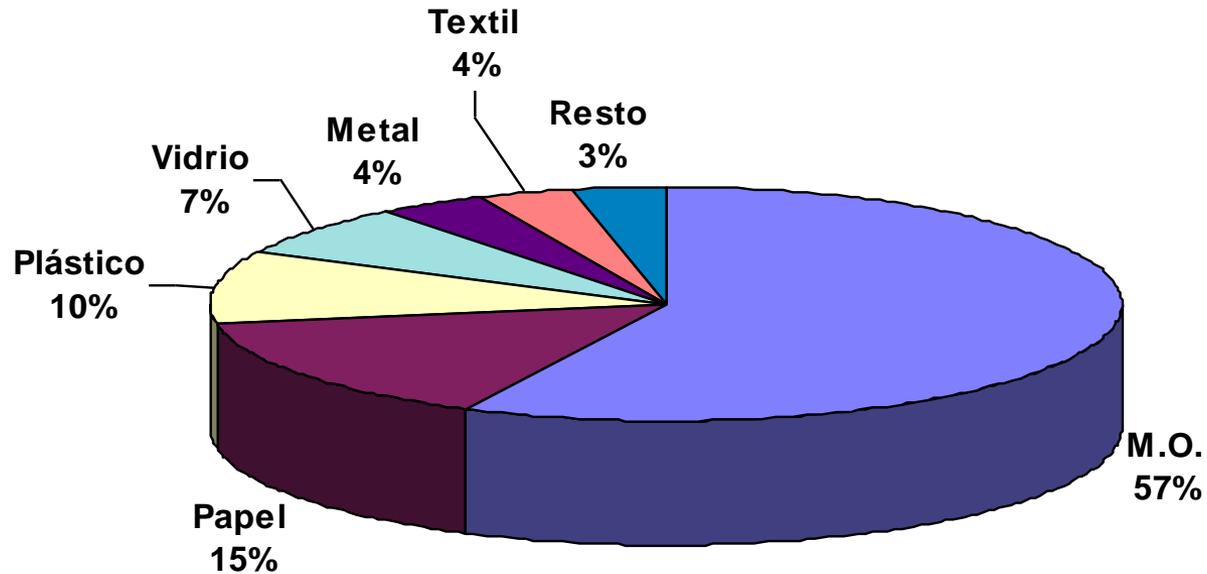
Fuente/ Ministerio de Medio Ambiente. Año 1995/2003.

Materiales	1995 *	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Materia orgánica	44 %	44.06 %	44.06 %	44.06 %	48.9 %	48.9 %	48.9 %	48.9 %	48.9 %
Papel	21 %	21.18 %	21.18 %	21.18 %	18.5 %	18.5 %	18.5 %	18.5 %	18.5 %
Plástico	10 %	10.59 %	10.59 %	10.59 %	11.7 %	11.7 %	11.7 %	11.7 %	11.7 %
Vidrio	7 %	6.93 %	6.93 %	6.93 %	7.6 %	7.6 %	7.6 %	7.6 %	7.6 %
Metales férreos	4 %	3.43 %	3.43 %	3.43 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %	2.5 %
Metales no férreos	1 %	0.68 %	0.68 %	0.68 %	1.6 %	1.6 %	1.6 %	1.6 %	1.6 %
Madera	1.5 %	0.96 %	0.96 %	0.96 %	0.6 %	0.6 %	0.6 %	0.6 %	0.6 %
Textil	5 %	4.81 %	4.81 %	4.81 %	3.7 %	3.7 %	3.7 %	3.7 %	3.7 %
Goma	2 %	1.01 %	1.01 %	1.01 %	-	-	-	-	-
Pilas y baterías	1 %	0.20 %	0.20 %	0.20 %	-	-	-	-	-
Varios	3.5 %	6.15 %	6.15 %	6.15 %	2.9 %	2.9 %	2.9 %	2.9 %	2.9 %
Complejos. Celulosa	-	-	-	-	-	-	-	2 %	2 %

* Estimación realizada por el Ministerio de Medio Ambiente a partir de los datos de 1996.

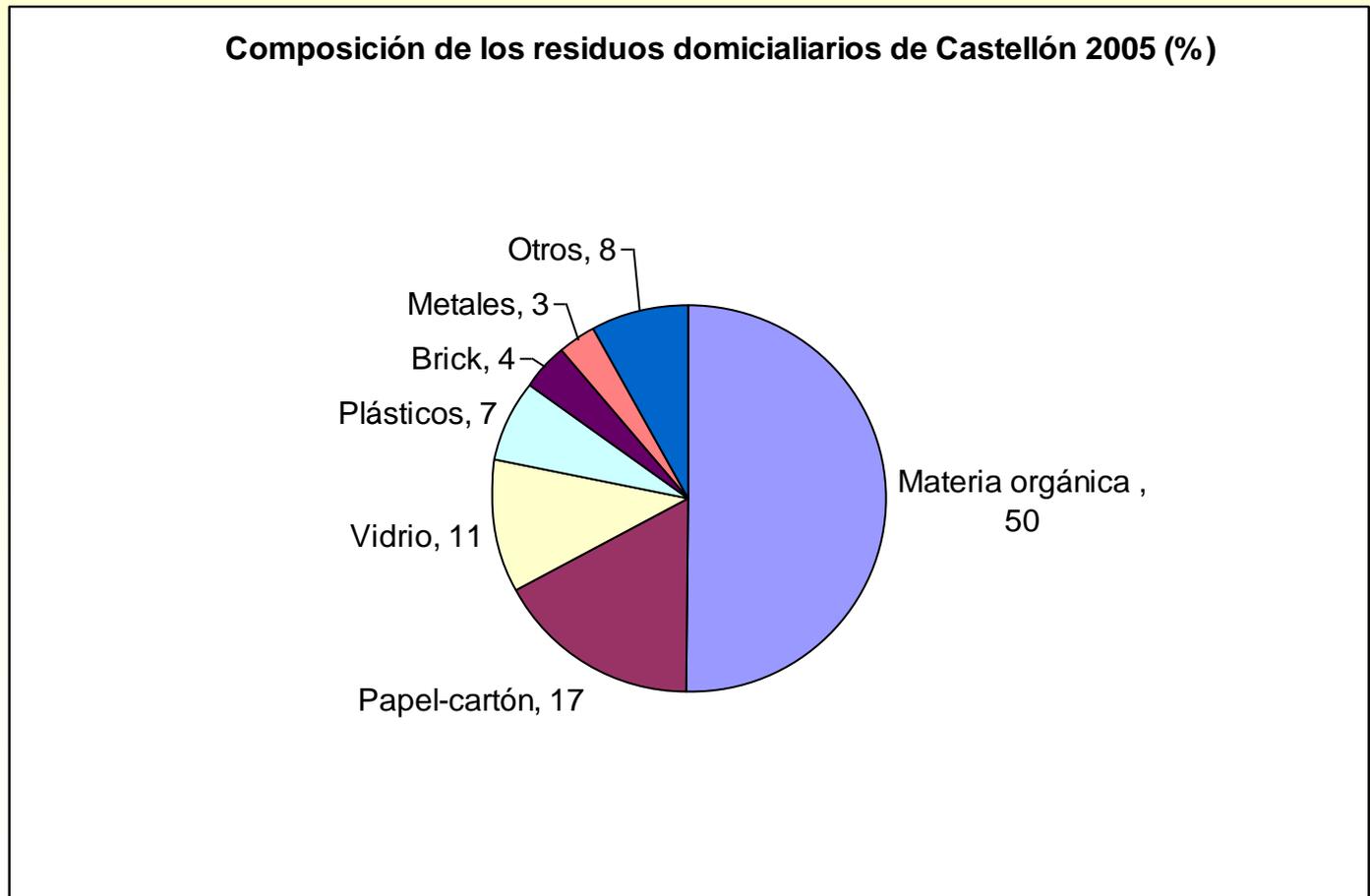
COMPOSICIÓN DE LOS RSU DE CASTELLÓN

Composición de los RSU de Castellón, 1998



Resultados obtenidos de la práctica del curso 2005-06. Asig: GRANDES PROBLEMAS AMBIENTALES DE NUESTRO TIEMPO

Tasa de generación diaria de residuos domiciliarios: 0,67 kg/hab-día



MATERIALES RECUPERABLES DE LOS RSU

TABLA 3.10

Materiales que se han recuperado de los RSU para su reciclaje^a

Material reciclable	Tipos de materiales y usos
Aluminio	Latas de cerveza y refrescos
Papel	
Papel de periódico usado (PPU)	Periódicos de quiosco o entregados a casa
Cartón ondulado	Empaquetamiento en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje
Papel de alta calidad	Papel de informática, hojas de cálculo blanco, recortes
Papel mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódico, revistas, y papel de fibras largas blanco o coloreado
Plásticos	
Poliéster tereftalato (PET/I)	Botellas de refrescos, botellas de mayonesa y aceite vegetal; película fotográfica
Poliéster de alta densidad (PE-HD/2)	Bidones de leche, contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocina
Poliéster de baja densidad (PE-BD/4)	Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas; bolsas de limpieza en seco y otros materiales de película

MATERIA

Material reciclable	Tipos de materiales y usos
Polipropileno (PP/5)	Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales
Poliestireno (PS/6)	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espuma, envases para comida rápida; cubiertos, vajillas y platos para microondas
Multilaminados y otros	Envases multilaminados, botellas de ketchup y mostaza
Plásticos mezclados	Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionado
Vidrio	Botellas y recipientes de vidrio blanco, verde y ámbar
Metal férreo	Latas de hojalata, bienes de línea blanca y otros productos
Metales no férreos	Aluminio, cobre, plomo, etc.
Residuos de jardín, recogidos separadamente	Utilizados para separar compost; combustible biomasa; cubrición intermedia de vertedero
Fracción orgánica de los RSU	Utilizado para preparar compost para aplicaciones de suelo; compost utilizado como cubrición intermedia de vertedero; metano; etanol y otros compuestos orgánicos; combustible derivado de residuos (CDR)
Residuos de construcción y demolición	Suelo, asfalto, hormigón, madera, cartón de yeso, grava, metales
Madera	Materiales para empaquetamiento, palets, restos y madera usada de proyectos de construcción
Aceite residual	Aceite de automóviles y camiones; reprocesado para reutilización o como combustible
Neumáticos	Neumáticos de automóviles y camiones; material de construcción de carreteras; combustible
Baterías ácidas de plomo	Materias de automóviles y camiones; trituradas para recuperar componentes individuales como ácido, plástico y plomo
Pilas domésticas	Potencial para recuperación de zinc, mercurio y plata

* Información detallada sobre las posibilidades para el reciclaje de los materiales individuales puede encontrarse en el Capítulo 15.

LA MINIMIZACIÓN



Reutilización

MINIMIZACIÓN

Reciclado

Reducción

Factores que influyen en la reducción de la generación:

- Reducción de envases
- Disminución de embalajes
- Incremento de los productos que contienen material reciclado
- Efecto de la legislación
- Efecto de la actitud pública

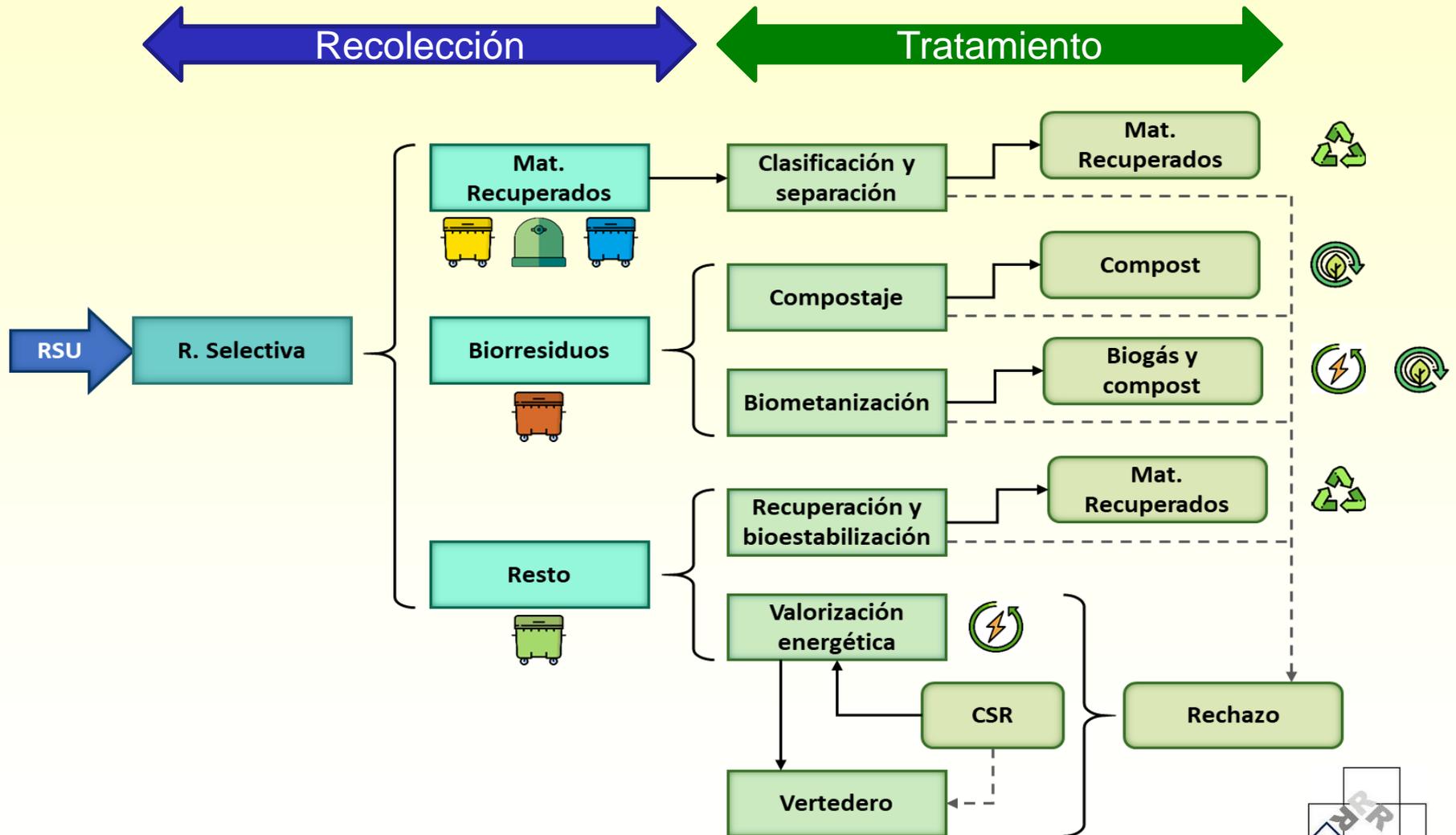


3. LA GESTIÓN DE LOS RSU

La gestión consiste en “la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas actividades, así como de los lugares de depósito o vertido después de su cierre” (Ley 7/22)



LA GESTIÓN DE LOS RSU



3.1. LA RECOGIDA SELECTIVA



“El sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de materiales valorizables contenidos en los residuos” (Ley 7/22)

PAPEL	Cartón Papel		
VIDRIO	Botellas de vidrio Botes de vidrio		
ENVASES	Corcho blanco (poliestireno expandido) Latas Tetrabriks Bolsas Envases de plástico		
TINTA	Cartuchos de tinta		
TÓNER	Tóners		
PILAS	Todo tipo de pilas		

LA RECOGIDA SELECTIVA

Materia orgánica →



Medicamentos →



Voluminosos (muebles, línea blanca, coches, etc)



Ropa →

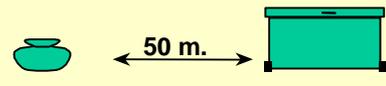
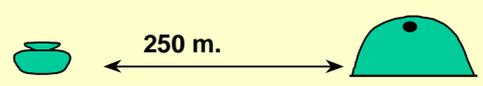
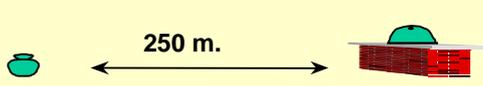
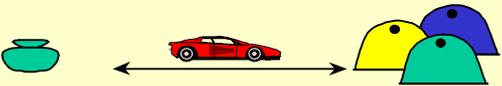


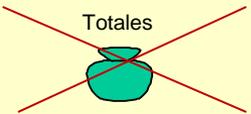
Residuos eléctricos-electrónicos →



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Niveles de almacenamiento

Nivel puerta a puerta mínima distancia al punto de depósito	
Nivel acera distancia < 50 m	
Nivel área aportación distancia < 250 m	
Nivel establecimiento Punto depósito en establecimientos	
Nivel instalación Pundo depósito alejado	

Sin fraccionar	
Dos fracciones: Materia fermentable y Resto	Fermentables  Resto 
Tres fracciones: Fermentable Ligeros y Resto	Fermentables  Resto  Ligeros 
Separación específica: Específicos y Resto	Resto  Específicos 

- Separación de los residuos en origen

Ant

LA RECOGIDA SELECTIVA

	ACERA	AREA APORTACIÓN
MODELO 1		  
MODELO 2	 	 
MODELO 3	 	 
MODELO 4	 	  
MODELO 5		 

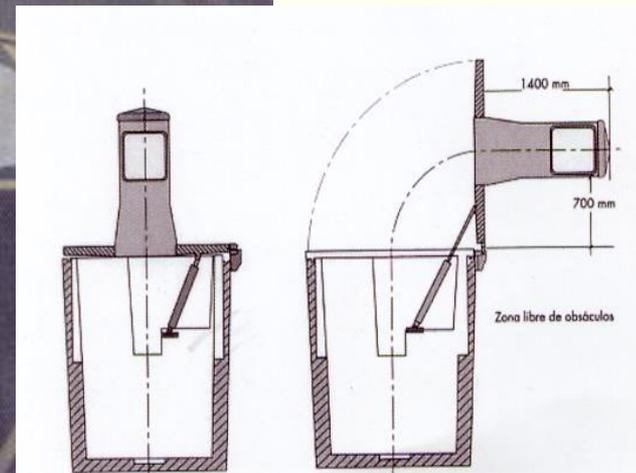
LA RECOGIDA SELECTIVA

Modelo 4 (implantado en Castellón):

- Separación en 5 fracciones: papel-cartón, vidrio, envases, biorresiduos y restos
- Recolección en acera de los biorresiduos y restos y en área de aportación el papel-cartón, vidrio y envases



LA RECOGIDA SELECTIVA



LA RECOGIDA SELECTIVA



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Recogida específica



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Recogida específica



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Ecoparque



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Área de Aportación Itinerante (Punto limpio móvil)



LA RECOGIDA SELECTIVA

- Área de Aportación Itinerante (Punto limpio móvil)



3.2. TRATAMIENTO: CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



La tecnología de procesado se ha desarrollado con la finalidad de recuperar de los RSU los materiales que tienen un valor económico

La actividad se desarrolla en las IRM

En las IRM se procesan:

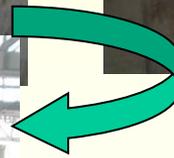
- RSU en masa
- RSU seleccionados (Envases)

Materiales recuperados:

- Papel
- Vidrio
- Plástico
- Metales
- MO



CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE ENVASES



CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE ENVASES

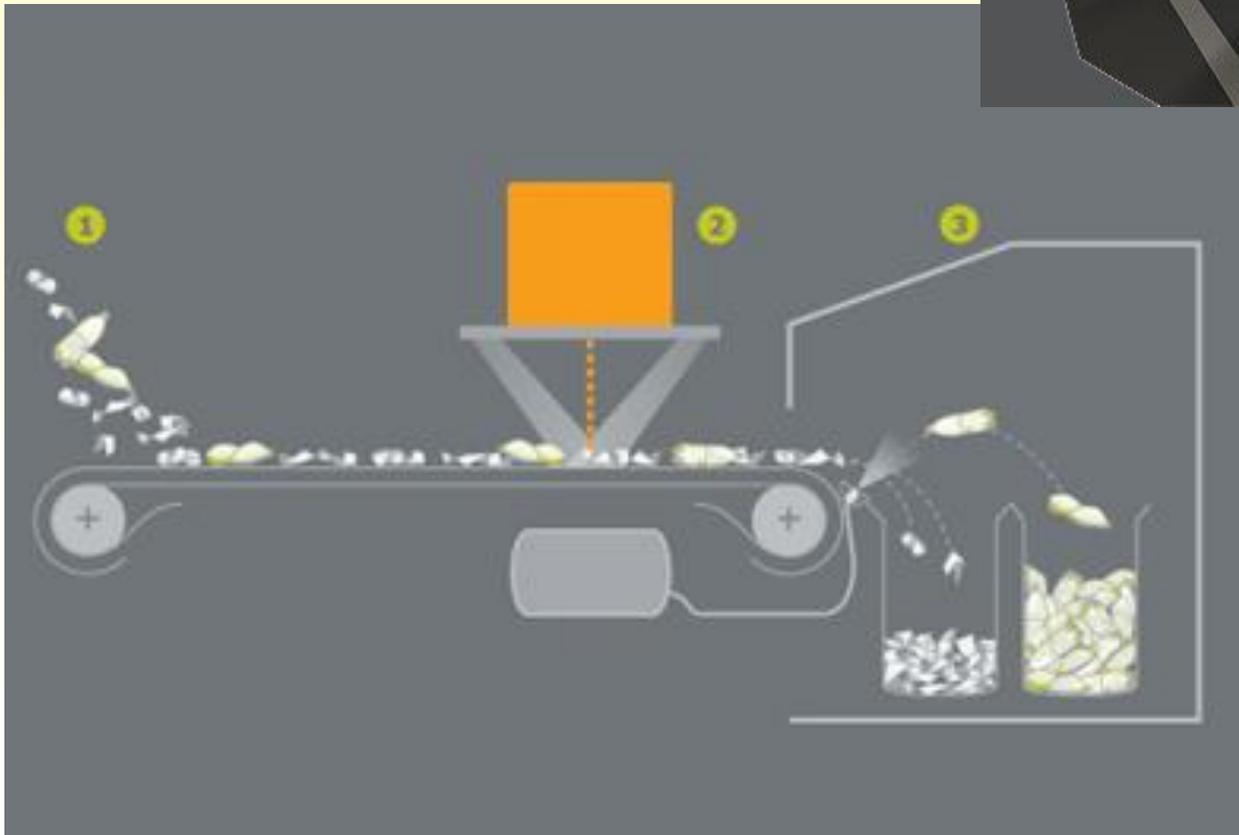


UNIZAR
1845

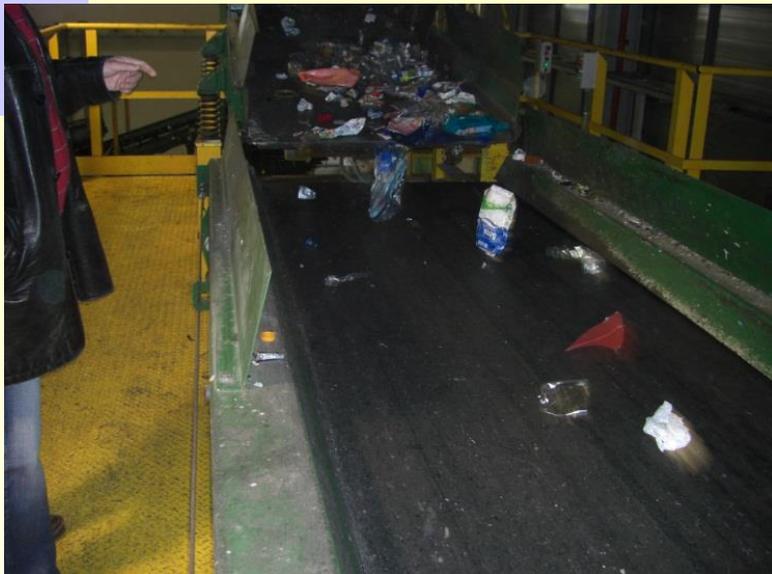


CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN

Separación óptica



LA CLASIFICACIÓN Y SEPARACIÓN



3.3. TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS



El tratamiento biológico de los RSU consiste transformar la fracción orgánica biodegradables en productos de conversión, con la ayuda de microorganismos.

Los procesos biológicos considerados son:

- Compostaje (tratamiento aerobio)
- Biometanización (digestión anaerobia)



Compostaje

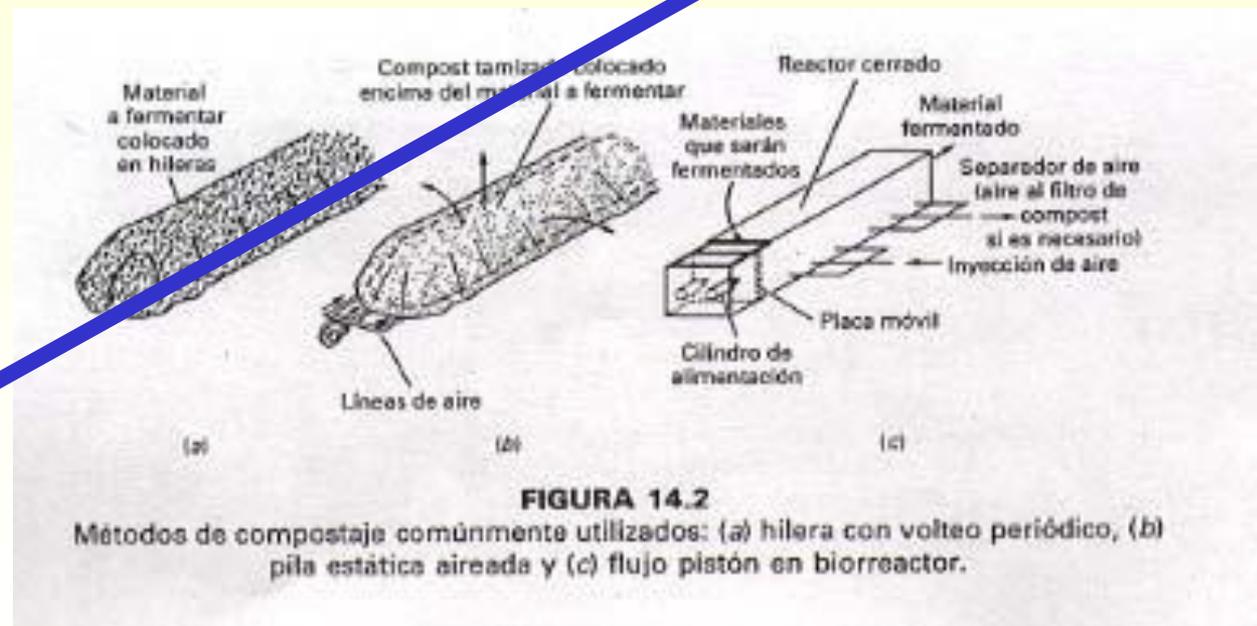
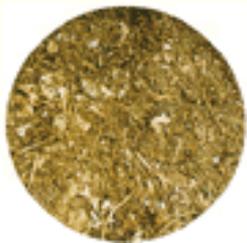
Se entiende por compostaje la descomposición biológica aerobia de residuos orgánicos en condiciones controladas.

Producto: compost (características similares al humus)



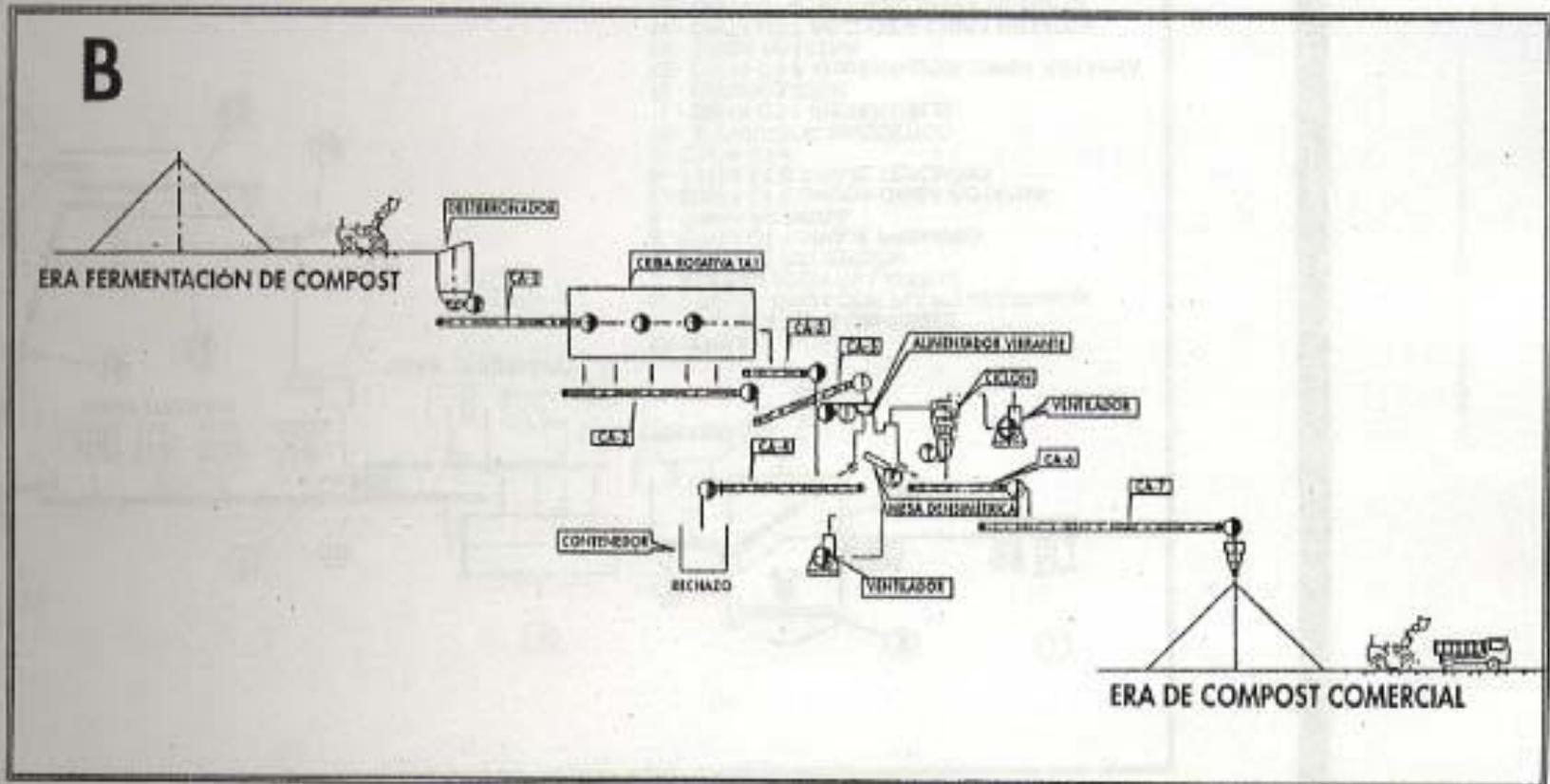
Métodos existentes:

- Hileras
- Pilas estáticas
- Biorreactor

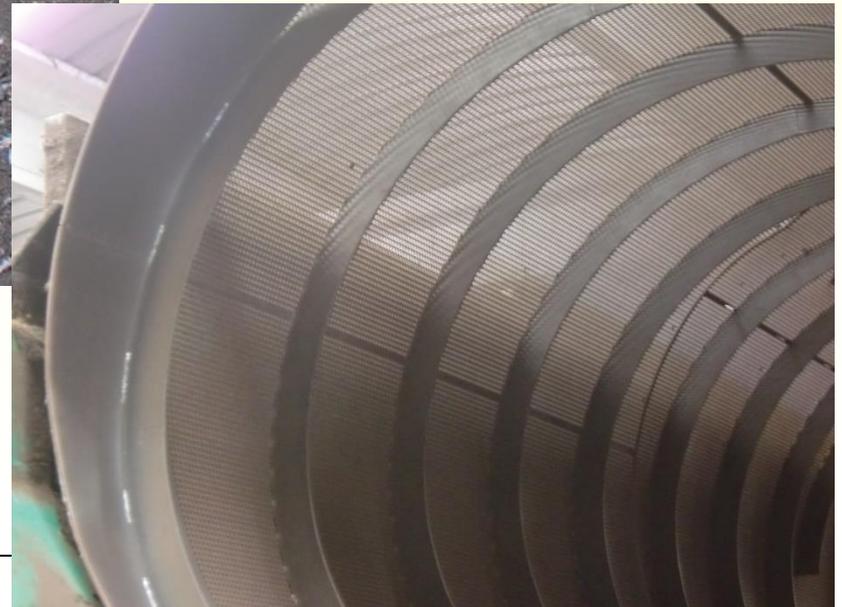


Compostaje

Figura 4.7. Esquema del proceso industrial del compostaje en la Planta de Ador (Continuación).



Compostaje



Compostaje



Antonio Gallardo Izquierdo



Biometanización



Se entiende por biometanización la descomposición biológica anaerobia de residuos orgánicos en condiciones controladas. Produce biogás y residuos orgánicos estabilizados (digestato).

Biogás: gas formado principalmente por metano y dióxido de carbono.

Etapas:

- **Selección**
- **Triturado**
- **Macerado**
- **Biometanización**
- **Estabilización del lodo (compostaje)**

Biometanización



UNIVERSITAT ZARAGOZA
VOLUME 1



Antonio Gallardo Izquierdo

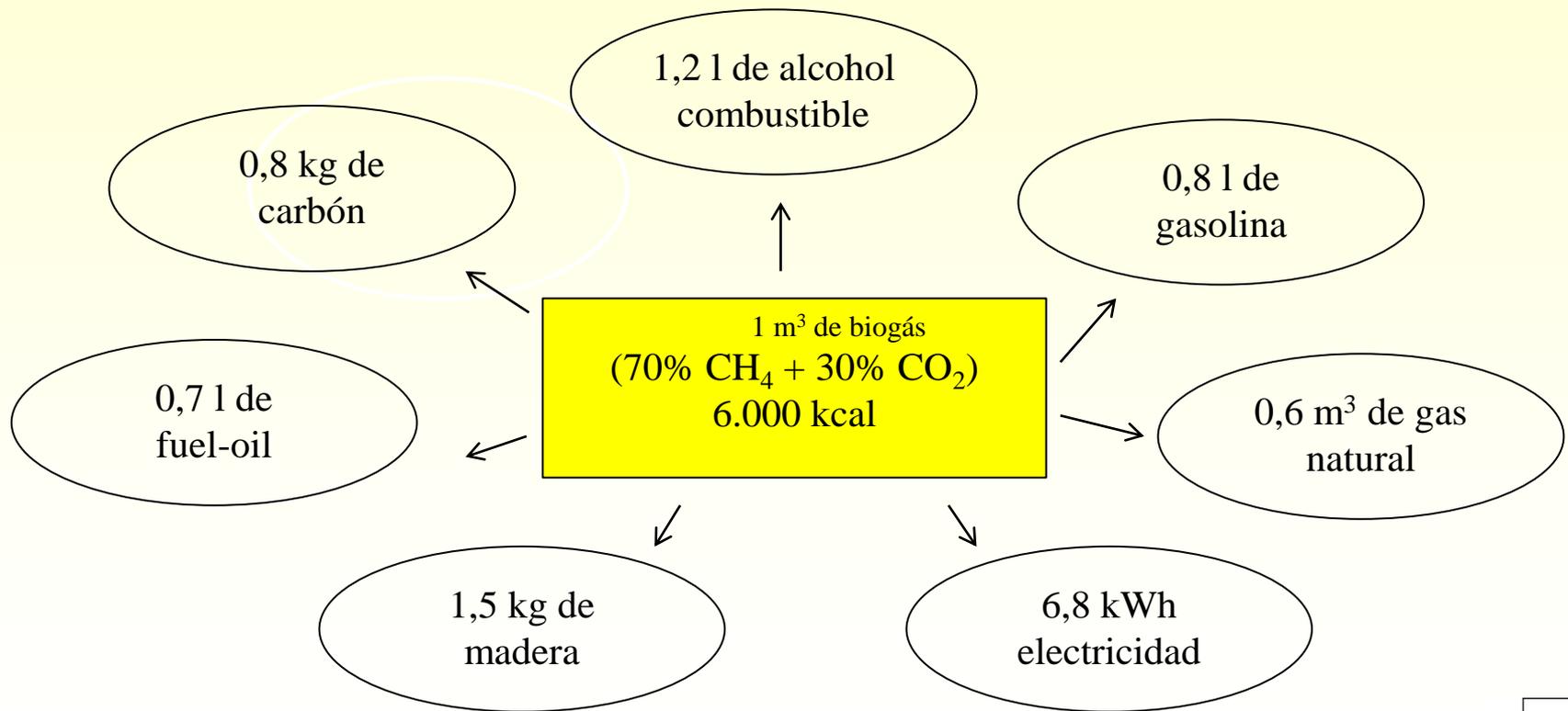


Biometanización



Producción: A partir de fracción orgánica de RSU: 140-160 Nm³/t
(Fte: Libro "Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario. Vol 1")

Equivalencias del biogás con otras fuentes de energía



3.4. TRATAMIENTO TÉRMICO



El tratamiento térmico de los RSU consiste la transformación de la fracción combustible en productos de conversión, con la simultánea emisión de energía en forma de calor.

La finalidad principal es la reducción del volumen y la recuperación de energía.

Es un elemento importante del sistema de gestión.

Existen diferentes métodos de conversión con un desigual desarrollo:

- Incineración
- Pirólisis
- Gasificación

Incineración con recuperación de energía



La incineración se define como el procesado térmico de los RSU mediante oxidación química en exceso de oxígeno.

La mayor ventaja está en la reducción de los RSU: 90% volumen

Productos:

- gases finales: NO_x, CO₂, H₂O
- sólidos: escorias y cenizas

Tipos de sistemas:

- RSU en bruto
- Combustible Sólido Recuperado (CSR)
(Combustible Derivado de Residuos: CDR)



Incineración con recuperación de energía



Incineración con recuperación de energía



París

Incineración con recuperación de energía



Viena

Incineración con recuperación de energía



Planta de valorización energética de Copenhague (Dinamarca)

Incineración con recuperación de energía



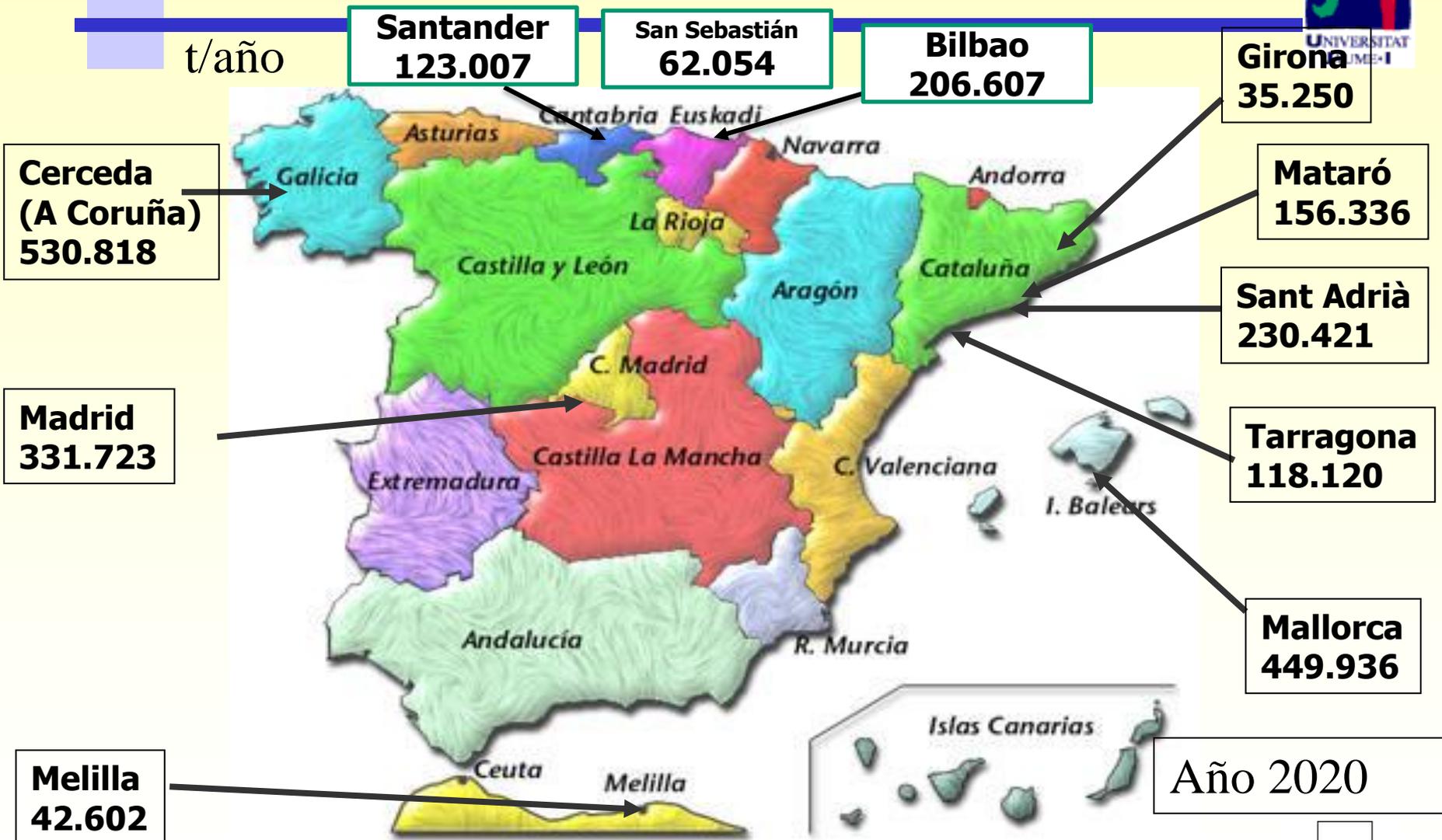
Mallorca

Incineración con recuperación de energía



UNIVERSITAT DE GIRONA

t/año



TOTAL DEL TERRITORIO ESPAÑOL

2.210.469 t/año (10,1 % del total de RSU generados), Fte: MTERD, 2022