

# EL USO DE COMPOST DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES COMO ENMIENDA ORGÁNICA: APORTACIONES DE DIFERENTES COMPONENTES SEGÚN ORIGEN

**Oscar Huerta, Xavier Martínez, Montserrat Gallart, Montserrat Soliva, Marga López**

Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia (DEAB), Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).  
Esteve Terradas, 8, 08860 Castelldefels, Barcelona; oscar.huerta@upc.edu

**Resumen:** El uso de compost viene regulado por el RD 824/2005 en el cual se establecen tres clases (A, B y C) según el contenido en metales pesados del compost, y se determinan las limitaciones de usos para cada una de las clases. En este trabajo se ha comparado las aportaciones en el uso como enmienda orgánica de los composts obtenidos a partir de la fracción orgánica de residuos municipales recogidos selectivamente (FORM) y de la fracción orgánica de residuos municipales recogidos en masa y separados mecánicamente en las propias plantas (FO-RSU). En total se evaluaron 241 muestras de compost (63 de compost FORM y 178 compost FO-RSU). Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el compost FORM conlleva aportaciones significativamente diferentes a las del compost FO-RSU. Concretamente, se observó que por cada tonelada de materia orgánica aplicada, el compost FORM aportaría mayor cantidad de materia orgánica estable, así como también de nitrógeno orgánico, nitrógeno no hidrolizable y potasio. En cambio, la aportación de metales pesados (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb y Cd) sería menor. Estas diferencias se hacen más patentes cuando los contenidos se expresan sobre una misma unidad de materia orgánica resistente aplicada. De los materiales estudiados, y de acuerdo con la clasificación establecida por el RD 824/2005, un 30% de los composts de FORM correspondía a la clase A y un 66% a la clase B, mientras que ninguna muestra de los composts de FO-RSU cumplía los requerimientos de la clase A y sólo el 27% correspondían a clase B. Es destacable, que buena parte de los compost de FO-RSU presentaban problemas de comercialización, ya que el 32% pertenecía a la clase C y el 41% debería ir a destino finalista.

**Palabras clave:** compost, residuos municipales, materia orgánica resistente, nitrógeno no hidrolizable, nitrógeno resistente

## **TITLE: USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE COMPOST AS AN ORGANIC AMENDMENT: SUPPLY OF DIFFERENT COMPONENTS ACCORDING TO THE ORIGIN**

**Abstract:** The use of compost is regulated by the RD 824/2005 which establishes three classes of compost (A, B and C) according to the heavy metal content, and identifies the limitations of uses for each class. In this work, we studied the amount of nutrients and heavy metals incorporated in soil by applying municipal solid waste compost as an organic amendment. We compared compost from organic fraction of municipal solid waste from source sorted collection (OFSC) with that from organic fraction mechanically separated from municipal solid waste collected on mass (OFMS). In total, 241 samples of composts were evaluated (63 OFSC compost and 178 OFMS compost). The results show that for each tone of organic matter applied, OFSC compost would incorporate a higher amount of resistant organic matter, as well as organic nitrogen, non-hydrolysable nitrogen and potassium than OFMS compost. In contrast, the supply of heavy metals (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb y Cd) would be lower. These differences are most evident when the contents are based on the same unit of resistant organic matter applied. As regards the classification of the compost samples according to the RD 824/2005, 30% of OFSC composts were included in class A and 66% in class B, while no sample of OFMS composts were included in class A and 27% corresponded to class B. It is worth noting that most of OFMS composts had marketing problems, since 32% corresponds to in class C and 41% should be landfilled.

**Key words:** compost, municipal solid waste, resistant organic matter, non-hydrolysable nitrogen, resistant nitrogen

## **1. Introducción**

El uso de la materia orgánica de los residuos generados por la actividad humana a través del suelo ha sido, de manera espontánea, una vía prioritaria para su gestión, desde que el hombre comenzó a domesticar las plantas y los animales, es decir, desde el neolítico. Actualmente, el suelo de Europa, y muy especialmente de los países de la cuenca mediterránea (Zdruli et al. 2004), requieren de la incorporación de materia orgánica ya que presentan contenidos por debajo del 3,7% (Jones et al., 2005).

A pesar de estas necesidades convendría no olvidar que requerimientos deben exigirse a la materia orgánica aportada al sistema suelo-planta. El uso de los residuos orgánicos en fresco, sin ningún tratamiento previo, es posible en ciertas ocasiones, pero estableciendo limitaciones en cuanto a las dosis aplicadas, la tipología y composición del material aportado, las características del suelo receptor, las condiciones climáticas del lugar donde se realiza la aplicación y las necesidades de los cultivos. No obstante, bajo las condiciones de un país mediterráneo como España, la aplicación de productos orgánicos en crudo podría llevar a la aparición de situaciones absolutamente indeseables, como aparición de fitotoxicidades o la contaminación por liberación excesiva de nutrientes. De este modo, la estabilización de la materia orgánica de los residuos orgánicos, ya sea en condiciones de aerobiosis (compostaje) ó anaerobiosis, ha sido una práctica común y ancestral como paso previo a su introducción en la producción primaria, evitando así la problemática asociada a su aplicación en fresco. De hecho, el compostaje es un tratamiento biológico de residuos orgánicos tan antiguo como la agricultura y como la producción de residuos.

Los composts de residuos municipales presentan un contenido importante de materia orgánica que, por la tipología del proceso y siempre que éste se haya desarrollado correctamente, será estable y, por tanto, con buena aptitud para permanecer durante un largo período de tiempo en el suelo. Por este motivo, estos composts deben entenderse principalmente como fuente de materia orgánica estabilizada y, por consiguiente, como enmienda orgánica. Por otra parte, los composts de residuos urbanos presentan un contenido en nutrientes importante, especialmente de nitrógeno, potasio y fósforo y, por tanto, tienen valor fertilizante. Si en su uso como enmienda no se tienen en cuenta estos contenidos, se podría llegar a comprometer la fertilidad del suelo y afectar negativamente la nutrición y composición de las plantas, o bien producir la eutrofización de las aguas. De hecho estos materiales podrían también dosificarse desde la óptica de su aptitud fertilizante (Castro et al., 2006; Huerta et al., 2006a; López et al., 2008).

Atendiendo a la definición propuesta por Haug (1993), el compost es una materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto parecido a las sustancias húmicas del suelo, que está libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, que no atrae insectos o vectores, que puede ser manipulada y almacenada sin ocasionar molestias y que es beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas. La concepción “que sea beneficiosa para el suelo y el crecimiento de las plantas” exige que el compost, entre otros factores, esté libre de contaminantes o que los presente en contenidos bajos. En este sentido, las posibilidades de comercialización y uso del compost dependerán, básicamente, de la calidad conseguida. Ésta se debe interpretar a tres niveles: calidad física, química y biológica. Lograr un compost con una baja presencia de impurezas (calidad física), un buen nivel de componentes agrónomicamente útiles, un bajo contenido en contaminantes (calidad química) y una reducida carga patógena con o sin presencia de microorganismos supresores (calidad biológica), depende de dos factores básicos: la composición inicial de los materiales de partida (FORM, FO-RSU, restos vegetales) y el manejo del proceso.

La calidad inicial de la fracción orgánica de los residuos municipales incide sobre el contenido en metales pesados y, por lo tanto, se podría entender como el factor limitante para conseguir los estándares de calidad recogidos en la legislación vigente (RD 824/2005) sobre contenidos en metales pesados. No obstante, el manejo de las instalaciones en cuanto a la retirada de los impropios, la formulación de las mezclas, el uso de los lixiviados, el desgaste de la maquinaria, etc. también pueden influir en los contenidos finales.

En este trabajo, se muestra y discute la cantidad y calidad de materia orgánica, fitonutrientes y metales pesados que aportarían los composts de residuos sólidos municipales, entendiendo su uso desde la perspectiva de la enmienda orgánica y comparando las dos tipologías básicas de composts actualmente coetáneos en España: los obtenidos a partir de la fracción orgánica seleccionada mecánicamente del RSU tratado en masa (FO-RSU) y los elaborados a partir del co-compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales recogida selectivamente en origen (FORM) con restos vegetales.

## **2. Material y métodos**

Se analizaron un total de 241 muestras de compost, correspondientes a dos grupos: 1) 63 muestras obtenidas y analizadas entre 2004 y 2008, procedentes de compost de FO-RSU como único material de partida (compost FO-RSU) y 2) 178 muestras de compost obtenidas y analizadas entre 2005 y 2008, procedentes del co-compostaje de la FORM con restos vegetales y producidos en Cataluña (compost FORM).

Para cada una de las muestras de compost se determinó: materia orgánica, materia orgánica resistente, nitrógeno orgánico (Norg), nitrógeno orgánico resistente o no hidrolizable (NnH), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr), plomo (Pb) y cadmio (Cd).

Las muestras fueron secadas a 105°C, y una vez retirados los impropios fueron trituradas mediante un molino planetario de bolas (Retsch PM100) donde todos los componentes activos de contacto con la muestra eran de óxido de zirconio. Sobre muestra seca y triturada, se determinaron los parámetros anteriormente citados. El contenido de materia orgánica se evaluó por calcinación de la muestra a 550°C, mientras que el contenido de Norg se evaluó mediante una digestión Kjeldahl. El contenido de materia orgánica resistente y Norg resistente se determinó de la misma manera, pero sobre el residuo obtenido tras una doble hidrólisis sulfúrica (la primera de 3 h en frío con ácido sulfúrico concentrado y la segunda de 5 h en caliente con ácido sulfúrico diluido en baño de arena reflujo). El resto de componentes minerales se determinó realizando una extracción de las cenizas obtenidas por calcinación a 470°C con ácido nítrico 3N.

La cuantificación de Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Cr, Pb y Cd se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, la de K y Na utilizando fotometría de llama, y la del P por colorimetría Bray-Kurtz.

Para cada uno de los parámetros, se evaluó las diferencias entre los dos grupos de compost (FO-RSU y FORM) mediante una *t* de Student utilizando la aproximación de Satterthwaite (proc *t*-test; SAS Institute Inc. 1999).

## **3. Resultados**

### **3.1 Materia orgánica y nitrógeno aportado**

Los procesos de compostaje de FO-RSU parten de un material con un contenido más bajo en materia orgánica (López et al., 2010) y obtienen un compost con contenidos en materia orgánica también más bajos (50%±1 sms composts FO-RSU y 57%±1 sms composts FORM), si bien presentan ambos un contenido similar en materia seca (Huerta, 2010; López, 2010). Las diferencias anteriores implican que se requiera una

menor cantidad de compost de FORM para alcanzar una misma unidad de materia orgánica aportada.

De los resultados obtenidos, se desprende que, para una misma cantidad de materia orgánica aportada, los composts de FORM incorporan al suelo una mayor cantidad de materia orgánica resistente (Figura 1). Este hecho hace preferible su uso como enmienda orgánica, en comparación a los composts de FO-RSU, ya que la materia orgánica incorporada permanecerá más tiempo en el suelo, requiriendo una menor frecuencia de aplicación para mantener un mismo nivel de materia orgánica.

Es interesante observar como los composts de FORM también, respecto a una misma unidad de materia orgánica aportada, incorporaran una cantidad de nitrógeno significativamente superior que los compost de FO-RSU (Figura 1 y Tabla 1), si bien ambos materiales aportan contenidos importantes de nitrógeno.

El uso de un material como enmienda orgánica exige que, por las cantidades aportadas, presente contenidos bajos en nitrógeno o bien su presencia sea bajo formas de liberación lenta. Sobre estas premisas, los composts de FORM en relación a los composts de FO-RSU vuelven a presentar una mejor aptitud a su uso como enmienda, ya que incorporan significativamente una mayor proporción de nitrógeno no hidrolizable.

La mayor aportación de materia orgánica estabilizada viene condicionada por el mayor grado de estabilidad de los composts de FORM (Soliva et al., 2004) y lo mismo sucede en relación con el nitrógeno orgánico no hidrolizable. Estas diferencias de estabilidad se deben, sobretudo, al proceso de compostaje desarrollado más que a los materiales tratados.

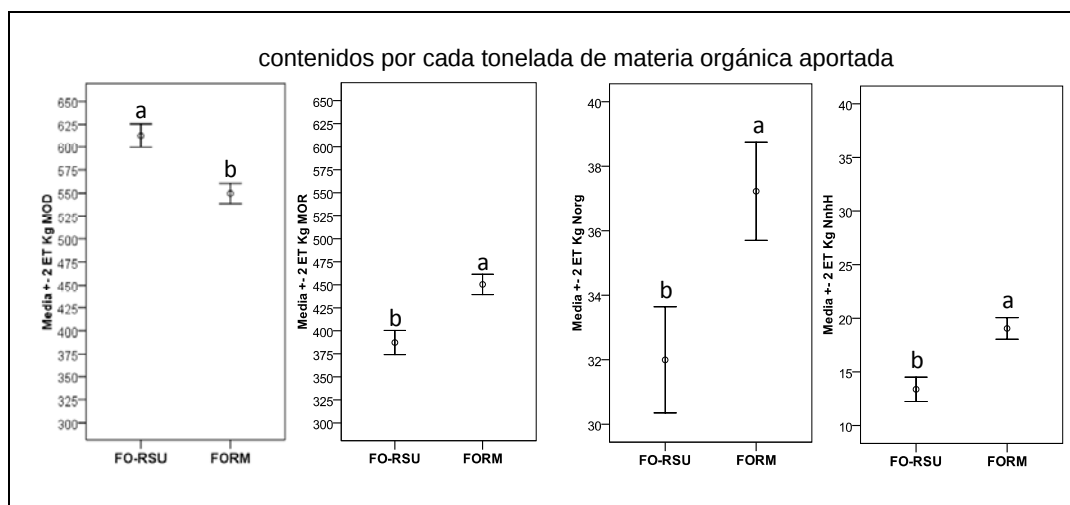


Figura 1. Cantidades aportadas de materia orgánica degradable (MOD) y resistente (MOR), nitrógeno orgánico (Norg) y nitrógeno orgánico resistente (NnH) por cada tonelada de materia orgánica aportada de cada uno de los compost estudiados: compost de FORM y compost de FO-RSU.

### 3.2 Nutrientes aportados

La incorporación de una tonelada de materia orgánica conlleva la aplicación de cantidades importantes de nutrientes y metales pesados en ambos tipos de compost (Tabla 1). Como se ha comentado, los composts de FORM tienen más materia orgánica que los composts de FO-RSU y, por tanto, se requiere menos cantidad de materia seca de éstos para lograr un mismo umbral de materia orgánica en el suelo. No obstante, dado que los composts de FORM tienen unos contenidos superiores en nitrógeno ( $1.6\% \pm 0.04$  sms compost FO-RSU y  $2.1\% \pm 0.04$  sms compost FORM) y sobretudo potasio ( $0.7\% \pm 0.03$  sms compost FO-RSU y  $1.3\% \pm 0.05$  sms compost de

FORM), para alcanzar una misma cantidad de materia orgánica aportada en el suelo, los composts de FORM incorporan más nitrógeno y potasio. No sucede lo mismo con el fósforo y el magnesio, ya que a pesar de estar en mayor concentración en los composts de FORM que en los de FO-RSU, las diferencias no son lo suficientemente grandes como para vencer el efecto de una mayor cantidad de compost de FO-RSU aplicado para alcanzar la misma cantidad de materia orgánica aportada. A pesar de no existir diferencias significativas en los contenidos en sodio, hierro y manganeso entre estos materiales (Huerta et al., 2006b; López et al., 2006; Huerta, 2010; López, 2010), las diferencias en el contenido de materia orgánica, conllevan que al plantear una aplicación como enmienda orgánica haya una mayor aportación, de forma significativa, de estos elementos en el caso de los composts de FO-RSU (Tabla 1).

La aportación de calcio por tonelada de materia orgánica es claramente superior en el caso de los composts de FO-RSU atendiendo a sus características.

Es interesante observar que sucede con la incorporación de nutrientes con respecto a una misma unidad de materia orgánica resistente aportada, fracción que permanecerá más tiempo en el suelo. La Figura 2 recoge este análisis para los macronutrientes presentes en el compost. Con respecto al nitrógeno, por el hecho de que se necesita incorporar más compost de FO-RSU para llegar a una misma dosis de materia orgánica resistente, la incorporación es muy similar entre ambos compost, si bien el aportado por parte de los compost de FORM es más estable y, como se apuntaba con anterioridad, su mineralización será más sostenida en el tiempo (Almansa et al., 2007; Santamaria et al., 2009). Respecto al fósforo no se detectan diferencias significativas mientras que se siguen observado claras diferencias en cuanto al potasio, a pesar de incorporar más cantidad de compost de FO-RSU para llegar a una misma unidad de materia orgánica resistente, esta no es suficiente para superar las diferencias iniciales entre ambos materiales en cuanto a los contenidos en potasio de ambos compost.

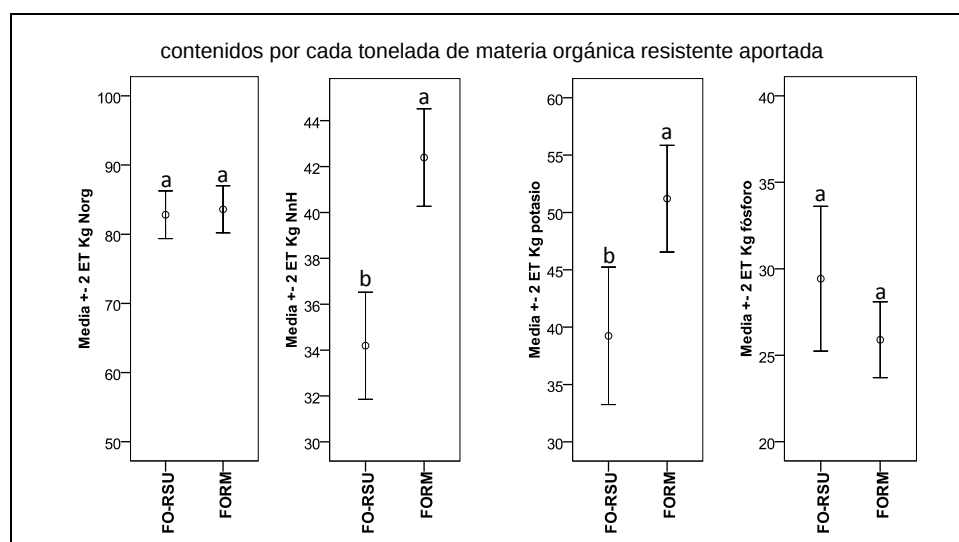


Figura 2. Cantidades aportadas de nitrógeno orgánico (Norg), nitrógeno resistente (NnH), fósforo y potasio por cada tonelada de materia orgánica resistente aportada de cada uno de los compost estudiados: compost de FORM y compost de compost de FO-RSU.

### 3.3 Metales aportados

En relación a los metales pesados aportados, las diferencias estadísticas son muy claras ( $p < 0,0001$ ), evidenciando que los composts de FO-RSU suponen una mayor aportación en todos los metales pesados considerados (Tabla 1). El hecho de que los composts de FO-RSU los tengan en mayor proporción (López et al., 2004), sumado a

que se necesita más materia seca de composts de FO-RSU para llegar a un mismo umbral de materia orgánica aplicada, hace que las diferencias entre las cantidades aportadas de metales pesados sean muy superiores cuando se hace uso de los composts de FO-RSU.

El mismo ejercicio que el realizado sobre los macronutrientes en cuanto a las aportaciones respecto una misma cantidad de materia orgánica resistente, revela como los metales pesados continúan aportándose de forma más acusada en el caso de los compost de FO-RSU.

Tabla 1. Nutrientes y metales pesados aportados por los compost FORM y FO-RSU por tonelada de materia orgánica total aportada y significación de sus diferencias (p)

|                | N <sub>org</sub>                                                      | P         | K         | Na        | Ca         | Mg        | Fe        | Mn          | Zn                                                                   | Cu         | Ni         | Cr         | Pb         | Cd          |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|----------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
|                | Kg aportados por tonelada de materia orgánica de<br>compost de FORM   |           |           |           |            |           |           |             | g aportados por tonelada de materia orgánica de<br>compost de FORM   |            |            |            |            |             |
| <b>n</b>       | 115                                                                   | 113       | 114       | 114       | 114        | 114       | 114       | 114         | 114                                                                  | 114        | 114        | 114        | 114        | 110         |
| <b>Media</b>   | <b>37</b>                                                             | <b>12</b> | <b>23</b> | <b>13</b> | <b>135</b> | <b>14</b> | <b>17</b> | <b>0,32</b> | <b>374</b>                                                           | <b>166</b> | <b>32</b>  | <b>34</b>  | <b>94</b>  | <b>0,65</b> |
| <b>EE</b>      | 0,76                                                                  | 0,53      | 1,08      | 0,67      | 9,64       | 1,82      | 0,91      | 0,02        | 20,55                                                                | 11,65      | 3,26       | 3,61       | 6,87       | 0,05        |
| <b>Mediana</b> | 35                                                                    | 10        | 21        | 11        | 106        | 10        | 14        | 0,30        | 288                                                                  | 120        | 21         | 22         | 70         | 1           |
|                | Kg aportados por tonelada de materia orgánica de<br>compost de FO-RSU |           |           |           |            |           |           |             | g aportados por tonelada de materia orgánica de<br>compost de FO-RSU |            |            |            |            |             |
| <b>n</b>       | 63                                                                    | 63        | 63        | 63        | 63         | 63        | 63        | 63          | 63                                                                   | 63         | 63         | 63         | 63         | 63          |
| <b>Media</b>   | <b>32</b>                                                             | <b>12</b> | <b>15</b> | <b>15</b> | <b>183</b> | <b>16</b> | <b>23</b> | <b>0,41</b> | <b>1157</b>                                                          | <b>510</b> | <b>153</b> | <b>187</b> | <b>328</b> | <b>2,03</b> |
| <b>EE</b>      | 0,82                                                                  | 0,93      | 1,24      | 0,50      | 13,21      | 1,25      | 1,73      | 0,03        | 76,35                                                                | 31,70      | 13,43      | 21,27      | 28,14      | 0,17        |
| <b>Mediana</b> | 31                                                                    | 10        | 14        | 15        | 162        | 12        | 20        | 0,40        | 1047                                                                 | 462        | 124        | 126        | 274        | 1,80        |
| <b>p</b>       | <,0001                                                                | 0,9409    | <,0001    | 0,0112    | 0,0041     | 0,2777    | 0,0032    | 0,0043      | <,0001                                                               | <,0001     | <,0001     | <,0001     | <,0001     | <,0001      |

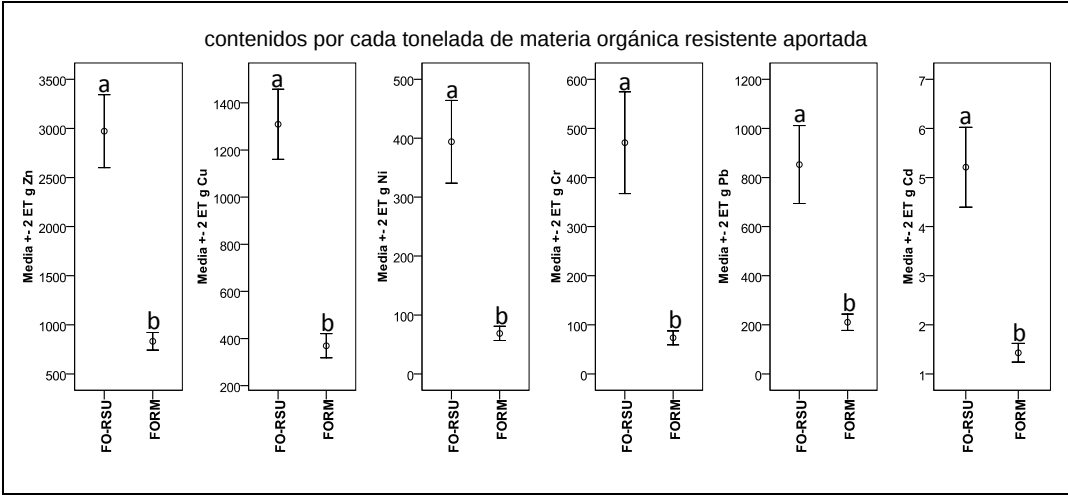


Figura 3. Cantidades aportadas de metales pesados (en gramos) por cada tonelada de materia orgánica resistente aportada de cada uno de los compost estudiados: compost de FORM y compost de compost de FO-RSU.

### 3.4. Aportaciones según la clasificación del RD 824/2005

La actual legislación española establece tres clases para los compost en función su contenido en metales (clase A, B y C), a partir de las cuales propone limitaciones en el uso. La clase A y B presentan las mismas posibilidades de comercialización mientras que la clase C tiene limitaciones en su uso. Por encima de la clase C los composts

deben ir a destino finalista (vertedero controlado o incineración). De los materiales estudiados, los compost de FORM presentan un 30% en clase A y un 66% en clase B, mientras que los compost de FO-RSU no tienen ningún representante en clase A y el 27% corresponde a clase B. Buena parte de los compost de FO-RSU presentan problemas de comercialización, ya que el 32% corresponde a clase C y el 41% debería ir a destino finalista. Existen varios agravantes con respecto a esta clasificación. El primero está relacionado con los usos, ya que los composts de la clase A tienen las mismas posibilidades que los de clase B y, por otro lado, no parece adecuado que pasen por el mismo baremo materiales con diferentes contenidos en materia orgánica o con diferentes grados de estabilización, restando perjudicados aquellos que hayan sufrido un mejor proceso y por tanto una mayor estabilización. El número reducido de muestras de compost de FO-RSU que corresponden a clase B y la gran cantidad de muestras que deberían ir a destino finalista (Huerta, 2010), evidencian la necesidad de impulsar la recogida selectiva de la materia orgánica de los residuos municipales, si realmente se quiere conseguir que el esfuerzo invertido en la obtención de estos compost sea sostenible y podamos utilizar el producto obtenido en el suelo para cerrar el ciclo.

En función de estas tres clases se pueden hacer estimaciones de la cantidad de metales aportados en su uso como enmienda orgánica. La Figura 4 recoge esta estimación y, como era de esperar, a peor clasificación mayor es el aporte de metales. Sería no obstante interesante averiguar si para una misma unidad de materia orgánica aportada y entre compost de residuos municipales pertenecientes a una misma clasificación también se pueden detectar diferencias, atendiendo a la tipología del material tratado. La Figura 5 recoge estas diferencias, centrando el estudio para la clasificación donde no hay restricciones de uso y donde los compost de FO-RSU tienen algún representante, la clase B. Se observa que, a pesar de pertenecer a la misma clase B, se mantienen las tendencias observadas referentes a una mayor incorporación de nitrógeno y potasio por parte de los compost de FORM, a la vez que se aporta una menor cantidad de metales pesados.

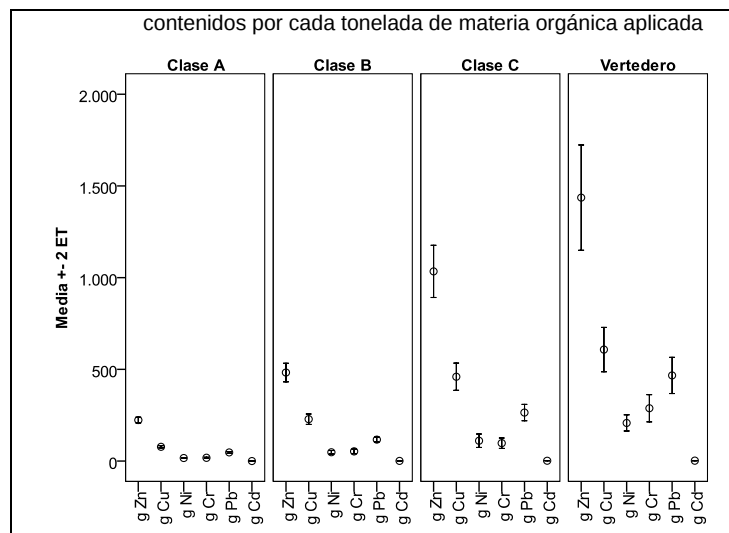


Figura 4. Cantidades aportadas de metales pesados (en gramos) por cada tonelada de materia orgánica aplicada para cada una de las clasificaciones alcanzada por los compost estudiados.

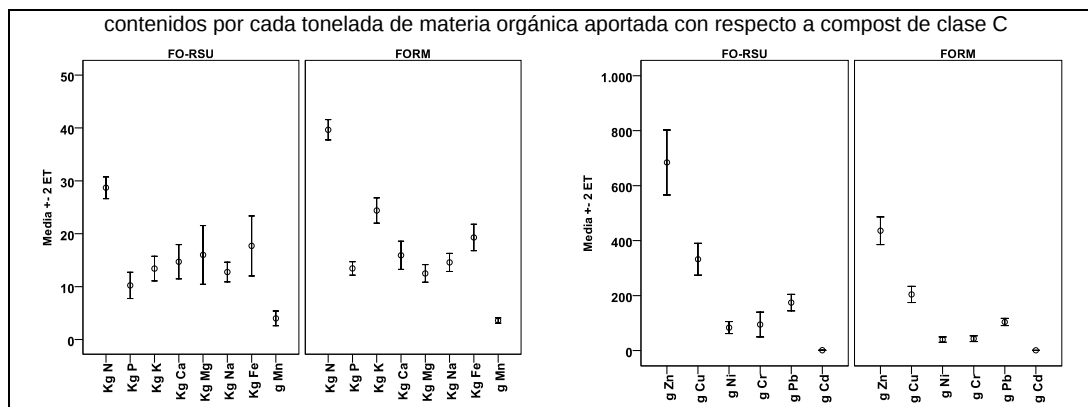


Figura 5. Cantidades aportadas por cada tonelada de materia orgánica aplicada para las dos tipologías de compost estudiadas (compost de FO-RSU y de FORM) correspondientes a la clase B.

#### 4. Conclusiones

El compost procedente del tratamiento de la FORM presenta características diferentes al compost obtenido de FO-RSU, debido a las características de los materiales de partida pero también a las condiciones de proceso.

La aplicación de compost como enmienda orgánica aconseja expresar los resultados en función de la cantidad de materia orgánica aportada. En este trabajo se han observado diferencias significativas en los contenidos de materia orgánica resistente, así como en los de nutrientes y metales pesados que serían aportados al suelo por cada tonelada de materia orgánica aplicada. Así pues, los compost de FORM incorporarían menor cantidad de metales pesados, a la par que realizarían mayores aportes de nitrógeno y potasio. Además la mayor cantidad de materia orgánica resistente aportada hace prever un distinto comportamiento respecto a la mineralización y liberación de nutrientes de los composts de FORM. En este caso, la liberación de nutrientes será más sostenida en el tiempo y, para mantener un mismo nivel de materia orgánica en el suelo, se requerirán aplicaciones menos frecuentes.

Según la clasificación establecida por el RD 824/2005 cabe destacar las limitaciones de comercialización y uso de buena parte de las muestras de compost de FO-RSU. Un 32% se incluyeron en la clase C y un 41% debería ir a destino finalista. Las diferencias observadas entre los dos tipos de compost desde el punto de vista de uso como enmienda, se mantienen incluso cuando se comparan las muestras dentro de una misma clase.

En conclusión, las aportaciones de materia orgánica y nitrógeno, junto con los resultados obtenidos en relación a los metales pesados, permiten afirmar que los composts de FORM son materiales más interesantes de usar como enmienda orgánica en comparación a los composts de FO-RSU.

#### 5. Bibliografía

- Almansa M., Fernández M., Valero J., López M., Soliva M., 2007. Velocidad de mineralización del estiércol vacuno según su estabilidad. *Residuos* 96, 30-36.
- Castro O., Turró J., Sabaté J., Huerta O., Aragay M., Soliva M., 2006. Aplicación de residuos orgánicos de distintos orígenes a un cultivo de lechugas. Influencia sobre la producción y la calidad. *Residuos* 92, 46-54.

- Haug R.T., 1993. *The practical handbook of compost engineering*. Lewis publishers, Boca Raton, Florida.
- Huerta O., 2010. *Dinàmica dels metalls pesants i dels nutrients minerals en el compostatge de residus sòlids municipals*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia.
- Huerta O., López M., Pijoan J., Càceres A., Soliva M., 2006a. Valoración agronómica de compost de distintas procedencias. *Infoenviro* 12, 55-58.
- Huerta O., López M., Soliva M., 2006b. Caracterización del compost producido en España (I). *Vida Rural* 230, 22-23.
- Jones R.J.A., Hiederer R., Rusco E., Montanarella L., 2005. Estimating organic carbon in the soils of Europe for policy support. *European Journal of Soil Science* 56, 655-671.
- López M., 2010. *Determinació i avaluació de l'estabilitat i maduresa de materials orgànics i compost*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia.
- López M., Huerta O., Muñoz P., Antón A., Rieradevall J., Ariño, J., 2008. Aplicación de compost de fracción orgánica de residuos municipales en la fertilización de cultivos hortícolas en la comarca del Maresme. En: Subvenciones I+D+i en el ámbito de la prevención de la contaminación. Balance 2004-2007. Ministerio de Medio Ambiente. 45-51.
- López M., Huerta O., Soliva M., 2006. Caracterización del compost producido en España (II). *Vida Rural* 233, 43-45.
- López M., Huerta O., Valero J., Soliva M., 2004. Raw organic materials origin and compost heavy metal contents. En: Bernal M.P., Moral R., Clemente R., Paredes C. (ed.) Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety. Proceedings of 11th international conference of the FAO ESCORENA network on recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture (RAMIRAN). Murcia, p. 113–116.
- López M., Soliva M., Martínez-Farré F.X., Fernández M., Huerta-Pujol O., 2010. Evaluation of MSW organic fraction for composting: Separate collection or mechanical sorting. *Resources, Conservation and Recycling* 54, 222-228.
- Santamaria N., Cros P., López M., Huerta O., Soliva M., 2009. Comportamiento del nitrógeno y el fósforo de un compost de RSU aplicado a suelos con distinto pH en pruebas de contenedor. *Residuos* 112, 22-29.
- SAS Institute Inc., 1999. SAS OnlineDoc®, version 8, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Soliva M., López M., Huerta O., Valero J., Felipó M.T., 2004. Waste organic matter quality versus soil amendment effects. En: Bernal M.P., Moral R., Clemente R., Paredes C. (ed.) Sustainable organic waste management for environmental protection and food safety. Proceedings of 11th international conference of the FAO ESCORENA network on recycling of agricultural, municipal and industrial residues in agriculture (RAMIRAN). Murcia, p. 201–204.
- Zdruli P., Jones R.J.A., Montanarella L., 2004. Organic Matter in the Soils of Southern Europe. European Soil Bureau Technical Report, EUR 21083 EN, 16pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.