

Incidencia de los materiales improprios sobre la calidad del compost producido en las plantas de tratamiento biológico de Cataluña

Luís Campos Rodrigues¹, Ignasi Puig Ventosa¹, Albert García Ruiz², Teresa Guerrero Bertrán², Marga López Martínez³, Francesc Xavier Martínez Farré³
¹ENT Environment & Management | www.ent.cat • ²Agència de Residus de Catalunya | <http://residus.gencat.cat>
• ³Universitat Politècnica de Catalunya | www.upc.edu

La calidad del compost producido en las plantas de tratamiento biológico está influenciada por diversos factores. Entre estos se incluyen la cantidad y composición de los improprios existentes en la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) recogida selectivamente, así como diversas características de las propias plantas (p.e. el tipo de tratamiento utilizado o la duración de los procesos de descomposición y maduración). La aplicabilidad del compost como abono orgánico en actividades como la agricultura y jardinería necesita cumplir con criterios de calidad específicos (p.e. bajo contenido de metales pesados en el compost), de acuerdo con lo especificado en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

Este artículo resume el estudio “Análisis de la incidencia de los improprios de la FORM sobre la calidad del compost de las plantas de compostaje de Cataluña”.¹ Este estudio se centró en el diagnóstico del efecto de los improprios y de otras variables (p.e. tipo de tecnología de descomposición de las plantas, duración de la producción, etc.) en la calidad del compost producido, que fue caracterizada a partir de diversas varia-



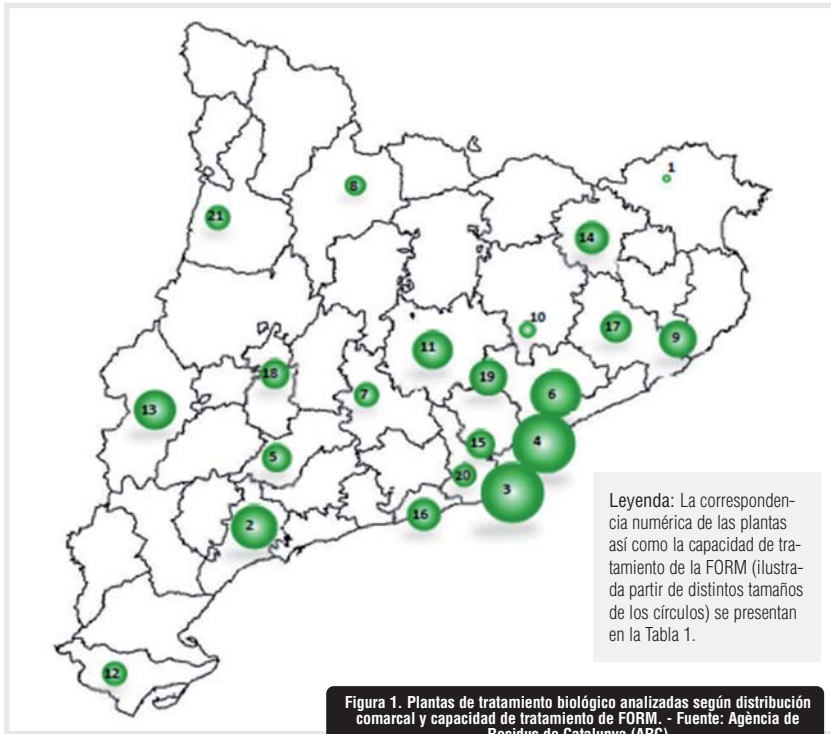


Figura 1. Plantas de tratamiento biológico analizadas según distribución comarcal y capacidad de tratamiento de FORM. - Fuente: Agència de Residus de Catalunya (ARC)

Tabla 1. Plantas de tratamiento biológico analizadas

Nº	Planta	Tipo de gestión	Sistema de tratamiento	Capacidad de tratamiento (t/año)
1	Boadella i les Escaules	Pública	C	100
2	Botarell	Pública	C	25.000
3	Ecoparc 1 (Barcelona)	Privada	DA+C	90.000
4	Ecoparc 2 (Montcada i Reixac)	Privada	DA+C	90.000
5	Espluga de Francolí	Pública	C	5.000
6	Granollers	Pública	DA+C	45.000
7	Jorba	Privada	C	7.400
8	La Seu d'Urgell	Privada	C	2.300
9	Llagostera	Privada	C	18.000
10	Malla	Pública	C	1.500
11	Manresa	Pública	C	20.000
12	Mas de Barberans	Pública	C	5.000
13	Montoliu de Lleida	Privada	C	10.000
14	Olot	Privada	C	10.000
15	Sant Cugat del Vallès	Privada	C	7.000
16	Sant Pere de Ribes	Pública	C	13.700
17	Santa Coloma de Farners	Privada	C	12.500
18	Tàrraga	Pública	C	7.000
19	Terrassa	Privada	DA+C	20.000
20	Torrelles de Llobregat	Privada	C	4.500
21	Tremp	Pública	C	2.000

Fuente: Agència de Residus de Catalunya (ARC).
Leyenda: C (compostaje); DA+C (digestión anaerobia y posterior compostaje).

bles (p.e. presencia de metales pesados, conductividad eléctrica, test de autocalentamiento, etc.). Es decir, no únicamente demostrar que la presencia de improprios afecta la calidad del compost, hecho sobre el cual existen numerosos estudios, sino también valorar en qué grado y qué tipo de improprios presenta mayor efecto contaminante y sobre qué parámetros se refleja. Para ese fin, se procedió a un análisis basado en la estadística descriptiva univariante y bivariante y en el desarrollo de modelos de regresión múltiple. Se utilizó la base de datos de la Agència de Residus de Catalunya (ARC) referente a las caracterizaciones trimestrales de la FORM recogida selectivamente, incluyendo información sobre la presencia y composición de los improprios, así como las analíticas de compost producido durante el periodo 2010-2014. Esta base de datos exhaustiva es única y ya fue analizada en estudios previos. Por ejemplo, Puig Ventosa *et al.* (2013) se centró en el estudio de la relación entre el nivel de improprios existente en la FORM y los factores socio-económicos y tipología de los servicios de recogida de los municipios de Cataluña.

Los siguientes apartados del presente artículo se estructuran de la siguiente forma: en el segundo apartado se caracterizan las plantas de tratamiento biológico consideradas en el análisis; en el tercer apartado se presenta las caracterizaciones de la FORM; el cuarto apartado incide sobre la calidad del compost producido en las plantas consideradas; y el quinto apartado presenta las conclusiones.

Autor para correspondencia: Luis Campos Rodríguez. Tel.: +34 938 935 104. E-mail: lcampos@ent.cat.

¹ El estudio fue realizado por la Fundació ENT y la Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB - UPC) por encargo de la Agència de Residus de Catalunya (ARC). Se puede acceder al informe final del estudio en el siguiente enlace: http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/materia_organica_form_-_fv/jornades_estudis_i_enllacos_impropis-FORM-i-qualitat-del-compost.pdf.



Tabla 3. Datos de balance de plantas de tratamiento biológico, 2010-2014

Indicadores	2010	2011	2012	2013	2014	Promedio
FORM tratada (Total; t)	380.683	382.668	352.997	360.144	346.814	364.661
Entradas de fracción vegetal (Total; t)	33.998	33.029	29.350	28.820	26.604	30.360
Impropios (Total; t)	52.277	50.610	51.688	51.944	47.210	50.746
Salidas de rechazo (Total; t)	132.129	151.606	140.273	150.722	153.173	145.581
Salidas de compost (Total; t)	32.637	60.813	42.375	38.649	26.071	40.109
Entradas de fracción vegetal respecto a FORM tratada (%)	8,9	8,6	8,3	8,0	7,7	8,3
Salidas de rechazo respecto a FORM tratada (%)	34,7	39,6	39,7	41,9	44,2	40,0
Impropios respecto a salidas de rechazo (Ratio; t)	1 : 2,5	1 : 3	1 : 2,7	1 : 2,9	1 : 3,2	1 : 2,9
Impropios respecto a FORM tratada (%)	13,7	13,2	14,6	14,4	13,6	13,9
Salidas de compost respecto a FORM tratada en plantas públicas (%)	8,6	15,9	12,0	10,7	7,5	11,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC)

Tabla 2. Características generales de las plantas de tratamiento biológico, 2010-2014

Variable	Promedio	Mín.	Máx.
Duración descomposición (días)	23,86	14	49
Duración maduración (días)	55,90	12	98
Duración total (descomposición y maduración) (días)	79,76	33	140
Diámetro tromel pretratamiento (mm)	80	80	80
Diámetro tromel refino (mm)	11,05	10	16

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC)

Las plantas analizadas presentaron una duración media del proceso de descomposición y maduración de la FORM de 79,8 días. El diámetro de paso del tromel de pretratamiento es de 80 mm en todas las plantas, mientras que el del tromel de refinado varía entre 10 y 16 mm (Tabla 2).

CARACTERÍSTICAS DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES (FORM) RECOGIDA SELECTIVAMENTE

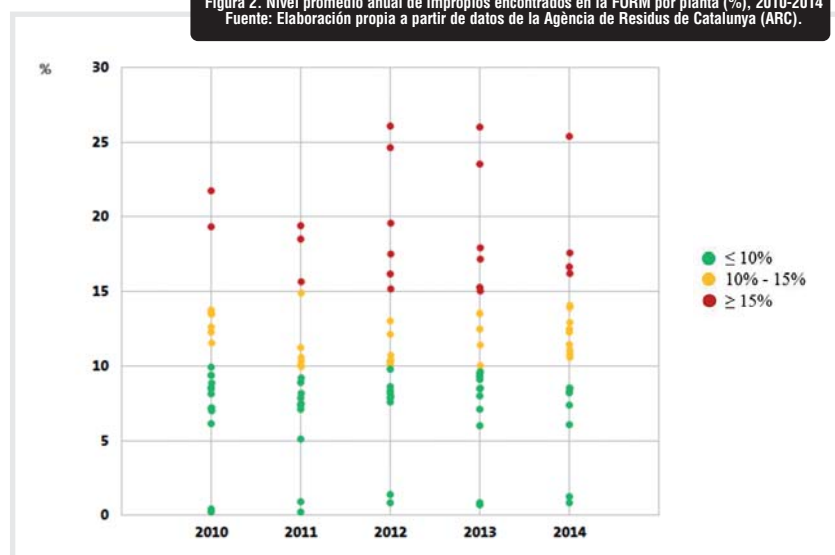
LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO

Este artículo se centra en el análisis de 21 plantas de tratamiento biológico de Cataluña (Figura 1).² Estas plantas realizan el tratamiento de la FORM recogida selectivamente según el proceso de compostaje o de digestión anaeróbica con posterior compostaje. La capacidad de tratamiento, medida en toneladas (t) de FORM tratadas al año, toma un promedio de 18.857 t/año, representando los Ecoparc de Barcelona y de Montcada i Reixac la capacidad máxima (90.000 t/año) y la planta

de Boadella i les Escuals la mínima (100 t/año)³. El tipo de gestión de las plantas varía de forma casi equitativa entre privadas y públicas (Tabla 1).

Según los datos presentados en la

Figura 2. Nivel promedio anual de impropios encontrados en la FORM por planta (%), 2010-2014
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC).



² El estudio analiza plantas de titularidad pública a excepción de las plantas de Orís, Sort y Clariana de Cardener. Las plantas de titularidad privada fueron igualmente excluidas del análisis.
³ Corresponde a la capacidad de la planta durante el periodo de análisis. Su capacidad actual es de 350 t/año.

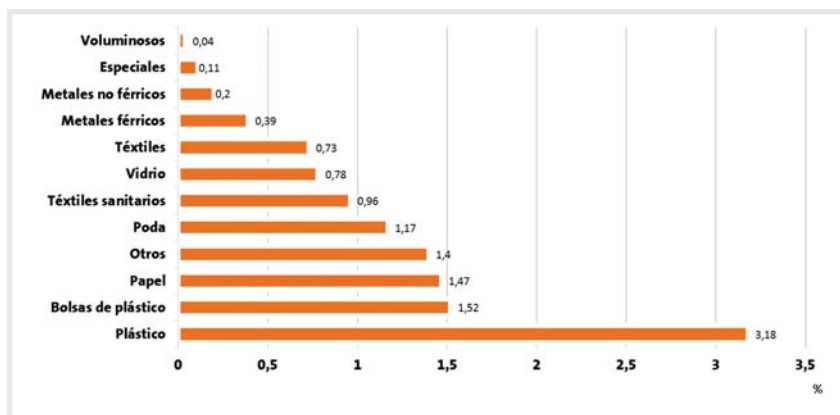


Figura 3. Composición de los impropios existentes en la FORM (promedio trimestral: %), 2010-2014
 Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC).
 Nota: Los impropios referentes a la categoría "otros" incluyen, por ejemplo, cápsulas de café, colillas de cigarrillos y materiales de cerámica, mientras que los impropios especiales se refieren a materiales como baterías, residuos de medicamentos, latas de pintura, etc.⁹

Tabla 3, se trataron, en promedio anual, 364.661 t entre 2010 y 2014 en las 21 plantas analizadas. Las salidas de compost alcanzaron un promedio anual de 40.109 t, representando el 11% de la FORM tratada, un valor inferior al esperado teniendo en cuenta las mermas normales en un proceso de compostaje, y provocado por las pérdidas de materia orgánica en el rechazo generado en el pretratamiento. En relación al rechazo, este representó, en promedio, el 40% de la FORM tratada. Se estima que por cada 2,9 t de rechazo, 1 t se refiere a impropios, correspondiendo la diferencia a material orgánico perdido. La proporción de los impropios con respecto a la FORM tratada alcanzó un promedio de 13,9%.⁴

Un análisis más detallado sobre la presencia de los impropios al nivel de planta indica que la mayoría de las plantas recibió la FORM con un contenido en impropios entre el 0 y el 15% durante el periodo analizado. Los valo-

res oscilaron entre un mínimo de 0,2% en 2010 y un máximo de 26,08% en 2012. En los últimos tres años del análisis se observó un incremento en el número de plantas con un nivel promedio de impropios superior a 15% (Figura 2).

En relación a la composición de los impropios, el plástico, las bolsas de

plástico y el papel fueron los tres materiales más predominantes con porcentajes de 3,18%, 1,52% y 1,47% de la FORM, respectivamente. En el lado opuesto, los metales no férricos, impropios especiales y voluminosos tuvieron menor presencia en la FORM con 0,2%, 0,11% y 0,04% del total, respectivamente (Figura 3).

LA CALIDAD DEL COMPOST

Parámetros de calidad del compost

La Tabla 4 presenta un resumen de diversas características de calidad del compost. Los valores promedios de las analíticas trimestrales indican que se produce un compost de buena calidad dado que se respetan, en todos los casos, los niveles sugeridos en la legislación (Real Decreto 506/2013) y en su mayoría los valores aconsejados por la Agencia de Residuos de Catalunya

⁴ Los valores anuales medios de impropios se han obtenido con las medias ponderadas de impropios de los circuitos de recogida entrados a cada una de las plantas, realizando posteriormente la media aritmética entre las plantas.

⁹ http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_daactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/materia_organica_form_-_lv/dades_quantitatives_i_qualitatives_de_la_recollida_selectiva_de_la_form/protocol_caracteritzacio.pdf

UNTHA
shredding technology

The reliable brand!

Revolutione su producción de CDR/CSR

¡AHORROS DE 7,5 € POR TON!

SUS VENTAJA:

- > Trituración de precisión en un solo paso
 - hasta 15 t/h < 30 mm
 - hasta 30 t/h < 80 mm
- > Los costes de funcionamiento más bajos del mercado
- > Sin rival en horas de trabajo útil

UNTHA Iberica S.A.
 Polígono de Sigüeiro - Parcela 58, 15688 Sigüeiro - Orosa / A Coruña
 Tel.: +34 981 69 10 54 , Fax: +34 981 69 08 78, info@untha-iberica.com, www.untha-iberica.com

Tabla 4. Análíticas trimestrales de compost, 2010-2014

Indicadores	Promedio	Mín.	Máx.	Desviación estándar	Límites legislación según RD506/2013	Valores aconsejados
Materia seca (% smh)	71,07	29,00	90,24	10,14	-	> 60%
Humedad (% smh)	28,93	9,76	71,00	10,14	< 40%	-
pH	7,90	6,10	9,00	0,55	-	> 7
Conductividad eléctrica (ds/m)	8,16	1,55	14,30	2,47	-	< 8
Materia orgánica total sobre muestra seca (MOT) (% sms)	52,32	24,00	76,00	8,60	> 35% smh	> 35% sms
Materia orgánica resistente (MOR) (% sms)	30,61	13,10	44,70	5,68	-	> 50% de la MOT
Grado de estabilidad (% sms) ¹	59,46	34,40	77,70	7,12	-	> 50%
Test de autocalentamiento (°C)	47,42	20,00	74,00	16,30	-	< 40°C (± 10% como tolerancia)
Respiración a los 4 días (AT4) (mg O ₂ /g MS) ²	21,02	1,19	57,39	16,77	-	< 15
Test Solvita ³	5,16	1,00	7,00	1,53	-	> 5
Nitrógeno total (% sms)	2,68	1,33	4,40	0,48	-	> 2% sms
Relación C/N	9,94	6,70	19,35	1,84	< 20	-
Cromo (Cr) (mg/kg sms) ²	25,14	6,40	92,50	15,97	70; 250; 300 ⁴	-
Níquel (Ni) (mg/kg sms)	17,09	3,98	46,00	8,38	25; 90; 100 ⁴	-
Plomo (Pb) (mg/kg sms)	45,03	13,00	192,00	25,61	45; 150; 200 ⁴	-
Cobre (Cu) (mg/kg sms)	119,05	32,00	574,00	64,46	70; 300; 400 ⁴	-
Zinc (Zn) (mg/kg sms)	271,13	81,00	662,00	101,27	200; 500; 1.000 ⁴	-
Cadmio (Cd) (mg/kg sms) ²	0,57	0,04	2,50	0,31	0,7; 2; 3 ⁴	-
Mercurio (Hg) (mg/kg sms) ²	0,40	0,01	4,01	0,37	0,4; 1,5; 2,5 ⁴	-
Impurezas (metales, vidrios, plásticos) (% smh) ²	0,37	0,00	3,28	0,60	-	< 1,5% smh ⁵
Porcentaje de germinación (%)	71,07	29,00	90,24	10,14	-	> 70%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC).

Notas: ¹ Variable obtenida a partir del cociente entre materia orgánica resistente (MOR) y materia orgánica total (MOT); ² Algunas observaciones de estas variables se presentan en el formato de rango de valores en la base de datos original. Por ejemplo, algunas observaciones de la variable "Respiración a los 4 días" se presentan como "<1". Para estas observaciones se ha convertido el rango en el valor "1"; ³ Este test se interpreta en una escala dimensional del 1 al 8, esto es, de menos a más estable; ⁴ Los valores se presentan por orden decreciente de calidad, estando asociados a las clases A, B y C de compost; ⁵ Este valor corresponde a la suma de metales, vidrio, plásticos y piedras y gravas; Estos datos se refieren a 20 plantas de tratamiento biológico.

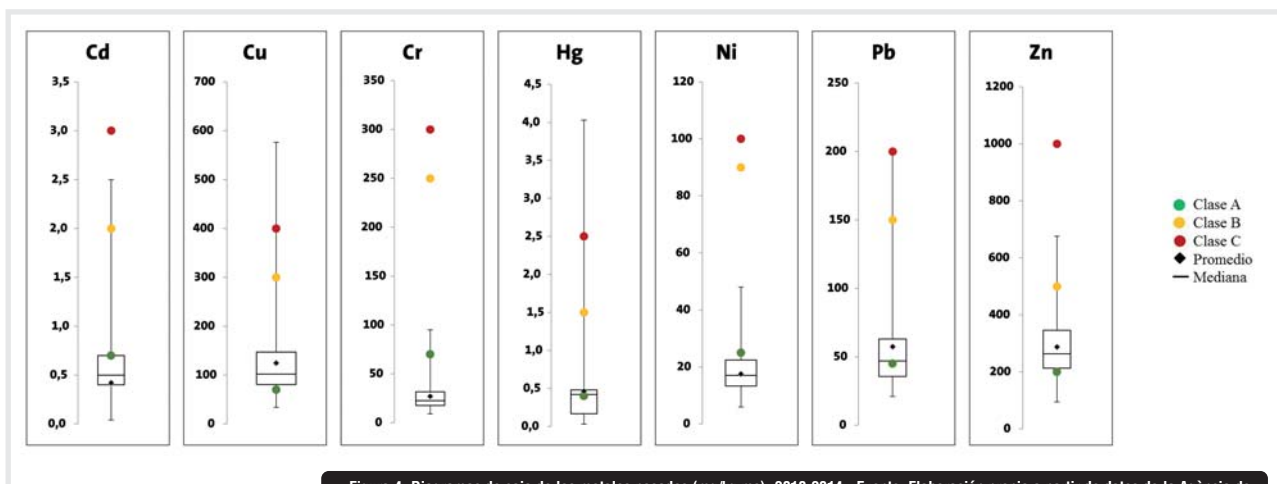


Figura 4. Diagramas de caja de los metales pesados (mg/kg ms), 2010-2014 - Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Catalunya (ARC) - Nota: Estos datos se refieren a 20 plantas de tratamiento biológico

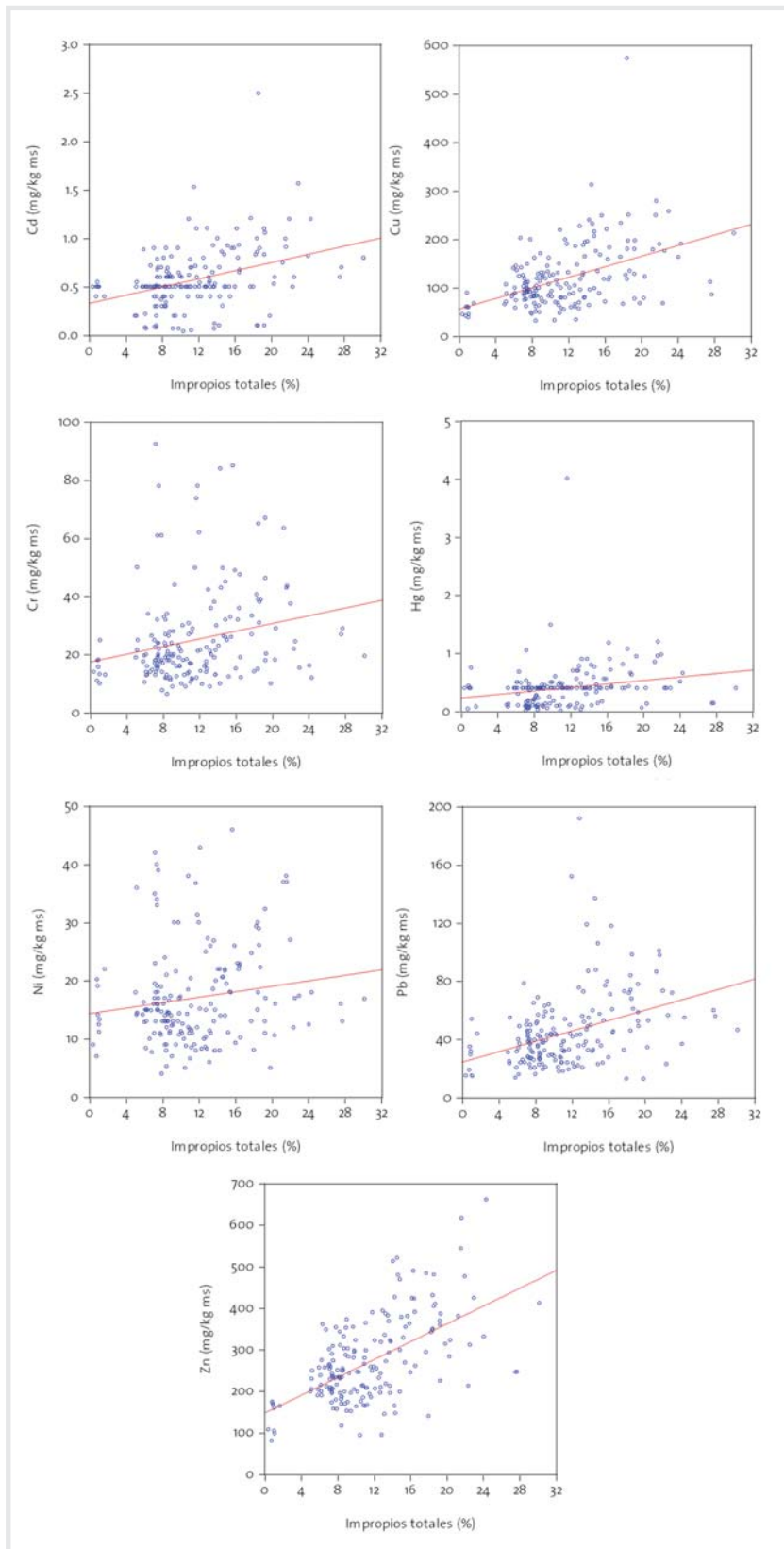


Figura 5. Gráficos de dispersión con línea de regresión - Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agència de Residus de Catalunya (ARC). - Nota: Estos datos se refieren a 20 plantas de tratamiento biológico.

(ARC) y la Escola Superior d'Agricultura de Barcelona (ESAB). Las excepciones incluyen los parámetros conductividad eléctrica, que supera en algunos casos ligeramente el umbral del valor aconsejado (<8). Respecto a los metales pesados, si bien la mayoría de plantas presentan promedios correspondientes a la Clase B de compost, en la mayoría de parámetros presentan valores próximos a los niveles exigidos para la agricultura ecológica (Clase A), excepto en lo que se refiere a cobre (Cu) y zinc (Zn).

La Figura 4 caracteriza las analíticas del compost referentes a la presencia de metales pesados en mayor detalle. En concreto presenta el valor promedio, la mediana, los valores mínimos y máximos y la distribución en cuartiles del conjunto de datos para los metales cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn). Además, se identifican las diferentes clases de compost.

Relación entre impropios y parámetros de calidad del compost

Los siguientes gráficos de dispersión indican la relación entre el nivel de impropios total existente en la FORM y la presencia de metales pesados en el compost producido. Los gráficos incluyen una línea de regresión que, al ser creciente, indica una correlación positiva entre impropios y metales pesados. A partir del desarrollo de modelos de regresión múltiple, el estudio "Análisis de la incidencia de los impropios de la FORM sobre la calidad del compost de las plantas de compostaje de Cataluña" probó la existencia de una relación causal positiva entre el nivel de impropios y la presencia metales pesados como el Zn, Cu y Pb, así como con otros parámetros de calidad del compost como la conductividad eléctrica y la tempe-



ratura máxima del test de autocalentamiento. Además, se han identificado relaciones causales positivas entre tipos de impropios específicos y algunos de los parámetros de calidad anteriormente referidos. Algunos ejemplos incluyen las relaciones causales positivas entre impropios especiales y el cobre; entre impropios especiales y bolsas de plástico sobre la conductividad eléctrica; y entre bolsas de plástico y la temperatura máxima del test de autocalentamiento.

CONCLUSIONES

Este artículo presenta la relación entre los materiales impropios contenidos en la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) recogida selectivamente y la calidad del compost producido en varias plantas de tratamiento biológico de Cataluña, tomando como referencia el periodo 2010-2014, a partir de los datos de la Agència de Residus de Catalunya (ARC).

Los principales resultados del análisis de los datos existentes muestran un nivel promedio de impropios de

13,9% y entre ellos una mayor presencia de materiales como plástico, bolsas de plástico y papel. El compost producido representó, en promedio, el 11% de la FORM tratada, valor que podría verse aumentado con una reducción de las pérdidas de materia orgánica presentes en el material rechazado durante el proceso de pretratamiento de la FORM. En relación a la calidad del compost producido, el análisis de los diversos parámetros indica un nivel de calidad bueno, aunque existen diferencias entre las plantas analizadas. Si bien en todos los casos se produce un compost de calidad para el uso agrícola como producto, no siempre se cumplen los requisitos necesarios para el uso de compost en agricultura ecológica.

Partiendo de los datos existentes, el estudio constató el efecto negativo de la presencia de impropios, sea de una forma general, o de impropios específicos (p.e. impropios especiales o bolsas de plástico), en relación a la calidad del compost, en este caso asociado a la presencia de metales pesados y otros parámetros de cali-

dad del compost como la conductividad eléctrica y el test de autocalentamiento. Este resultado conlleva la necesidad de promover una mejora en la gestión de la FORM, por ejemplo, a partir de modelos de recogida que incidan más sobre la reducción de la presencia de impropios. Además, sugiere la necesidad de mejorar el conocimiento del efecto de los impropios y de otras características del proceso de tratamiento de la FORM sobre la calidad del compost.

REFERENCIAS

López, M, Martínez-Farré, F. X., García, A., Guerrero, T., Campos Rodrigues, L.M., Puig-Ventosa, I. (2016). Effect of biowaste composition and biological treatment management on compost quality. 10th International Conference on "Circular Economy and Organic Waste". Heraklion, Greece, May 2016.

Puig-Ventosa, I., Freire González, J., Jofra-Sora, M. (2013). "Determining factors for the presence of impurities in selectively collected biowaste". Waste Management & Research, 31: 510-517.