



Análisis de la evolución de las plantas de TMB en España

# Análisis de la evolución de las plantas de tratamiento mecánico-biológico de residuos en España

Gallardo, A.; Edo, N.; Colomer, F.J.  
INGRES Ingeniería de Residuos. Universitat Jaume I

En España, en torno al 51% de los residuos sólidos urbanos (RSU) son sometidos a un tratamiento mecánico-biológico (TMB) antes de su disposición final en vertedero. Las instalaciones donde se lleva a cabo el mismo se pueden clasificar en tres tipos diferentes, las plantas de recuperación y compostaje, las plantas de biometanización y compostaje y las plantas de compostaje de la fracción orgánica recogida selectivamente (FORS). En ellas, aparece una primera etapa de separación de los materiales recuperables para su posterior reciclado y en una segunda donde se transforma la fracción orgánica biodegradable en un material bioestabilizado o compost. Además, en las plantas de biometanización y compostaje también se obtiene biogás.

En este trabajo se han cuantificado y tipificado las instalaciones de TMB existentes actualmente en España, así como los procesos llevados a cabo en las mismas. Además, a partir de los datos recopilados se ha calculado la evolución en el tratamiento de los RSU en este tipo de instalaciones en los últimos años. Para ello se han analizado los flujos de materiales entrantes y salientes para cada uno de los tipos de plantas de TMB. Este trabajo puede ser





una herramienta muy útil a la hora de estimar las necesidades futuras en cuanto a plantas de tratamiento y aprovechamiento de las distintas corrientes de materiales que salen de las mismas.

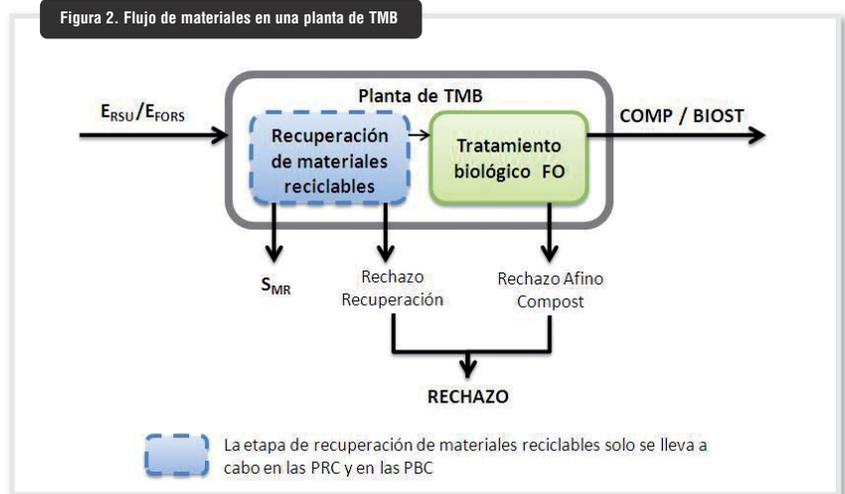
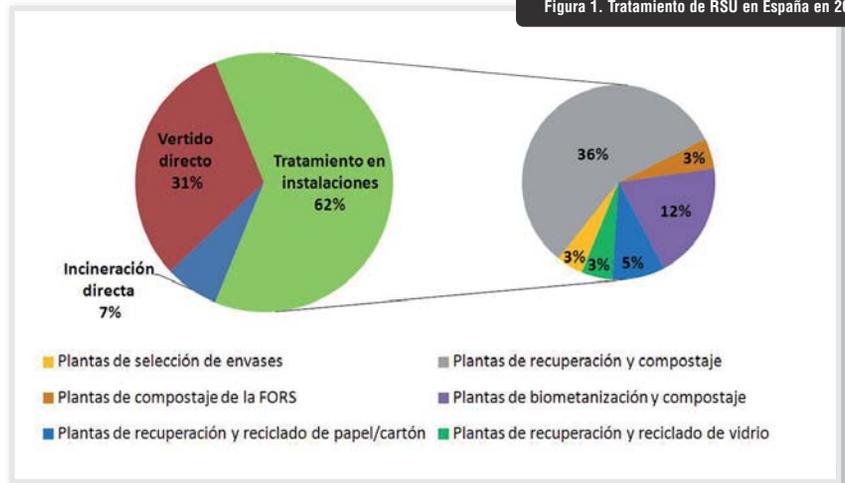
## INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocas décadas, la gestión de los RSU consistía en su eliminación mediante depósito en vertedero controlado. Sin embargo, en la actualidad ha experimentado una gran evolución para adaptarse a los principios del desarrollo sostenible.

Actualmente, distintas normativas de la UE y de España están potenciando que se lleve a cabo un mejor aprovechamiento de los residuos mediante los sistemas de recogida selectiva de diferentes materiales (vidrio, papel, cartón, aceites, envases, etc.) para su posterior reciclaje y el tratamiento previo al vertido de los residuos recogidos en masa o mezclados. Estas normativas tienen como objetivos la reducción del volumen generado y el aprovechamiento al máximo de sus recursos, consiguiendo de esa manera minimizar la cantidad de residuos enviada a vertedero.

En España la cantidad de RSU generados en el año 2011 fue de 23 millones de toneladas (INE, 2014), de las cuales 18,7 millones corresponden a RSU mezclados y el resto a RSU recogidos selectivamente, resultando una tasa de generación total de 1,35 kg/hab·día. De todos estos residuos, un 62% fue tratado en diferentes instalaciones, un 31% se vertió directamente en vertedero y un 7% se incineró directamente (figura 1).

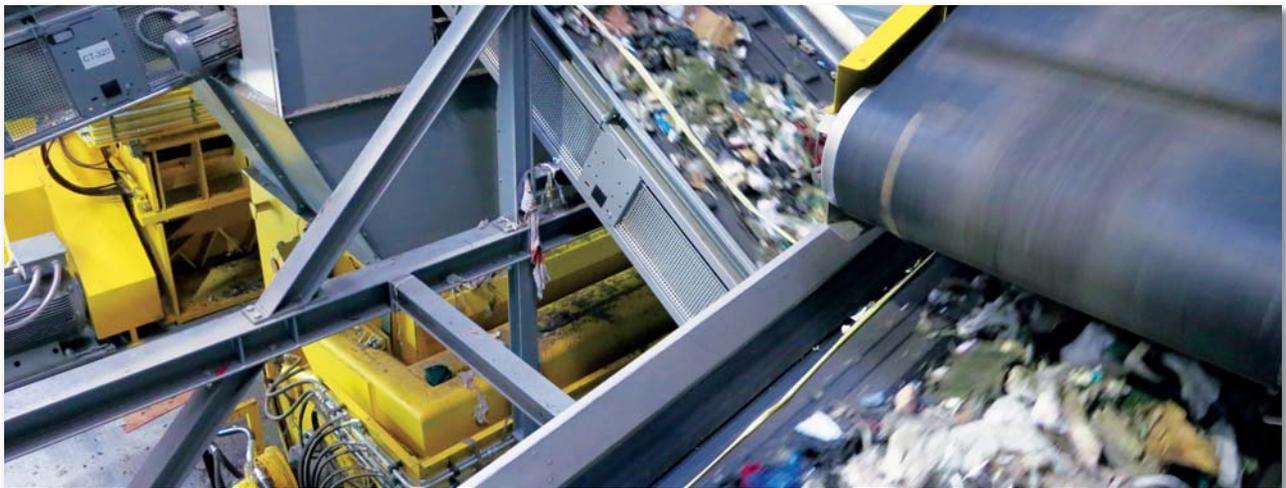
Como se puede ver en la figura 1, el 51% de los RSU generados son sometidos a un tratamiento mecánico-biológico, siendo este el principal tratamien-



to para los RSU mezclados. Además, si se diferencia entre los distintos tipos de plantas, la mayoría son tratados en plantas de recuperación y compostaje (PRC), un 36%, seguidas por las plantas de biometanización y compostaje (PBC), con un 12%, y las plantas de compostaje de la FORS (PCFORS) con un 3%.

Estos datos sobre generación, composición y tratamiento de los RSU son publicados por organismos e instituciones oficiales, lo que permite conocer el estado actual de su tratamiento así como su evolución en los últimos años. A raíz de esto se han planteado los dos objetivos de este trabajo de investiga-

ción. El primero de ellos ha sido realizar un estudio mediante la consulta de diferentes fuentes de información para cuantificar y tipificar las instalaciones de TMB existentes actualmente en España, así como los procesos de tratamiento llevados a cabo en las mismas. El segundo objetivo ha sido establecer cómo ha evolucionado el tratamiento de los RSU en este tipo de instalaciones, determinando los flujos de materiales entrantes y salientes para cada uno de los tipos de plantas en los últimos años. A partir de estos datos se puede hacer una predicción futura y plantear estrategias de gestión a nivel de Comunidades Autónomas (CCAA) o a nivel nacional.



### INFORMACIÓN NECESARIA

En primer lugar, se ha identificado la información necesaria para alcanzar los dos objetivos de este trabajo, para ello se ha diseñado un esquema genérico que representa el tratamiento llevado a cabo en los tres tipos de instalaciones de TMB, así como del flujo de materia existente en las mismas (Figura 2).

Como se ve en la figura 2, los flujos de materiales a tener en cuenta son: entrada bruta de RSU mezcla/FORS (ERSU/EFORS), la salida de materiales recuperados (SMR), el compost o bioestabilizado producido (COMP/BIOST) y el rechazo producido (RECHAZO). Se consideran materiales recuperados a los diferentes subproductos valorizables que se recuperan en las instalaciones y se entregan a empresas recicladoras. Además de estos flujos, también es necesario conocer el número, tipo y localización de las plantas de TMB, junto con los procesos llevados a cabo en ellas.

Así pues, una vez definida la información necesaria, se pasó a la búsqueda de la misma. Para ello se consultaron los datos proporcionados por diferentes organismos e instituciones en relación al tratamiento de residuos en este tipo de instalaciones. Durante

la fase de consulta y recopilación de datos se han revisado unas 110 fuentes de información diferentes, en todos los niveles de la administración. Por su extensión no se han referenciado todas las webs consultadas.

### LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO

De los tres tipos de plantas de TMB, las PRC son las instalaciones más extendidas a nivel nacional para el tratamiento de RSU mezclados. En ellas se lleva a cabo una separación de las diferentes fracciones con el fin de conseguir el máximo aprovechamiento. Por un lado se separan los subproductos valorizables presentes para su posterior reciclaje y por otro lado, la fracción orgánica biodegradable (FO) que se destina a bioestabilización. Como resultado de este tratamiento se obtiene un flujo de materiales recuperados, un flujo de bioestabilizado y al menos dos corrientes de rechazo (una en el proceso de recuperación de materiales y otra en el afino del bioestabilizado).

En PBC se tratan principalmente RSU mezclados, aunque algunas CCAA como las Islas Baleares, Cataluña y País

Vasco tratan también la FORS. En estas instalaciones se realiza una separación de la FO que se destina a biometanización y, por otro lado, se recuperan los materiales valorizables. Como resultado del proceso de biometanización se obtiene un biogás que se puede utilizar como combustible alternativo y un digestato que se somete a un proceso de compostaje. Los rechazos generados en estas instalaciones son de la misma naturaleza que los de las PRC.

Otro proceso de menor implantación es el tratamiento mecánico-biológico de la FORS en las PCFORS. Este tipo de residuo está formado en su mayoría por materia orgánica biodegradable y una pequeña cantidad de impropios, por lo que en primer lugar se somete a un proceso de limpieza y recuperación de materiales con el objetivo de acondicionar la fracción orgánica y, en segundo lugar, esta pasa al proceso de compostaje donde se obtiene el compost. Como resultado del proceso se generan dos corrientes de rechazo, una en el afino primario de la FORS y otra en el afino secundario del compost.

Por otra parte, dentro de cada tipo de planta también se puede hacer una diferenciación en función del proceso o tecnología utilizada tanto para la recu-



peración de materiales como para el proceso de compostaje. En función del proceso de recuperación se puede diferenciar entre las plantas automáticas (AUT), donde la separación es llevada a cabo por una serie de automatismos y separadores ópticos, y las plantas manuales (MANU) donde el proceso de recuperación consiste en un triaje manual llevado a cabo por operarios.

En cuanto al compostaje, en este trabajo se han diferenciado tres tipos de sistemas. El compostaje en pilas en nave abierta (NA), que se lleva a cabo en el interior de una nave sin cerramientos laterales o en una explanada de compostaje con volteo periódico. El compostaje en pilas o meseta en nave cerrada (NC), donde el proceso se lleva a cabo

en una nave completamente cerrada. Por último, el sistema de compostaje en túneles (T), que es aquel que se desarrolla en una serie de compartimentos, normalmente de hormigón y planta rectangular, que pueden ser estáticos (sin volteo de la FO) o dinámicos (con volteo de la FO). En ellos se tiene un control total de todos los parámetros del proceso.

### SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO EN ESPAÑA

Tras la búsqueda, consulta y recopilación de los datos proporcionados por las diferentes fuentes se ha determinado que, a finales del año 2013, España

contaba con 118 plantas de TMB de RSU. De ellas, 69 corresponde a plantas de recuperación y compostaje, 25 a plantas de biometanización y compostaje y 24 a plantas de compostaje de la FORS. Su distribución a nivel de CCAA se puede ver en la tabla 1.

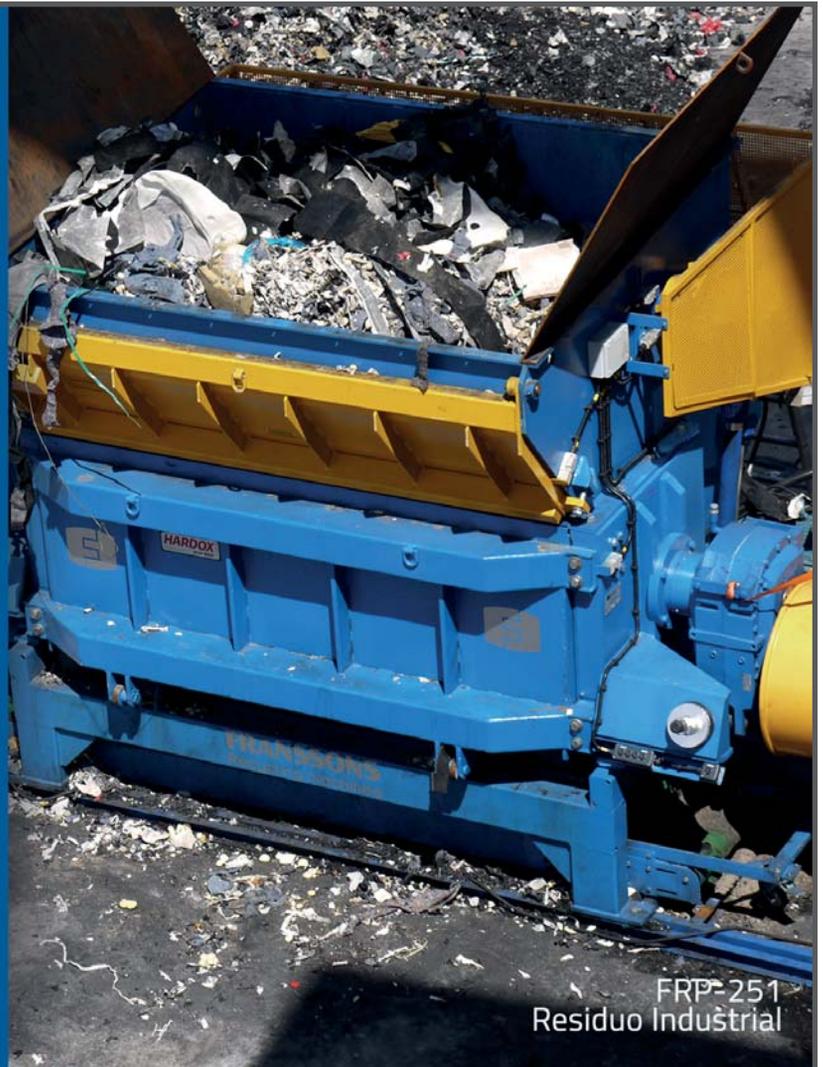
Como se puede observar en la tabla 1, en todo el territorio español existe un alto grado de cobertura en cuanto a instalaciones de TMB, existiendo instalaciones de este tipo en todas las CCAA. Andalucía y la Comunidad Valenciana son las CCAA con mayor número de PRC, con 21 y 12 instalaciones respectivamente. Además, en la Comunidad Valenciana existe una instalación en la que se realiza un biosecado de los RSU previo a la etapa de

**FRANSSONS**  
Recycling machines

- › Trituradores
- › Molinos
- › Transportadores

Desde 1945.

Franssons Máquinas de Reciclaje SL  
C/Platino 4 Polígono Sur  
Colmenar Viejo (Madrid)  
[www.franssons.com](http://www.franssons.com)  
TL+34 918 469 000



FRP-251  
Residuo Industrial



**Tabla 1. Distribución de las plantas de TMB en España en 2013**

CCAA	PRC	PBC	PCFORS
Andalucía	21	1	1
Aragón	-	1	-
Principado de Asturias	-	1	-
Islas Baleares	1	1	1
Canarias	3	1	-
Cantabria	1	-	-
Castilla - La Mancha	8	-	-
Castilla y León	7	5	-
Cataluña	2	6	18
Comunidad Valenciana	12	2	-
Extremadura	7	-	-
Galicia	-	1	1
Comunidad de Madrid	1	3	-
Región de Murcia	5	-	-
Navarra	-	1	1
País Vasco	1	1	2
La Rioja	-	1	-
<b>España</b>	<b>69</b>	<b>25</b>	<b>24</b>

recuperación de materiales reciclables. Por otro lado, en Cataluña es donde se encuentran más PBC (6 instalaciones) y PCFORS (18 instalaciones).

Por otro lado, a partir de la consulta bibliográfica, también se han establecido los diferentes procesos de tratamiento que se llevan a cabo en cada planta, así como el número de plantas. En la tabla 2 se puede ver estos datos a nivel nacional.

En relación al proceso utilizado en la recuperación de los materiales reciclables, en la mayoría de los casos ésta se realiza de forma manual. Tan solo existe una recuperación automática en 25 de las 118 instalaciones, de las cuales 18 son PRC y 7 son PBC. En cuanto al compostaje, el uso de los diferentes sistemas está más igualado, sobre todo en el caso de las PRC. Para las PBC el proceso mayoritario es el compostaje en túneles, con 13 instalaciones de este tipo. Mientras que en las PCFORS el compostaje

**Tabla 2. Plantas de TMB en España en 2013**

				Tipo de proceso				
				Recuperación de materiales		Compostaje		
Nº de instalaciones		Tipo de RSU tratado		Aut	Manual	NA	NC	T
España	PRC	69	RSU mezclado y FORS	18	51	20	23	25
	PBC	25	RSU mezclado y FORS	7	18	2	8	13
	PCFORS	24	FORS	-	24	14	-	10
	<b>Total</b>	<b>118</b>		<b>25</b>	<b>93</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>48</b>

se lleva a cabo principalmente en nave abierta (14 instalaciones), destacando la inexistencia de plantas que lo realicen en nave cerrada.

## EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL TRATAMIENTO DE RSU EN LAS PLANTAS DE TMB

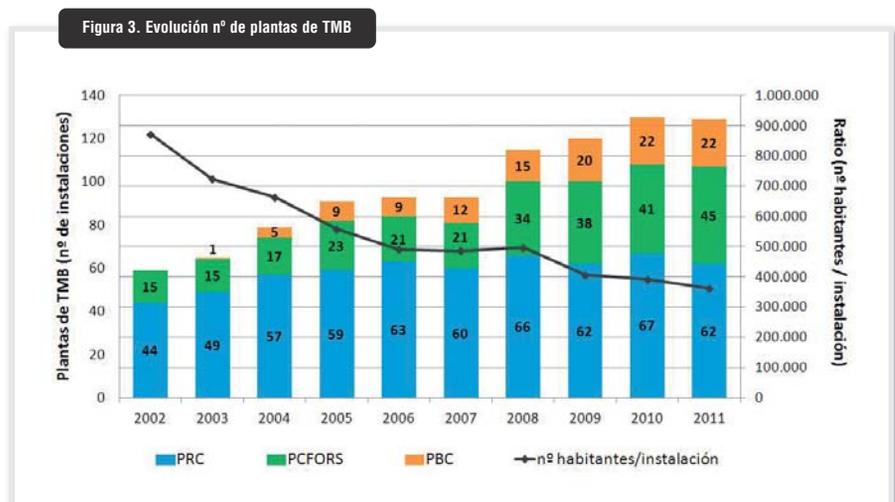
El análisis de la evolución del tratamiento de RSU en las plantas de TMB se ha realizado a partir de los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) en sus Anuarios Estadísticos. En estas publicaciones se hace una recopilación anual de los datos estadísticos relacionados con la actividad de este departamento, incluido el tratamiento de RSU en las diferentes

instalaciones. Por otro lado, entre los años 2003 y 2007 el entonces Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino publicó una serie de Memorias sobre el Medio Ambiente en España, donde también aparece información sobre la gestión de RSU existente en ese momento en el país.

Así pues, a partir de los datos de ambos documentos se ha establecido la evolución de este tipo de tratamiento en relación, tanto al número de instalaciones como a los diferentes flujos de entrada y salida de materiales existentes en las mismas, entre los años 2002 y 2011.

### Número de instalaciones

En España el número de plantas de TMB existentes ha ido creciendo con el





paso de los años, desde las 59 instalaciones en 2002 hasta las 129, más del doble, en 2011 (figura 3). Además, el ratio que relaciona el nº de habitantes por instalación ha ido disminuyendo desde los casi 900.000 habitantes por instalación en el año 2002 hasta los 360.000 en el 2011.

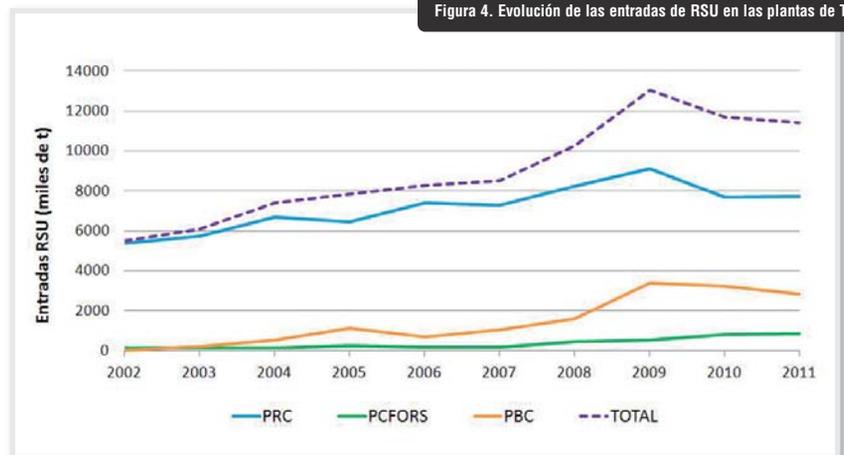
Como se observa en la figura 3, las instalaciones mayoritarias son las PRC, estabilizándose el número de estas alrededor de 65 a partir del año 2008. La variación que se observa es debida al cierre y apertura de algunas plantas para renovar la tecnología de las mismas. Las PBC son las que se encuentran en menor número, la primera de ellas aparece en el año 2003 y van aumentando su presencia paulatinamente hasta las 22 instalaciones en el año 2011. El número de PCFORS también ha crecido con el paso de los años hasta las 45 plantas existentes en 2011. El aumento más importante se da entre los años 2007 y 2008 con un incremento de 13 instalaciones. Hay que tener en cuenta que los datos del Ministerio incluyen dentro de esta categoría las plantas de compostaje de residuos biodegradables que no provienen de los RSU (como pueden ser los restos agrícolas, forestales o lodos de EDAR), no haciendo distinción entre ellas. En el año 2013 las PCFORS que procesan solamente FORS son 25 (tabla 1).

### Entradas de RSU

Las entradas de residuos en los diferentes tipos de instalaciones de TMB también han tenido una evolución ascendente con el paso del tiempo (figura 4). De forma global, las entradas de RSU se han duplicado en estos 10 años, pasando de los 5 millones de toneladas a casi los 12 millones, siendo



Figura 4. Evolución de las entradas de RSU en las plantas de TMB



las más importantes las correspondientes a las PRC. A partir del año 2009 las entradas de RSU en las plantas de TMB sufren un ligero descenso. Una posible causa podría ser el estancamiento del número de instalaciones alrededor de 130, haciendo que la capacidad de tratamiento en España no aumente y, por tanto, tampoco las cantidades tratadas. Este descenso también puede estar relacionado con la crisis económica. Ésta comenzó alrededor del 2008 y ha tenido como consecuencia la menor comercialización y consumo de todo tipo de productos, disminuyendo también la generación de residuos relacionados con este consumo.

Por otro lado, tanto la generación de RSU (INE, 2014) como la recogida de RSU mezcla, han ido disminuyendo desde el año 2007, tal y como se indica en la figura 5. Sumando los efectos de la bajada en la generación con la subida en el tratamiento, se llega a que en los 10 años estudiados ha aumentado notablemente la cantidad de los RSU mezclados que son tratados en este tipo de instalaciones. Este hecho está en el buen camino para el cumplimiento de los objetivos marcados por la legislación actual en relación al tratamiento y valorización de los RSU.

Para el año 2011 se dispone de datos específicos sobre las cantidades trata-



das de RSU mezclados. En concreto, de los 18,7 millones de toneladas, el 6,8% son llevados directamente a incineración, el 62,4% a plantas de TMB y el 30,8% a vertedero. Así pues, la reducción del porcentaje destinado a vertido directo se convierte en uno de los retos a abordar en el futuro de la gestión de RSU en España.

## Materiales reciclables recuperados

En cuanto al flujo de salida correspondiente a los materiales reciclables, la cantidad recuperada de éstos ha ido creciendo año a año igual que ocurría con la entrada de residuos, ya que ambas están muy relacionadas. Sin embargo, se observa que a partir del año 2010 las cantidades de materiales recuperados decrecen (figura 6). Por otro lado, el porcentaje de recuperación en relación a los residuos entrantes se ha mantenido en valores muy similares en todo el periodo, alrededor del 3 o 3,5% (exceptuando el año 2009), lo que indica que el rendimiento de recuperación de los materiales valorizables en estas instalaciones no ha variado en los últimos años.

Atendiendo a los diferentes materiales recuperados, los porcentajes de papel/cartón, pero sobre todo de vidrio, han ido disminuyendo con el paso de los años como se ve en la figura 6. Esto puede ser debido a que se ha ido incrementando la recogida selectiva de estos materiales y con ello aparecen en menor cantidad en los RSU mezclados. Sin embargo, no ocurre lo mismo con los metales y plásticos, cuyos porcentajes de recuperación han aumentado.

## Compost y material bioestabilizado

La evolución de la producción de compost y bioestabilizado en las plan-

Figura 5. Evolución de la generación de RSU y las entradas en las plantas de TMB

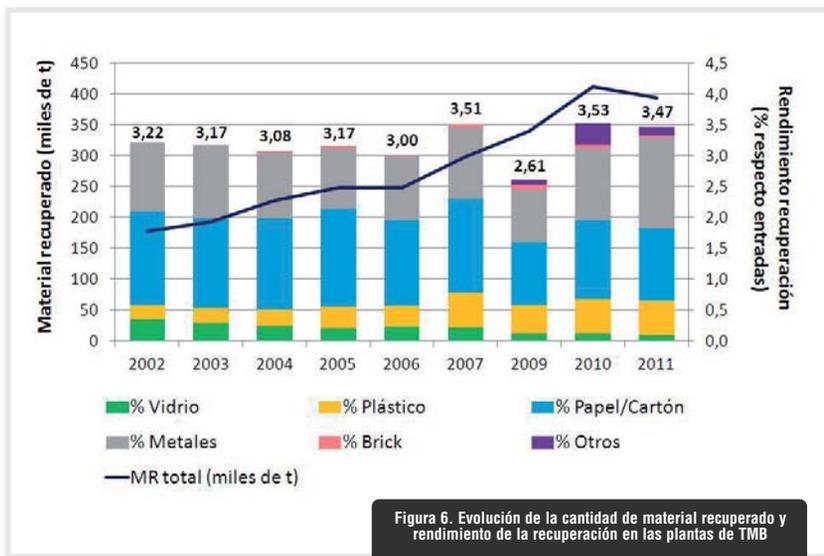
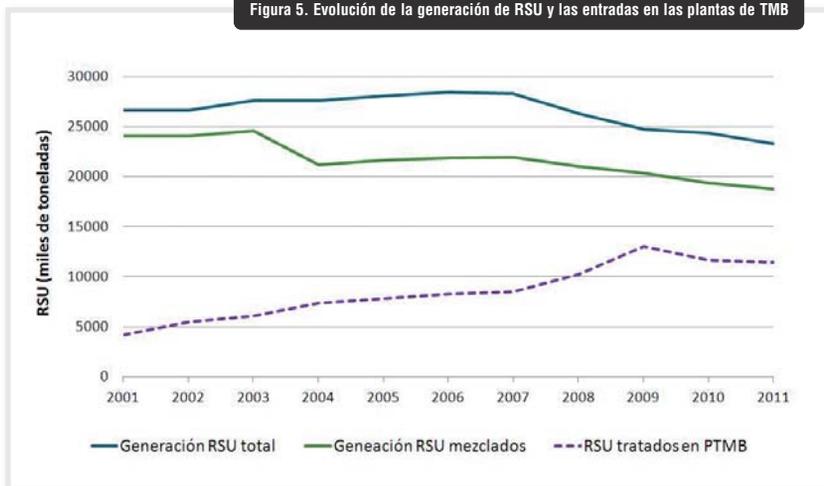
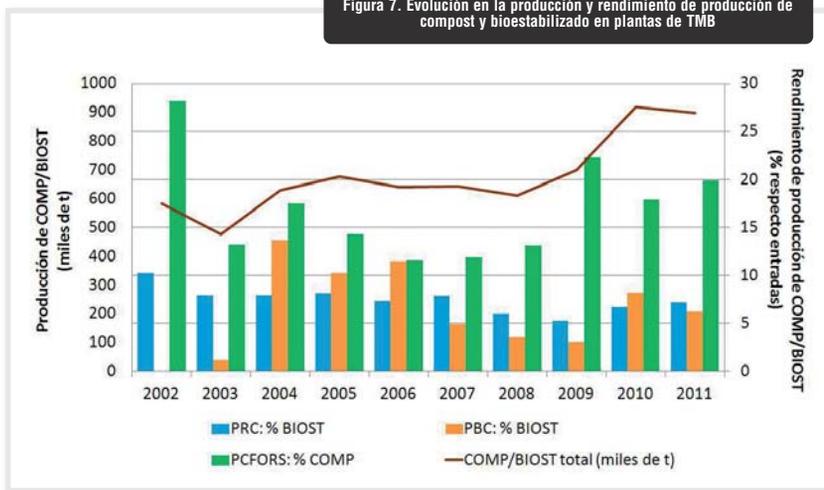


Figura 6. Evolución de la cantidad de material recuperado y rendimiento de la recuperación en las plantas de TMB

Nota: Debido a que para el año 2008 los datos para algunas CCAA aportados por el Ministerio estaban incompletos se ha optado por eliminar de la serie ese año

Figura 7. Evolución en la producción y rendimiento de producción de compost y bioestabilizado en plantas de TMB





tas de TMB en España hasta el año 2008 se mantuvo más o menos estable alrededor de las 650.000 t/año (figura 7). Esta producción ha aumentando de año 2008 al 2011 hasta las 900.000 t.

En la figura 7 también se muestra cómo ha evolucionado el rendimiento de producción de compost y bioestabilizado en función del tipo de planta de TMB. En las PRC este rendimiento disminuye ligeramente entre los años 2002 al 2009, pasando del un 10% a un 5% de los RSU entrantes. En los dos años siguientes aumenta a valores cercanos a la media de todo el periodo estudiado, de 7,45%. En el caso de las PBC, el rendimiento es mayor desde el 2004 al 2006, con una media de 11,78%, bajando a valores del 5% entre los años 2007 al 2011. En cuanto a las PCFORS, destaca que su rendimiento

es superior. Entre los años 2003 al 2008, el rendimiento medio fue del 13,60%, aumentando en los años siguientes hasta valores entorno al 20%. Esta mejora en el rendimiento puede ser debida a la mejor separación y recogida selectiva de la fracción orgánica contenida en los RSU, que a su vez tiene como consecuencia que la materia prima entrante a estas instalaciones sea de mayor calidad y con un menor contenido en impropios. Hay que puntualizar que, en el caso de las PCFORS, existe una corriente de residuos entrantes que no se contabiliza. Ésta corresponde al material estructurante utilizado en el proceso de compostaje, normalmente residuos de poda y siega.

### Rechazos

Otro de los flujos de materiales sa-

lientes de las plantas de TMB son los rechazos generados en el proceso de tratamiento. Como ocurre en los casos anteriores, la cantidad de rechazo generado en estas plantas es mayor con el paso de los años, debido en gran medida a que la entrada de RSU en estas instalaciones también aumenta año tras año (figura 8).

En la figura 8 se puede observar la evolución del porcentaje de RSU que acaban como rechazo en cada tipo de instalación. Para las PRC este porcentaje aumenta ligeramente hasta el año 2011, donde alcanza su valor máximo con un 73,27% del material entrante. En las PBC se dan unos valores similares a los de las PRC, alcanzando también en el año 2011 el porcentaje de rechazo más alto con un 75,01%. Por último destaca

# GH

## ESPECIALISTAS EN FABRICACIÓN DE GRÚAS PARA EL SECTOR DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

- Polipastos eléctricos, monorraíles.
- Grúas, Grúas puente, Grúas pórtico.
- Grúas de brazo giratorio.
- Balancines porta bobinas.
- Montajes de maquinaria de elevación en general.

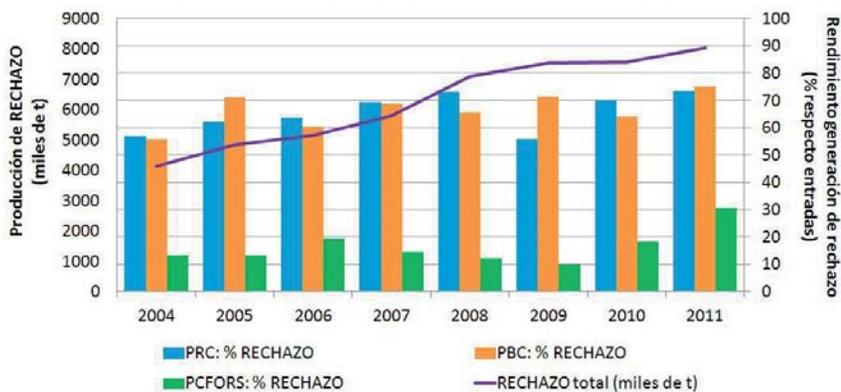
**OFICINAS CENTRALES:**  
TEL.: +34 943 888 721  
FAX.: +34 943 805 660  
E-MAIL: GHSA@GHSA.COM  
APDO. 27 - Bº SALBATORE  
20200 BEASAIN (GIPUZKOA)  
WWW.GHSA.COM

**FÁBRICAS:**  
GH BEASAIN (GIPUZKOA)  
GH OLABERRIA (GIPUZKOA)  
GH BACAICOA (NAVARRA)  
GH ALSASUA (NAVARRA)

ONTE ROLANTE SUWNICE GRUAS CRANES PONT-ROULANT PONTE ROLANTE SUWNICE GR



Figura 8: Evolución en la producción y el rendimiento en la generación de rechazo en plantas de TMB en España



que en las PCFORS la generación de rechazo es mucho menor, esto se debe a que los residuos entrantes en estas plantas (la FORS) tienen un menor contenido en impropios que los RSU mezclados. Entre los años 2004 a 2010 la generación media de rechazo en este tipo de plantas fue del 14,33%, pero este valor aumenta considerablemente en el año 2011, alcanzando el 30,63% de la FORS entrante. En ese año se detectó que una instalación aumentó de forma muy importante su producción de rechazo, lo que ha hecho subir enormemente la media.

## CONCLUSIONES

Actualmente, el 51% de los RSU generados en España reciben un tratamiento mecánico-biológico. Tras el análisis de la situación actual se ha determinado que a finales del año 2013 existían 118 instalaciones repartidas en todas las CCAA.

La recuperación de materiales se realiza de forma manual en la mayoría de los casos, contando tan solo 25 plantas con recuperación automática. En relación al proceso de compostaje, en las plantas de biometanización y compostaje

el sistema predominante es el compostaje en tuneles, con 13 instalaciones de 25. En las plantas de compostaje de la FORS el proceso se realiza en nave abierta, con 14 instalaciones de 24. Sin embargo en las plantas de recuperación y compostaje la utilización de los diferentes sistemas esta más igualado.

Por otro lado, en este trabajo también se ha analizado la evolución del tratamiento de los RSU mezcla y la FORS en este tipo de instalaciones en los últimos 10 años, lo que ha permitido extraer varias conclusiones. En España, a pesar de que la generación de estos residuos no ha aumentado desde el año 2007, sí lo han hecho las cantidades tratadas en estas instalaciones. Esto está en la senda del cumplimiento de los objetivos de la legislación actual referente al tratamiento y valorización de los RSU.

En cuanto a la recuperación de materiales, el rendimiento de las instalaciones no ha variado en los últimos años. Sin embargo, sí que lo ha hecho la composición de esta corriente, aumentando la cantidad de metales y plásticos recuperados y disminuyendo la cantidad de vidrio y papel/cartón, lo cual vislumbra un incremento en la separación en origen de estos materiales.





Como era de esperar, cuando se analiza la producción de compost destaca el mayor rendimiento de las PC-FORS. Esto se debe a que en estas instalaciones se trata la FORS, que tienen un menor contenido en impropios que los RSU mezclados.

Por último, se ha observado que en los últimos años el porcentaje de rechazo generado en los tres tipos de instalaciones estudiadas no han variado notablemente. No obstante, las cantidades producidas sí que ha ido aumentando hasta llegar a las 8 millones de toneladas en 2011. Esto supone que una gran cantidad de los RSU que entran en este tipo de instalaciones terminan como rechazo. De ahí la importancia de, por una parte, buscar alternativas para aumentar la cantidad de material recuperado en estas instalaciones y, por otra, buscar procesos o sistemas para la valorización de estos rechazos, consiguiendo de esta forma un mayor aprovechamiento de los recursos contenidos en los RSU.

### REFERENCIAS

Colomer, F.J. & Gallardo, A. (2007). Tratamiento y gestión de residuos sólidos. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Instituto Nacional de Estadística (INE). Encuesta sobre recogida y tratamiento de residuos. Residuos urbanos. (4 de marzo de 2014). Disponible en: <http://www.ine.es>

MAGRAMA (2013). Anuario de estadística 2012. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Obtenido de: [http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE\\_2012\\_Completo.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE_2012_Completo.pdf)

MAGRAMA (2012). Anuario de estadística 2011. Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Obtenido de: [http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2011/AE\\_2011\\_Completo.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2011/AE_2011_Completo.pdf)

MARM (2011). Anuario de estadística 2010. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural



y Marino. Obtenido de: [http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2010/AE\\_2010\\_Avance.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2010/AE_2010_Avance.pdf)

MARM (2010). Anuario de estadística 2009. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Obtenido de: [http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2009/AE\\_2009\\_Completo.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2009/AE_2009_Completo.pdf)

MARM (2009). Anuario de estadística 2008. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Obtenido de: [http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2008/AE\\_2008\\_Completo.pdf](http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2008/AE_2008_Completo.pdf)

MARM (2008). Medio ambiente en España 2007: Estado y evolución del medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/memoria-2007.aspx>

MARM (2007). Medio ambiente en España 2006: Estado y evolución del medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/e>

[estadisticas-ambientales/memoria-2006.aspx](http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/memoria-2006.aspx)

MARM (2006). Medio ambiente en España 2005: Estado y evolución del medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/memoria-2005.aspx>

MARM (2005). Medio ambiente en España 2004: Estado y evolución del medio ambiente. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/memoria-2004.aspx>

MARM (2004). Medio ambiente en España 2003: Estado del medio ambiente y evolución. Madrid, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-ambientales/memoria-2003.aspx>

Pizarro, J.A. & Ozcáriz, J. (2009). Informe "hacia el vertido cero". Ecosessions 2009. Salón Ecocity & Industry, Barcelona.