



Eficiencia en el proceso de tratamiento de la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM)

Estudio del caso Ecoparc 2 de Montcada i Reixach, Barcelona

Manuel Mena¹, August Bonmatí², Montserrat Pujolà¹, Josep Tàrraga³, Jordi Comas¹

¹Dep. d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia

¹UPC-Barcelona Tech | www.upc.edu • ²IRTA. GIRO | www.irta.cat • ³Ecoparc 2, Montcada i Reixach



Ecoparc 2. Montcada i Reixach

INTRODUCCIÓN

La fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) comprende residuos procedentes de hogares particulares y residuos similares de otros establecimientos que los municipios recogen junto con la basura doméstica. Estos residuos constituyen entre el 30 y 50% de la masa total de los residuos sólidos municipales (RSM) (Giró, 2003; Mor y col., 2006; Hristovski col., 2007). Tal como se estipula en la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo,

es necesario reducir la entrada de materia orgánica no tratada en los vertederos controlados; la recogida selectiva es una buena alternativa para alcanzar este objetivo. En Catalunya, la recogida selectiva se desarrolló a partir de la ley reguladora de los residuos del 15 de julio.

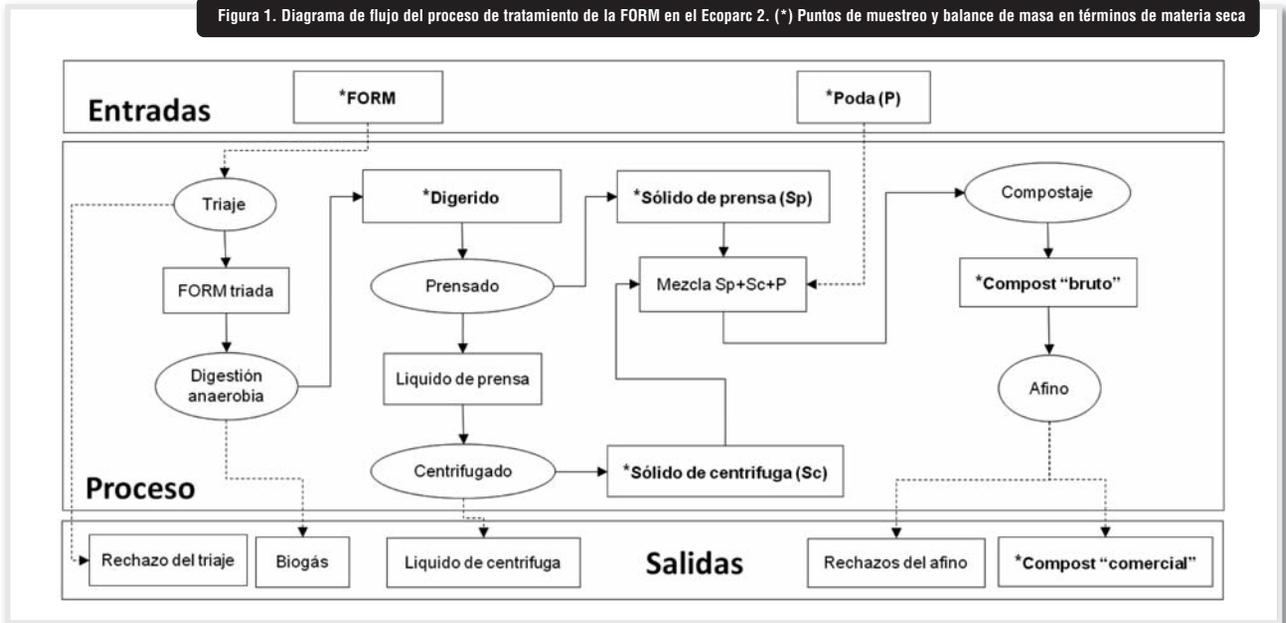
En el año 2012, se generaron alrededor de 1,5 millones de toneladas de residuos en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB), de los cuales 190 mil toneladas correspondieron a la FORM provenientes de la recogida selectiva

(AMB, 2012). En el Ecoparc 2, ubicado en el polígono industrial Can Salvatella en Montcada i Reixach, se trata alrededor del 46% de la FORM procedente del AMB. El tratamiento consiste en las siguientes etapas (Figura 1):

1. Pretratamiento: este proceso consiste en la separación manual y mecánica de los impropios presentes en la FORM que entra al Ecoparc 2. El pretratamiento se inicia cuando el pulpo mecánico coge FORM del foso y lo envía a las cintas de transporte que llevan el material a



Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de tratamiento de la FORM en el Ecoparc 2. (*) Puntos de muestreo y balance de masa en términos de materia seca



la cabina de triaje. En ésta se separan manualmente objetos voluminosos, vidrio y otros impropios. A continuación, el material pasa por un triturador que homogeniza el tamaño del material. El material triturado se envía a un tromel que tiene una malla con aperturas cuadradas de 80 mm. El material con un tamaño mayor a 80 mm se envía a la línea que trata la fracción resto para recuperar el material que pueda ser reciclable (PET, PEAT, briks, aluminio, etc.). El hundido de tromel o material con un tamaño menor de 80 mm pasa por un electroimán para separar los materiales férricos. Es este material libre de férrico

el que pasa a la etapa de biodigestión anaerobia.

2. Biodigestión anaerobia: Se utiliza el proceso Valorga vía seca mesofílico con una temperatura entre 37 y 39 °C y un tiempo de estancia del material en los biodigestores de aproximadamente 28 días. El objetivo de esta etapa es degradar la materia orgánica y producir simultáneamente biogás, que ha su vez se utiliza en motores de cogeneración para generar electricidad. Esta etapa se inicia con la entrada de la FORM libre de impropios proveniente del área de pretratamiento en la tolva de mezclado. La FORM se mezcla con parte del efluente proveniente del biodigestor (digerido) y con vapor de agua para homogeneizar y elevar la temperatura del material de entrada. El resto del digerido pasa a la siguiente etapa de tratamiento.

3. Etapa de deshidratación: En esta etapa se deshidrata el digerido mediante una doble etapa de separación de fases sólida y líquida. En una primera etapa, el digerido se deshidrata en una prensa de tornillo con una apertura de malla circular de 3 mm. En esta fase se obtiene un sólido de prensa y líquido de prensa. El líquido de prensa se envía a

la centrifuga, y donde se adiciona un floculante en un relación 9:1 (líquido de prensa: floculante, v/v). Con el centrifugado se obtiene un líquido de centrifuga, que se envía a la depuradora para tratarse como un agua residual, y un sólido de centrifuga. Los sólidos de prensa y de centrifuga son enviados a un área denominada playa para su mezclado y posterior compostaje.

4. Compostaje: Este proceso se realiza sobre una mezcla de sólido de prensa, sólido de centrifuga y poda (1:2:2 v/v/v Sp:Sc:Poda). La mezcla es introducida en los túneles de aireación forzada donde permanecen habitualmente durante un periodo de 3 a 4 semanas. Sin embargo, en función de las características del material, el tiempo de permanencia en los túneles puede variar. Además, se realiza un volteado semanal al material para homogeneizar la temperatura y facilitar la oxigenación de toda la masa. El objetivo del proceso de compostaje además de estabilizar la materia orgánica y obtener compost comercializable, es el de alcanzar temperaturas termófilas para higienizarlo, y disminuir su humedad; objetivos que no siempre se alcanzan debido a su alta humedad y que la ma-





teria orgánica del digerido ya está parcialmente estabilizada.

5. Afino: Consiste en una separación mecánica del material de salida de los túneles de compostaje hasta obtener un compost de tamaño de partícula menor a 10 mm. Con la ayuda de una pala mecánica, se introduce la mezcla compostada ó compost "bruto", a un alimentador que a través de una cinta transportadora lo introduce en un tromel con una apertura de malla de 20 mm. En este punto hay un rechazo del tromel y una hundida de tromel. El hundido pasa a una mesa densimétrica que separa el material en tres fracciones: 1) finos, 2) arenas y 3) salida mesa densimétrica. Esta última se tamiza en una criba de 10 mm y se separa en dos fracciones, compost mayor a 10 mm y compost menor a 10 mm. El compost menor a 10 mm es el considerado compost comercial.

Con el objetivo de determinar la proporción de masa y de nutrientes recuperados en el compost de FORM, se tomaron diversas muestras (ver puntos de muestreo en la Figura 1) para realizar un balance de masa y de nutrientes.

METODOLOGÍA

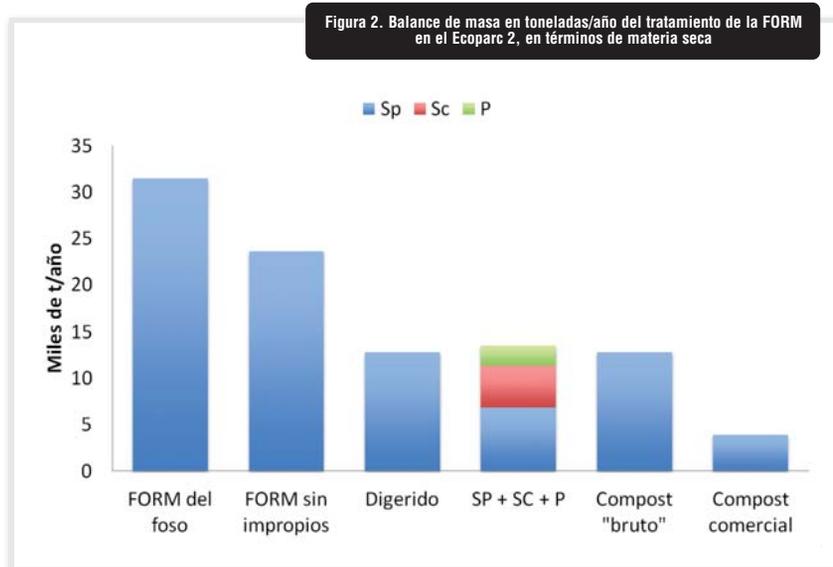
Durante el año 2013, se realizaron muestreos de materiales en las cinco etapas de tratamiento de la FORM. Para muestrear el foso, con el pulpo se tomo una muestra de aproximadamente 3 toneladas de FORM y con la ayuda de una pala mecánica se cuarteo el material hasta obtener una muestra de 250 kilogramos (kg). Para homogeneizar este material, se abrieron las bolsas de plástico y se mezcló con ayuda de una pala de mano. El material se cuarteo y se obtuvo una muestra de 5 kg para analizar en el laboratorio. Para muestrear la FORM sin improprios, se tomaron 50 kg de la cinta de transporte y se cuartearon hasta obtener 5 kg para analizar en el laboratorio.



Las muestras de digerido (2 L) se tomaron de la tolva de mezclado ubicada en el área de biodigestión. Las muestras de líquido de prensa y de centrífuga, 2 L de cada una, se tomaron de las mangueras que van a los fosos contenedores. Asimismo, se tomaron 50 kg de solido de prensa y de centrífuga de la cinta de transporte correspondiente, se cuartearon hasta obtener una muestra de 5 kg. Debido a dificultades técnicas la mezcla preparada para compostar no se muestreo y se calculó su

composición en base a las características de cada uno de los materiales y las proporciones de mezcla establecidas en el Eco parc 2. El muestreo de la mezcla compostada consistió en tomar material de entre 40 y 50 centímetros de la parte media de la pila de compostaje y cuarteando una muestra compuesta de 50 kg se tomaron 5 kg para análisis. Se siguió el mismo procedimiento de cuarteo para tomar las muestras del afino.

Las analíticas realizadas fueron las siguientes: materia seca, sólidos volátiles,





pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico total (TOC), N-NH₄ (sobre materia fresca), macronutrientes (C, N, S, P, S, Ca, Mg, K y Na), micronutrientes (Fe, Mn) y metales pesados (Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cd y Cr). Los análisis se realizaron de acuerdo con los métodos propuestos por el Consejo Americano de Compostaje (TMECC, 2001). La estabilidad de la materia orgánica del compost se realizó a partir del método Van Soest (Van Soest, 1963) y los índices de respiración dinámicos (IRD) y la tasa de respiración acumulada (AT₄) a partir de la propuesta de Adani y col. (2004). Todos los análisis se realizaron por duplicado.



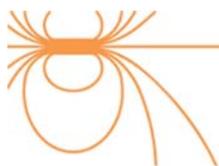
materia fresca (MF) de FORM (35,7% MS). En el pretratamiento de la FORM se observan unas pérdidas del 25%, en términos de materia seca (MS), correspondientes a impios (ramas, vidrios, plásticos y metales de tamaño voluminoso). La FORM del foso y la FORM pretratada se caracterizan por un pH ácido (4,9-5,8) coincidiendo con las resultados

de Pognani y col. (2010) y Adani y col. (2006). Aunque en ocasiones el pH puede ser ligeramente alcalino (7.7 a 8.7) según Alamgir y Ahsam (2007). Esto puede deberse a la estacionalidad, la situación geográfica, los métodos de recolección y el tiempo que haya transcurrido desde la colecta hasta el análisis de la FORM. El digerido obtenido (22% MS)

RESULTADOS

Balance de masa

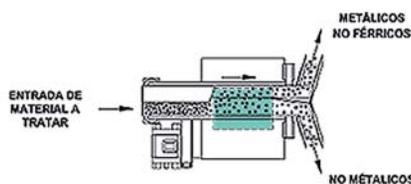
El Ecoparc 2 trata unas 88.200 t de



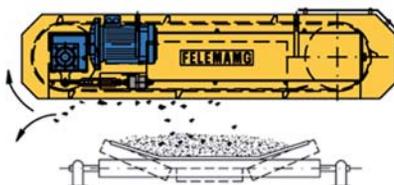
FELEMAMG

magnetismo

SEPARACIÓN Y RECUPERACIÓN ELECTROMAGNÉTICA E IMÁN PERMANENTE



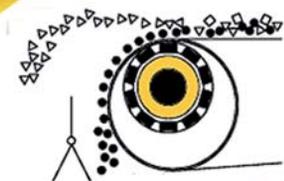
Separador Transversal de metales



Separador Overband



Separador de Metales



Tambor envolvente rotativa

Avda. Agricultura, 15
33211 Gijón (España)
Tfn: (34) 985 324 408
Fax: (34) 985 324 226
E-mail: felemamg@felemamg.com

www.felemamg.com



contiene un 41% de la masa de la FORM inicial. El sólido de prensa (Sp) (53% MS) y el sólido de centrífuga (Sc) (34% MS) representan un 36% de la masa de la FORM inicial, respectivamente. Los Sp y Sc son mezclados con unas 3.550 t de poda triturada (P) (63% MS) en una proporción (1:2:2 v/v/v Sp:Sc:P, respectivamente). La poda introducida en el proceso representa un 7% de la masa de FORM en términos de MS. Al final del proceso se obtiene un mezcla compostada ó compost "bruto" (69% MS) que representa un 41% de la masa inicial de FORM en términos de MS. Al final del afino se obtiene un compost "comercial" con partículas menores a 10 mm (70% MS) que en términos de materia seca representa un 12% de FORM inicial (Figura 2).

Balance de nutrientes

Carbono orgánico (C)

Del contenido total de C de la FORM (9.353 t) en el digerido se retiene un 26% (2.434 t), y en el sólido de prensa mas el solido de centrífuga se retiene un 25% (2.330 t). El C retenido en el compost "bruto" representa un 15% (1.382 t) del C de la FORM, y finalmente en el compost comercial un 9% (845 t) (Figura 3)

Nitrógeno total (N)

Del contenido total de N (Orgánico + Namoniaca) en la FORM del foso (613 t), en el digerido se retiene un 43% (266 t) de dicho contenido inicial y en el compost bruto un 17% (105 t). Finalmente, en el compost comercial se recupera un 10.4% (63 t) del N inicial. Los datos muestran que la relación C/N de la FORM del foso (15) disminuyo cuando se transformo en compost comercial (13) (Figura 4).

Fosforo (P) y Azufre (S)

Se recupero un 71% (76 t) de P en el digerido, respecto al total de P de la

Figura 3. Balance en toneladas/año de C del proceso de tratamiento de la FORM en el Eco parc 2, en términos de materia seca

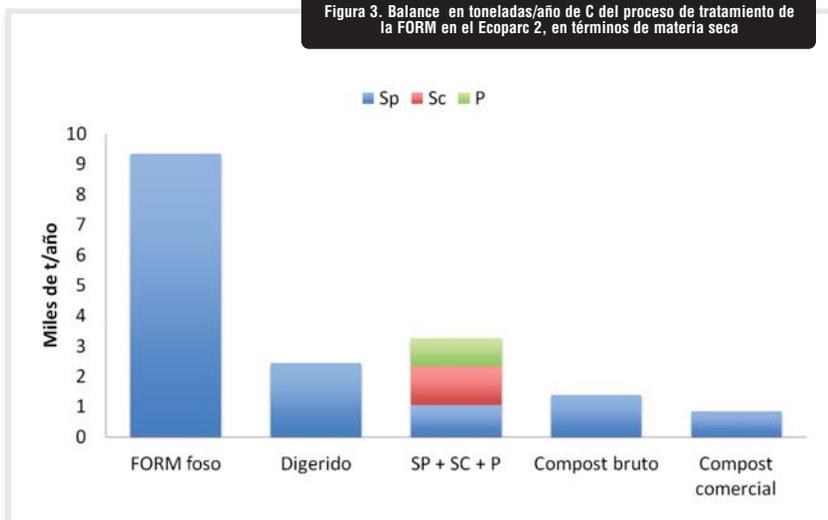


Figura 4. Balance en toneladas/año de N, P y S del proceso de tratamiento de la FORM en el Eco parc 2, en términos de materia seca

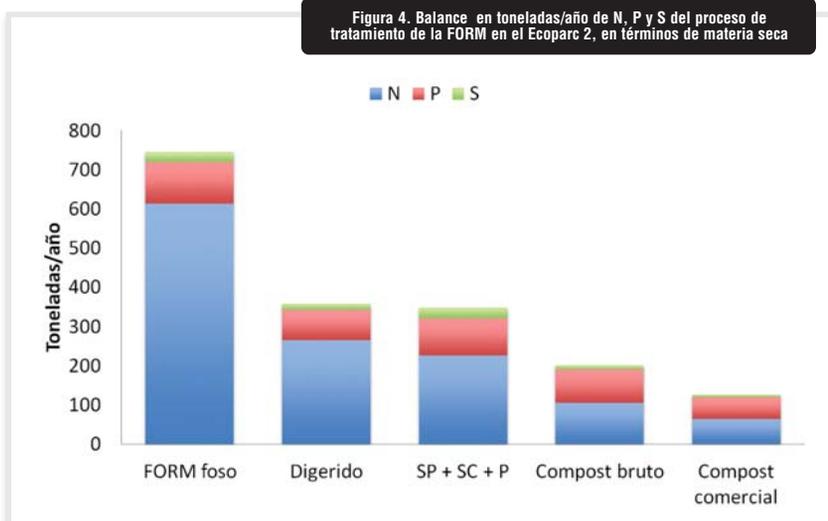
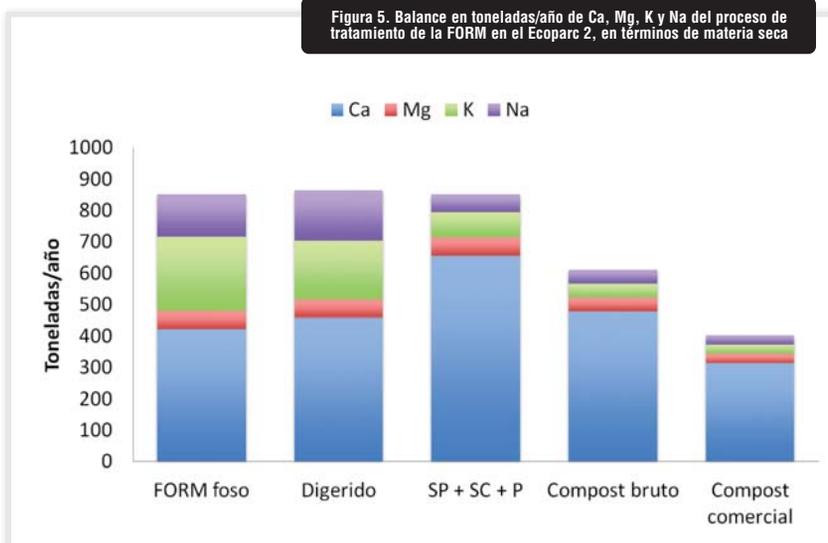


Figura 5. Balance en toneladas/año de Ca, Mg, K y Na del proceso de tratamiento de la FORM en el Eco parc 2, en términos de materia seca





FORM del foso (107 t). En el compost bruto se recuperó un 79% (85 t) y en el compost comercial un 52% (55 t) del P inicial. En la FORM del foso se cuantificaron 26 toneladas de S y en el digerido se recuperó un 64% (17 t). En el compost bruto se retuvo un 44% (12 t) y en el compost comercial un 28% (7 t) (Figura 4).

Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Sodio (Na)

Las mayores recuperaciones de Ca y Mg se tuvieron principalmente en las fracciones sólidas durante el tratamiento físico del digerido (Sp y Sc), con lo que en el compost comercial se recuperó un 74% (314 t) de Ca y un 53% (29 t) de Mg respecto al cuantificado en la FORM del foso (423 t de Ca y 55 t de Mg). Por otro lado, las mayores pérdidas de K y Na se dieron en el líquido de centrifuga

Tabla 1. Contenido de materia orgánica lábil e índices respirométricos en el compost menor a 10 mm

Producto	MOL (g*kg ⁻¹)	*IRD (mgO ₂ kgMS ⁻¹ h ⁻¹)	**TA4 (mgO ₂ kgMS ⁻¹)
Compost menor a 10 mm	510	0,3±0,0	17,9±1,6

*Índice de Respiración Diario. **Tasa acumulada a cuatro días.

(Lc) durante el mismo tratamiento físico. Las recuperaciones de K y Na en el compost comercial fueron de 13% (30 t) y 21% (29 t) respectivamente, respecto a los contenidos de la FORM inicial (238 t de K y 136 t de Na) (Figura 5).

Contenido de metales pesados

Las concentraciones medias de metales pesados presentes en el compost comercial fueron de 292, 180, 42, 26, 8 y 23 mg⁻¹kg⁻¹, en términos de materia seca, de Zn, Cu, Pb, Ni, Cd y Cr, respectivamente, por lo que el compost

comercial queda clasificado como categoría B, según el Real Decreto Español 506/2013.

Estabilidad de la materia orgánica

Mediante el método Van Soest se determinó que el compost menor a 10 mm tiene un 510 g kg⁻¹ de materia orgánica lábil (MOL). Resultando en un descenso del 25% de la materia orgánica lábil en el compost menor a 10 mm respecto a la cuantificada en la FORM inicial (681 g kg⁻¹)



OFICINAS CENTRALES:

TEL.: +34 943 805 660
 FAX.: +34 943 888 721
 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)

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.







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



Con relación al índice de respiración diario (IDR) ($0,3 \pm 0,1 \text{ mgO}_2 \text{ kgMS}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y la tasa acumulada a cuatro días (TA_4) ($23 \pm 11 \text{ mgO}_2 \text{ kgMS}^{-1}$) según Pognani y colaboradores (2010, 2012) los valores determinados en el compost comercial corresponden a un compost bien estabilizado (Tabla 1).

CONCLUSIONES

La masa total, en términos de materia seca, recuperada en el compost comercial, fue de un 12%, respecto a la FORM del foso. En términos de C orgánico, la recuperación fue de un 9% del total de C inicial. La relación C/N de la FORM del foso (15.25) disminuyó cuando se transformó en compost comercial (13.41). La recuperación de N total fue de un 10.4% del N inicial contenido en la FORM del foso, este valor fue inferior a las recuperaciones de P y S, con 52 y 28%, respectivamente. Mediante el método Van Soest, se de-

terminó que hay una reducción del 25% de MOL en el compost comercial cuando se comparó con la FORM del foso. Además, el IRD y la TA_4 indican que el compost tiene una buena estabilización cuando se tienen como referencia resultados encontrados en la bibliografía (Pognani y colaboradores 2010 y 2012). Las recuperaciones de Ca, Mg, K y Na, fueron de 75, 13 y 21% frente a los valores encontrados en la FORM del foso. Respecto a los metales pesados, las concentraciones determinadas en el compost comercial, lo ubican en la categoría B de productos fertilizantes, según el RD 506/2013.

Estos resultados sugieren la necesidad de buscar alternativas que permitan una mayor recuperación de materia seca y nutrientes, así como, la disminución de elementos potencialmente tóxicos en el compost final. Al respecto, se está trabajando en un estudio para evaluar la eficiencia del pro-

ceso si se utiliza directamente el sólido de centrífuga y se compostó por separado el sólido de prensa, ambos provenientes del digerido. Otra alternativa en consideración, es la evaluación del proceso al compostar el sólido de prensa y sólido de centrífuga por separado. Los resultados de estos estudios ayudarán a tomar la decisión más adecuada para la gestión de la FORM, desde un enfoque ambiental, técnico y económico.

BIBLIOGRAFÍA

- AMB. 2012. En línea. Dades ambientals metropolitanas 2012. Disponible en: http://www.amb.cat/c/document_library/get_file?uuid=ca6b457d-7822-4f12-a5a2-f586c4ae8e63&groupId=4799. Revisado el 14/09/2013.
- Adani F., Confalonieri R., Tambone F. 2004. Dynamic respiration index as a descriptor of the biological stability of organic waste. *Journal of Environmental Quality*. 33, 1866-1876.
- Adani F., Ubbiali C., Genevini P. 2006. The determination of biological stability of compost using the dynamic respiration index: the Results of experience after 2 years. *Waste Management*. 26, 41-48.
- Giró F. 2003. Situation of the source separated collection of biowaste in Catalunya. Balance of one decade (1993-2003). In: *The future of source separation of organic Waste in Europe*. International ECN/ORBIT workshop with exhibition. Australia.
- Hristovski K, Olson L, Hild N, Peterson D, Burge S. 2007. The municipal solid waste system and solid waste characterization at the municipality of Veles, Macedonia. *Waste Management*, 27:1680-9.
- Pognani M., Barrena R., Font X., Scaglia B., Adani F., Sánchez A. 2010. Monitoring the organic matter properties in a combined anaerobic/aerobic full-scale municipal source-separated waste treatment plant. *Bioresource Technology*. 101, 6873-6877.
- Pognani M., Barrena R., Font X., Sánchez A. 2012. A complete mass balance of a complex combined anaerobic/aerobic municipal source-separated waste treatment plant. *Waste Management*. 32, 799-805.
- Van Soest P.J. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fibres residues of low nitrogen content. *Assoc. Of. Agr. Chem. J.* 46, 825-829.