



PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL COMPOST

Montserrat Soliva, Marga López, Óscar Huerta

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona-UPC. Campus del Baix Llobregat

Avda. Canal Olímpic, 15. 08860 Castelldefels (Barcelona). sapalomera@gmail.com

Introducción

No se puede hablar de compost, de su realidad, historia y futuro sin tener en cuenta el suelo, que es su receptor, ni hablar de la evolución de la sociedad, de la economía y de lo que ha ido ocurriendo con los recursos y los residuos a través de los tiempos. Importantes características del suelo (fertilidad, estructura, riesgo de erosión) están íntimamente relacionadas con su contenido en materia orgánica (MO). Cada tipo de suelo debe tener, desde el punto de vista agronómico, un determinado nivel en MO en función de las condiciones climáticas, para mantener una fertilidad y productividad determinadas. Se han propuesto contenidos entre 2,5 y 3% de MO para suelos agrícolas y se estima que un 74% de los suelos del Sur de Europa presentan contenidos inferiores al 3,4% en la capa arable (0-30 cm) [1] [2].

Para un efectivo mantenimiento del contenido en MO del suelo es necesario aplicar prácticas agrícolas adecuadas (rotación de cultivos, aprovechamiento de los residuos de cosechas y residuos orgánicos de distintos orígenes, aplicación de abonado en verde...). La *European Conservation Agriculture Federation* (ECAAF) [3] sugiere que en veinte años de cultivo intensivo del suelo se puede perder hasta un 50% de su contenido en MO si no se realizan aportaciones de enmiendas orgánicas de calidad. En las zonas donde exista escasez de residuos ganaderos la aplicación de compost procedente de actividades externas a la agricultura puede ser muy beneficiosa. El compostaje, que imita la transformación de la MO en la naturaleza, puede proveer a los suelos de una buena fuente de MO transformable en humus [4].

¿Qué importancia se le ha dado a la materia orgánica y a los residuos orgánicos a lo largo de la historia? ¿Cómo ha evolucionado su uso paralelamente al progreso de la sociedad, a los cambios económicos, al desarrollo de la ciencia agronómica o al descubrimiento de los fertilizantes?. La máxima importancia se le ha dado en las épocas en que su contenido en fitonutrientes era imprescindible para la producción agrícola; épocas en que se hacía un esfuerzo para recoger, mantener y aprovechar los componentes presentes en los residuos animales y de cosechas cuando éstos eran escasos. Además, con el tiempo fueron introduciéndose en la recuperación de nutrientes los residuos de las ciudades (tabla 1). A este interés por el aprovechamiento (reciclado) de residuos primaba su contenido en nutrientes, más que el interés directo por el mantenimiento de los niveles de MO.

Con el tiempo y la aparición de nuevos conocimientos sobre las bases de la producción vegetal¹ y de los fertilizantes minerales, varió el interés por estos materiales. Principalmente, los residuos de las ciudades pasaron de ser considerados como fuente de fitonutrientes a originar problemas sanitarios y, por lo tanto, a precisar de una recogida y

¹ En el año 1840 von Liebig, en su libro "Las leyes naturales de la Agricultura", recuerda la importancia de reaprovechar los nutrientes extraídos por las plantas y comenta que "la fertilidad de Sicilia se perdió en las cloacas de Roma"

vertido controlados². Paralelamente, con la intensificación de la producción agrícola y el uso de fertilizantes minerales, se inició el descenso del contenido en MO de los suelos y la aparición de problemas de contaminación que acompañan el desarrollo de las técnicas de cultivo intensivo.

Tabla 1.- Algunas referencias sobre el uso de residuos orgánicos [6]

<p>Lucio Junio Moderato Columela en "Los doce libros de agricultura" (año 42 de nuestra era): <i>"con frecuencia oigo quejarse de que la tierra ha sido invadida por la esterilidad, como pudiera serlo por cierta dolencia, no es propio de una persona sensata pensar que la tierra se ha envejecido como el hombre...Que la tierra no se envejece ni se fatiga si se estercola...por nuestra pereza nos corresponden con menos liberalidad los campos. Y así se pueden recoger frutos más abundantes, si se vuelve la tierra por sí, estercolándola frecuentemente, oportuna y moderadamente"</i></p> <p>Ibn al Awam (s XI) en su libro sobre agricultura: "Kitab al Falahah" habla de estiércol, compost y la utilidad de la sangre, incluso humana, como fertilizante.</p> <p>Moses Maimonides (1135-1204) <i>"Todo lo que está hecho de materia acaba por cambiar y desintegrarse. Las sustancias vivas se descomponen en otros organismos. Todas las cosas van y vienen, incesantemente, cada día, a cada hora, cambiando de unas a otras. Combinando y produciendo otras sustancias; de seres humanos, de animales, de plantas, de piedras y de minerales, lentamente, gradualmente durante largos periodos de tiempo"</i></p> <p>Miquel Agustí en el libro de "Secrets de l'Agricultura" (siglo XVII) escribía frases como: <i>"...totes les terres que estan destinades a produyr gra, fe ha de acomodar en lo Hiuern al Aduent, en femarlas ab fems de eftable, o de beftiar menut, i aço en les terres magras, de tres en tres anys per tenirla bona...tambe ha de hauer confideracio a la qualitat del fems, per que lo bon femar fe ha de fer de fems que hajan repofat un any, y fi fon mes vells manco valen, y los millors fems fon los de colom, apres lo del home, majorment effent mefclats ab les inmundicies dela cafa..."</i></p> <p>Olivier de Serres (1600), uno de los primeros agrónomos, en "Le theatre d'agriculture et mesnage des champs" cita: <i>"les immondices et les boues des roues, lorsqu'on les laisse reposer assez pour les décharger de tout ce qu'elles ont d'humidité, engraisent les terres; ...autour de Paris où les terres assez maigres par elles-mêmes deviennent très fécondes par le recours a ces amendements"</i></p> <p>Shakespeare (1606) menciona en Hamlet <i>"Do not spread the compost on the weeds, to make them ranker"</i>. Y en otro de sus libros (Timon of Athens) cita <i>"The earth's a thief, that feeds and breeds by a compoosture stolen from general excrement"</i></p> <p>Francis Bacon (1620) en su "Historia natural" comenta que <i>"...plants degenerate by removing into worse earth, or forbearing to compost the earth"</i></p> <p>Ramon Garrabou en el libro "La fertilización en los sistemas agrarios: una perspectiva histórica" (1996) da diversas citas sobre el valor del estiércol y el aprovechamiento de los residuos: <i>"lo masover deurà cuydar ab lo major esmero de la conservació y bon ús de la palla, invertinla en fems y abono de las terras" "els fems quan es treien de l'estable es posaven en una fosa on patein un escalfament espontani, desprenen carbonat amonic... la fermentació calia moderar-la perque no es perdes nitrogen..."</i></p> <p>Émile Zola (1873) en "Le ventre de Paris" evoca el interés de uno de sus personajes por los residuos del mercado <i>"Claude abatí une amitié pour le fumier, les épluchures de légumes, les boues des halles; les ordures tombées de cette table gigantesque restaient vivantes, pour tenir chaud à d'autres générations de choux, des navets, de carottes... Paris pourrissait tout, rendait tout a la terre qui sans jamais se lasser, reparait la mort."</i></p> <p>Victor Hugo, en el libro Les Misérables (1862), escribió: <i>"La aplicación de lodo a los cultivos, bosques y tierras minerales tiene sentido. Gracias a la fertilización humana, la tierra en China es todavía tan joven como en los días de Abraham... Todos los excrementos humanos y animales que pierde el mundo, devueltos a la tierra en vez de verterlos al mar, serian suficiente para nutrir la tierra"</i></p> <p>Mahatma Gandhi (1869-1948). <i>"Si olvidamos cómo cuidar el suelo, nos olvidaremos de nosotros mismos"</i></p>
--

² En la Edad Media, el incremento de la población y la aparición de las ciudades rompe el ciclo natural y en estas se acumulan los detritus; no obstante y, a pesar de los problemas de salubridad, muchos de ellos son aprovechados por los agricultores próximos para fertilizar sus cultivos ante la falta de estiércol. A inicios del siglo XVII, Olivier de Serres, uno de los primeros agrónomos, en su obra "Les mesnage des champs", hace una apasionada defensa del valor como fertilizante de las inmundicias recogidas en las calles [5]. Se estima que en el año 1830 los agricultores reciclaban la mitad de los residuos producidos en la ciudad de París A finales del siglo XIX, debido a los descubrimientos de Pasteur², se produce un cambio radical en la historia de los residuos, implantándose sistemas de recogida y de vertido para evitar problemas sanitarios.

En la actualidad, el escenario de los residuos orgánicos se ha transformado totalmente, considerándose, a la vez, un problema grave para la sociedad y una base de negocios rentables.

Son muy diversos los residuos orgánicos que se generan y muy elevadas las cantidades que necesitan de un destino apropiado, compitiendo por una parcela de suelo donde ser aplicados. En esta competición prima más el desprenderse del residuo que la mejora del suelo y de su capacidad productiva. Aunque algunos de los residuos pueden ser aplicados directamente, los problemas derivados de su almacenamiento, transporte, aplicación y control aconsejan, en la mayoría de los escenarios, que reciban previamente un tratamiento biológico (digestión anaerobia y/o compostaje) para estabilizar su MO y/o aprovechar al máximo su potencial.

Tabla 2.- Diversas definiciones de compostaje [6]

<p>En la bibliografía podemos encontrar múltiples definiciones del compostaje: Técnica de tratamiento y estabilización de RO</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Acción de fermentar materias orgánicas en presencia de aire➤ Fermentar en presencia del oxígeno del aire RO para obtener un abono rico en humus➤ Reciclar la MO y cerrar los ciclos naturales que han sido interrumpidos por el abandono de las prácticas agrícolas adecuadas➤ Proceso biológico que asegura la transformación de los componentes orgánicos de subproductos y residuos en un producto orgánico rico en compuestos húmicos: el compost➤ Ecotecnología que permite el retorno de la MO al suelo y su reinserción en los ciclos ecológicos vitales de nuestro planeta➤ Método de tratamiento biológico de valorización agronómica de la biomasa➤ Técnica de tratamiento sanitario de la RO, lo que la distingue del simple vertido de los residuos (evolución generalmente anaerobia de residuos heterogéneos) o aún más de la aplicación directa (proceso no térmico). Se realiza en condiciones controladas que la distinguen de una putrefacción o descomposición descontrolada que ocurre en vertederos abiertos, montones de estiércol o en los suelos➤ Proceso biológico controlado de transformación y valorización de sustratos orgánicos en un producto estabilizado, higienizado, parecido a tierra vegetal y rica en sustancias húmicas➤ Descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos en las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultado de una generación de energía calorífica de origen biológico, de la que se obtiene un producto final suficientemente estable para almacenarlo y utilizarlo en los suelos sin impactos negativos sobre el entorno➤ Técnica de estabilización y tratamiento de RO biodegradables, dirigida con prioridad a los sólidos y semisólidos; destruye, por temperatura, gérmenes y parásitos vectores de enfermedades y semillas de malas hierbas. Produce un producto que es factor de estabilidad y fertilidad de los suelos➤ Es el resultado de una actividad microbiológica compleja a partir de unas condiciones particulares, que puede considerarse una biotecnología según la definición de la <i>Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.)</i>: "Explotación industrial del potencial de los microorganismos, de las células vegetales o animales, y de los residuos que producen"➤ Proceso biooxidativo sobre un sustrato orgánico (sólido y heterogéneo) que evoluciona a través de una fase termofílica y temporal liberación de fitotoxinas, que produce CO₂, agua, minerales y materia orgánica estabilizada➤ Sistema de estabilización de residuos que requiere condiciones controladas, particularmente aireación y humedad, para alcanzar temperaturas favorecedoras de los microorganismos termófilos.➤ Proceso ecológico, dinámico y extremadamente complicado, en el que la temperatura, pH y asimilabilidad de nutrientes, están en continuo cambio como consecuencia del número y especies de microorganismos responsables➤ En este proceso, una fase sólida orgánica permite una actividad biológica eminentemente aeróbica al:<ul style="list-style-type: none">➤ servir de soporte físico y de matriz de intercambio de gases➤ facilitar los nutrientes orgánicos e inorgánicos y el agua➤ aportar microorganismos endógenos➤ recoger los residuos metabólicos generados y actúa como aislante térmico.

Compostaje y compost

El compostaje es un tratamiento biológico aerobio que antiguamente se consideraba una arte o ciencia que convertía un residuo en un recurso beneficioso para la conservación de la fertilidad de los suelos: compost. En la tabla 2 se pueden encontrar definiciones que se le han dado en distintas épocas. ¿Qué interesa en la actualidad al compostar y a quién? ¿Son los mismos intereses los de los usuarios que los de los productores o los de la sociedad? ¿Se puede presuponer que todos los sectores aceptarían la siguiente definición?:

Compostar (transformación biológica de los residuos en condiciones controladas) es gestionar los residuos orgánicos de una manera respetuosa con el entorno, involucrando y responsabilizando a la sociedad que los produce y dando al compost el destino adecuado

Pasado del compost y de la fertilización orgánica

Antiguamente, debido a las cantidades generadas de residuos y a la necesidad de aprovechar al máximo los nutrientes que contenían, los sistemas de recogida eran simples y cuando los residuos no eran aplicados directamente al suelo se conservaban en montones que acostumbraban a responder al nombre de "estercoleros". Se conocía bien cómo almacenarlos, tratarlos y aplicarlos para conservar los nutrientes, lo que unido a las escasas cantidades generadas, evitaba la aparición de problemas de contaminación. Como se muestra en la tabla 2, el compostaje puede considerarse una de las técnicas más antiguas relacionadas con la agricultura; ha sido un tratamiento de residuos orgánicos (RO) con una trayectoria pendular a lo largo de las distintas épocas, pasando repetidamente de ser una tecnología muy apreciada a un sistema denostado y olvidado.

A finales del siglo XIX se utilizó, principalmente en Estados Unidos, como una manera de tratar los residuos humanos en aquellas poblaciones que no disponían de sistema de alcantarillado, y fue en la primera mitad del siglo XX que Albert Howard sistematizó el compostaje (sistema Indore) y lo valoró como una técnica higiénica de tratar residuos sin olvidar la producción de compost [7] [8].

Situación actual del compostaje y el compost

Se ha comentado que el compostaje ha presentado a lo largo de los años una trayectoria pendular; en los últimos tiempos ha vuelto a ser una opción con interés debido a: incremento de la generación y problemática de distintos tipos de residuos orgánicos, así como a legislaciones que demandan la reducción de MO que llega a los vertederos, la protección del suelo y el control de las emisiones relacionadas con el cambio climático. Si hubo épocas en que el interés por el compostaje era debido a la necesidad de disponer de materia orgánica estabilizada y de los nutrientes que podía aportar, en la actualidad la obtención de compost de calidad con la finalidad de mantener la fertilidad de los suelos y evitar los problemas de erosión y desertización ha quedado relegada a un segundo plano. En nuestro país se han construido en los últimos años muchas plantas de tratamiento biológico cuya finalidad real, mayoritariamente, no es la obtención de compost, sino el negocio ligado a su construcción y a la entrada de residuos. Por esta razón, el compost que se obtiene en la mayoría de los casos no cumple unos baremos de calidad y/o su fabricación comporta, en algunas ocasiones, unos gastos ambientales y económicos tan elevados que cuestionan los beneficios ambientales de este sistema de tratamiento.

¿Qué baremos de calidad debería cumplir el compost? ¿Sólo los que aparecen en la legislación vigente? ¿Aquéllos que interesan a los posibles usuarios, a los técnicos, a los

científicos? ¿Quién debe controlar la calidad? ¿Cómo se valora esta calidad en las propias instalaciones? ¿Cómo divulgar la composición del compost? ¿Cómo interpretarla?

Son diversos los tipos de compost que pueden encontrarse, destacando los procedentes de lodos de depuradora, residuos municipales (RM), fracción orgánica de residuos municipales (FORM), restos vegetales (RV), residuos ganaderos, residuos de industria agroalimentaria... Cada materia prima tiene unas características que obligan a realizar unos determinados pretratamientos y mezclas para asegurar el funcionamiento del proceso en primera instancia y también la calidad del compost. [9] [10]. No siempre estas exigencias se cumplen, ya sean por motivos económicos o de ocupación de espacio, provocando problemas en el funcionamiento de las instalaciones, generando elevadas cantidades de rechazo y/o produciendo un producto final sin la calidad necesaria para hallar un destino adecuado.

Se exponen a continuación algunos ejemplos para ilustrar la situación actual en lo que respecta a: composición de los composts producidos y cumplimiento de la legislación, contenido en impropios y en contaminantes, ocupación de espacio,... Sin ser en absoluto exhaustiva, la información que se incluye, puede dar ideas para plantear el futuro del compostaje y el compost.

Características generales de distintos tipos de compost

En la tabla 3 se presenta una valoración general de composts de distinto origen analizados en nuestro centro, que pone de manifiesto que no todos los tipos son adecuados para los mismos usos. El desconocimiento por parte de los usuarios de las diferencias perjudica la comercialización del compost.

Tabla 3.-Valoración de grupos de compost de origen variado, según distintos parámetros

	pH	CE	MO	Estabilidad	Contenido en nutrientes	Contenido en contaminantes	Índice de germinación	Aspecto / olor
Estiércol	● ●	● ●	●	● ●	●	●	● ●	● ●
Corteza	●	●	●	●	●	●	● ●	●
Restos Vegetales (RV)	●	●	●	●	● ●	●	●	●
Lodos + RV	● ●	●	●	●	● ●	● ●	●	● ●
Restos Municipales (RM)	● ●	●	● ●	● ●	● ●	●	●	● ●
FO de RM + RV	● ●	●	●	●	● ●	● ●	● ●	●

● Bien ● Regular ● Insuficiente

En la figura 1 se exponen características de muestras de compost procedente de residuos municipales de plantas distribuidas por España³, diferenciando las que proceden de plantas que los tratan en masa (RSU) de las que procesan la fracción orgánica de residuos municipales procedente de recogida selectiva (FORM) complementada con restos vegetales (RV). No se muestran en esta figura los contenidos en metales pesados porque se quiere enfatizar la importancia de parámetros generales, aparezcan o no en la legislación. Destacan los valores inferiores de la CE para las muestras de FORM y los contenidos superiores de MO, nitrógeno y, principalmente, de materia orgánica resistente (MOR).

³ Todas estas muestras corresponden a proyectos realizados en la ESAB financiados por el Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Medio Ambiente y Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.

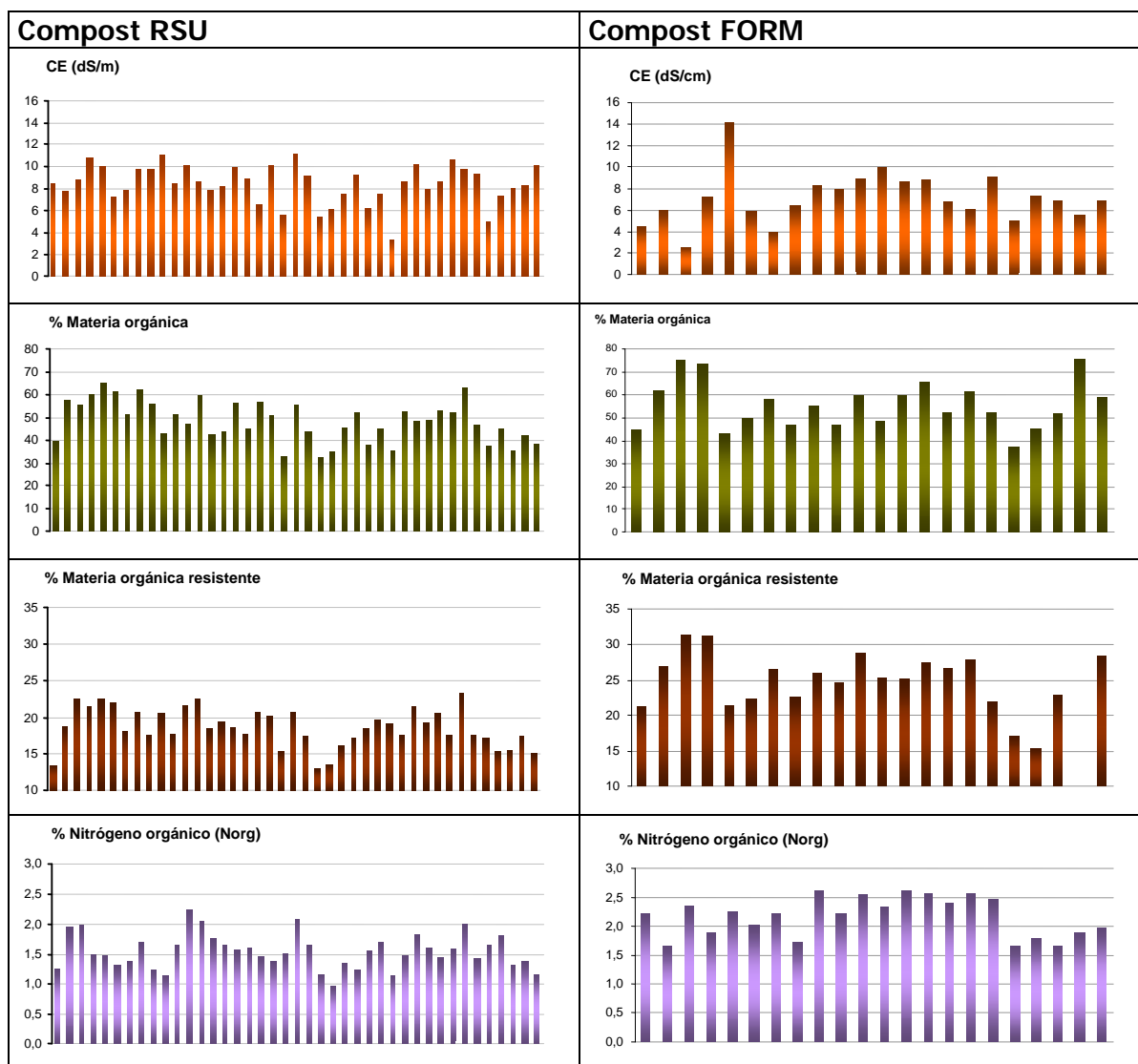


Figura 1.- Características generales de muestras de compost de RSU y FORM

Contenido en metales pesados de compost de distintos orígenes

El contenido en metales de las muestras de compost depende de las materias primas, de la posible contaminación a lo largo del proceso y de la concentración relativa debida a la disminución de MO. Usualmente, el compost procedente de residuos ganaderos presenta contenidos bajos de metales y el de lodos, debido a un insuficiente control de las aguas de entrada en las depuradoras, niveles superiores [11] [12] [13] [14]. Se presentan en la figura 2 los distintos contenidos en metales de muestras de compost de residuos municipales (RM)^{4, 5} diferenciando si proceden de instalaciones que tratan RSU o FORM. Destacan los niveles superiores en las muestras de compost de RSU que pueden atribuirse a la materia prima y a la contaminación a lo largo del proceso por el contacto con los impropios [10] [14] [15] [16] [17] [18].

⁴ Todas estas muestras corresponden a proyectos realizados en la ESAB financiados por el Instituto Geológico y Minero de España, Ministerio de Medio Ambiente y Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona.

⁵ En la preparación de la muestra para el análisis de los metales pesados, una vez seca y antes de triturarla, se eliminan las impurezas que contiene.

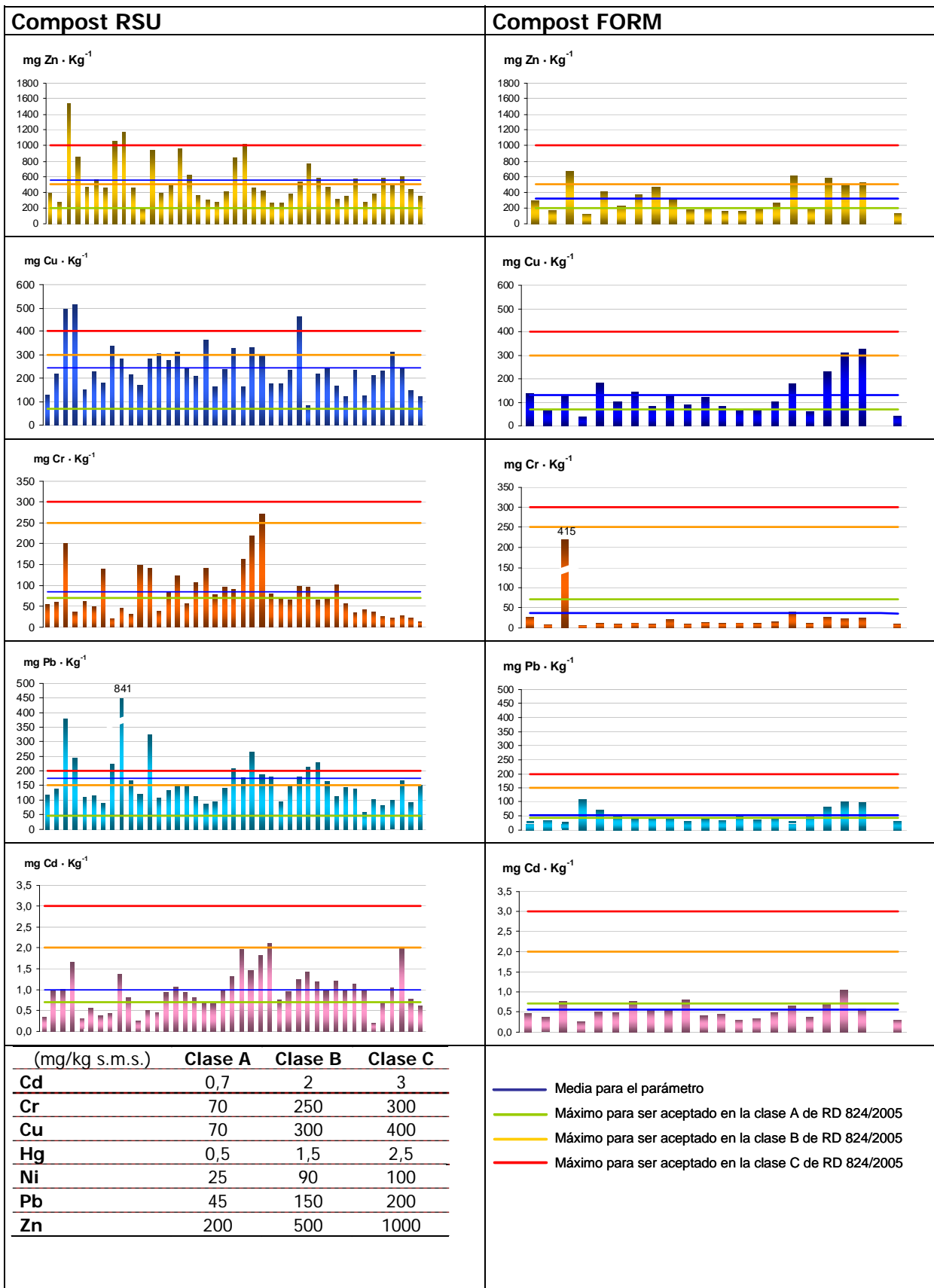


Figura 2.- Contenido en metales pesados de muestras de compost de RSU y FORM y niveles exigidos por el RD 824/2005

Cumplimiento de la legislación de distintos grupos de muestras de compost analizadas

El Real Decreto RD824/2005 contempla las características exigidas a distintos tipos de compost (tabla 4) y los contenidos en metales según la calidad (figura 2).

En un estudio realizado en colaboración con el Instituto Geológico Minero de España, el Ministerio de Medio Ambiente y el Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona se visitaron 86 plantas de compostaje (22 de FORM, 36 de RSU, 13 de lodos, 8 de estiércol, 5 de RV y 7 mixtas). Todas se analizaron según la metodología utilizada en nuestro centro [19] que incluye los parámetros incluidos en el RD824/2005 pero también otros que se consideran de interés desde el punto de vista agronómico. En la figura 3 se representa el cumplimiento de los distintos grupos de muestras para los parámetros: humedad, MO, C/N, contenido en impropios y granulometría. Destaca el incumplimiento generalizado del contenido en humedad ya que en la mayoría de las plantas se produce un material muy seco que, aunque facilita el cribado final, provoca muchos problemas de polvo en su manejo y aplicación y puede esconder falta de estabilidad. Las muestras de compost de RSU presentan los contenidos más elevados en impropios.

Tabla 4.- Características exigidas a los diferentes tipos de compost según RD824/2005

Compost	Compost vegetal	Compost de estiércol	Vermicompost
% H : 30%-40%			
C/N < 20			
% MOT > 35%	% H : 30%-40%	% H : 30%-40%	% H : 30%-40%
Granulometría:	C/N < 15	C/N < 20	C/N < 20
pedras y gravas Ø>5mm menos del 5%	% MOT > 40%	% MOT > 35%	% MOT > 40%
Impurezas Ø>2mm menos del 3%	Ausencia de impurezas	Ausencia de impurezas	90% partículas Ø < 25mm
90% partículas Ø < 25mm			

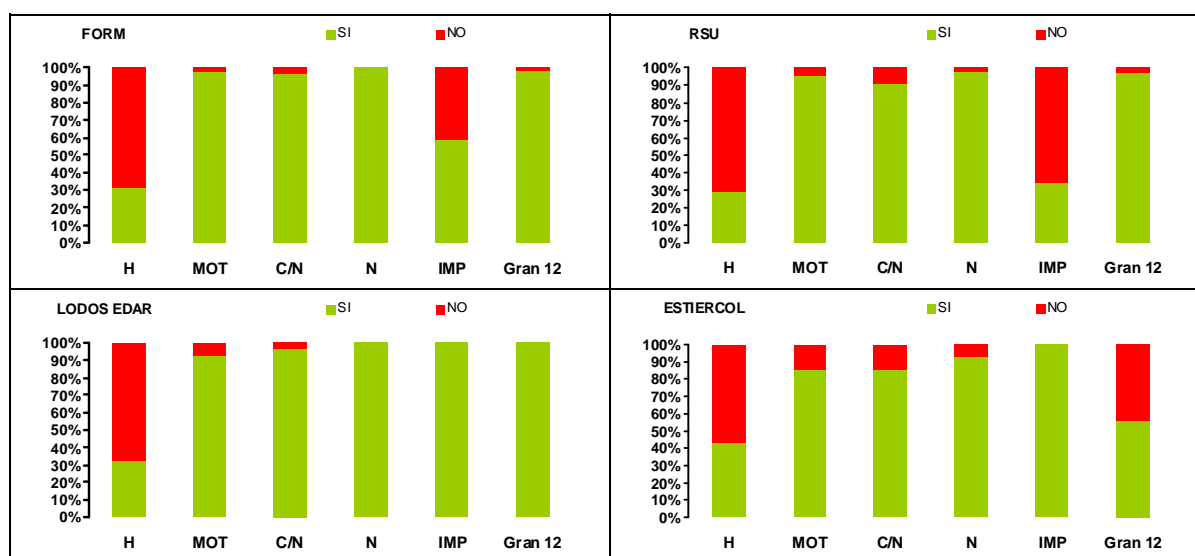


Figura 3.- Cumplimiento legislativo de las muestras analizadas según parámetros analizados (H:humedad; MOT: materia orgánica; IMP: impurezas; Gran 12: tamaño partícula inferior a 12mm.)

En la figura 2 se han expuesto los contenidos en metales de las muestras de compost de FORM y RSU y en la figura 4 la clasificación del conjunto de muestras, y de los distintos grupos, según su contenido en metales. Destaca la mejor clasificación de las muestras de compost de FORM aunque debe prestarse atención al hecho de que sea un bajo porcentaje de estas muestras las que correspondan a la clase A.

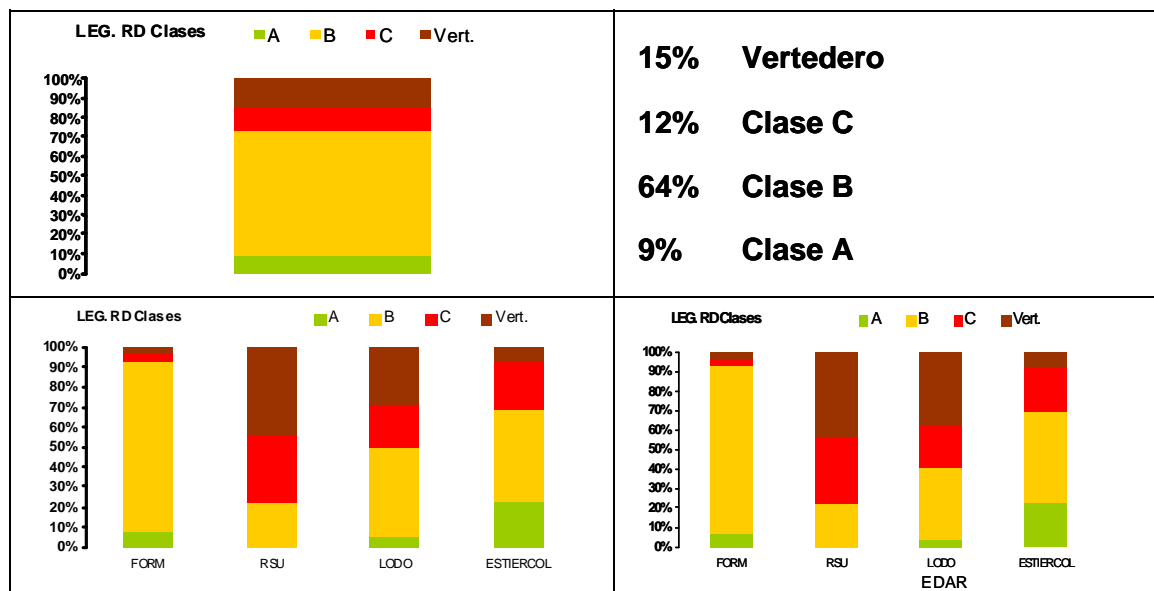


Figura 4.- Relación porcentual de clases A, B y C del conjunto de muestras analizadas y para las distintas grupos de compost

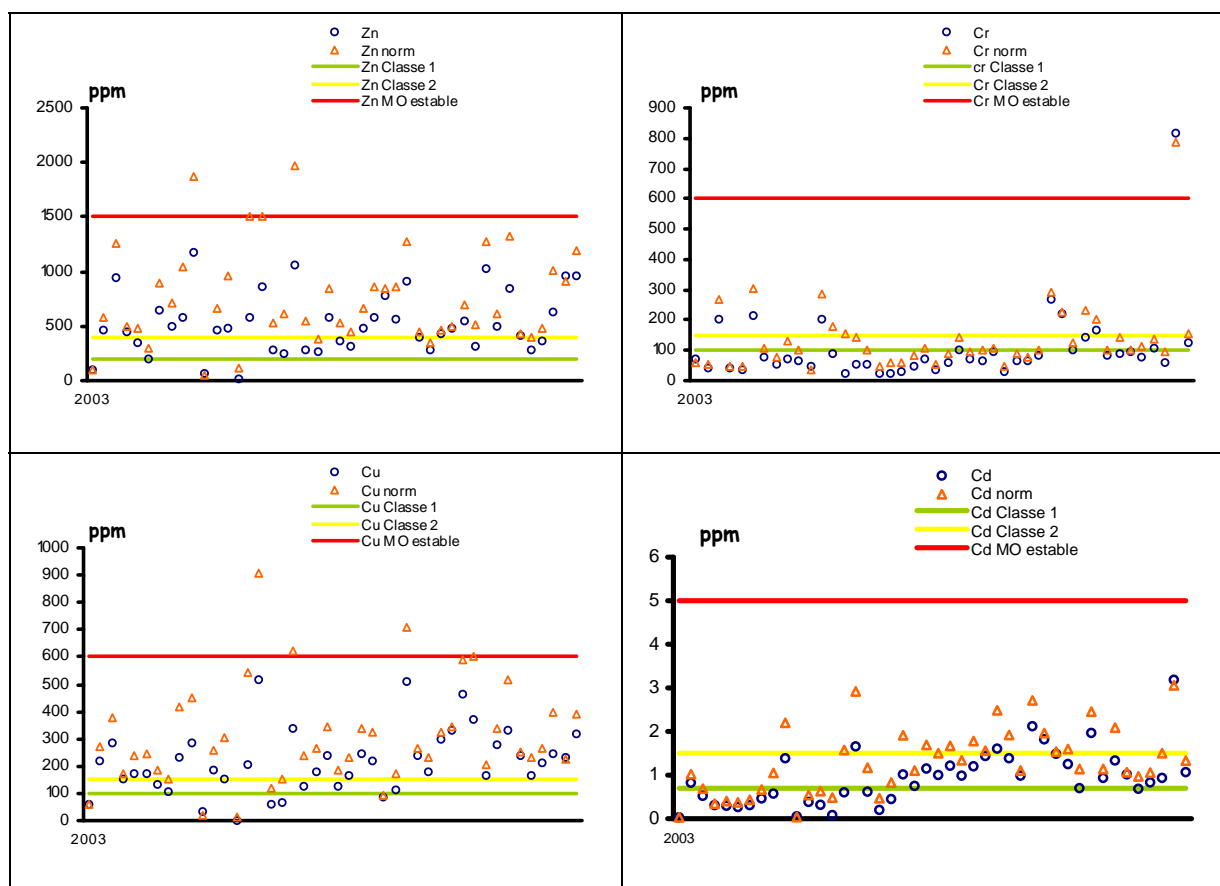


Figura 5.- Contenido en metales pesados de muestras de compost de FORM expresadas sms y smh pero con el contenido en MO normalizado al 30% [17] comparados con los niveles propuestos en el borrador de la UE [20]

Desde hace tiempo está pendiente de aprobarse la normativa europea respecto a la calidad del compost [20], en la que aparecen unos límites inferiores del contenido en metales pero con la novedad de que se proponen normalizados a un contenido en MO del 30%.

En la figura 5 las gráficas muestran los contenidos en Zn, Cr, Pb, Cu y Cd para muestras de compost de FORM analizadas [17]. En azul se indica el contenido en metal sms, mientras que en naranja el resultante de normalizar la concentración al 30% de MO propuesto por la UE. Las tres líneas restantes corresponden a los máximos propuestos para cada una de las clases en dicho documento.

Eficiencia del proceso

¿Como valorar la eficiencia del compostaje? ¿Por la calidad del compost obtenido? ¿Por el rendimiento? ¿Por el funcionamiento del proceso? ¿Qué relación hay entre funcionamiento del proceso, calidad y rendimiento⁶? ¿Qué influencia tiene todo ello en los problemas ambientales?

Es importante conocer las características del compost obtenido en las instalaciones (figuras 1 y 2) pero también lo es, y se olvida muy a menudo, conocer cómo se ha obtenido; ¿con qué costes, con qué rendimiento?. No es aceptable, si se consideran las instalaciones como "fábricas", el desconocimiento del rendimiento y que se base solamente su "economía" en las ganancias que genera la entrada de materiales. Se desconocen los rendimientos con que se han obtenido los composts que se presentan en los apartados anteriores, pero en un proyecto realizado últimamente en colaboración con la *Agencia de Residus de Catalunya* (ARC) [21] se ha intentado recabar información al respecto y, aunque aún se está analizando los datos, se hace referencia a una pequeña parte de ellos.

Así, en la figura 6 se muestra la reducción del contenido en MO a lo largo del proceso en cuatro instalaciones. Independientemente del resultado final que ya indica que en una de ellas el proceso ha sido incompleto, el ritmo de pérdida de MO es muy distinto en cada una, hecho que influye en la ocupación de espacio, además de indicar que la eficiencia de la descomposición no ha sido la misma en los cuatro casos. En la figura 7, se representa la afectación del grado de descomposición de la MO, así como del contenido en impropios del material a compostar, sobre la ocupación de espacio.

También, si se analiza la cantidad de residuos tratados y la disponibilidad de espacio en cada una de las plantas estudiadas se observa diferencias importantes de ocupación (figura 8) que deben ser tenidas en cuenta al evaluar la cantidad y calidad del compost obtenido así como los costes de tratamiento.

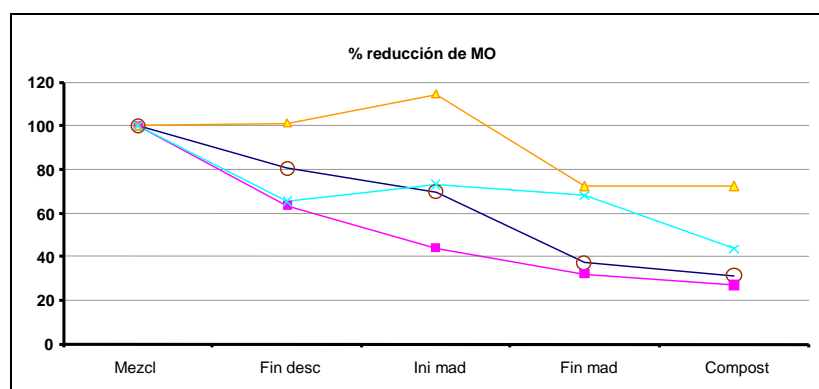


Figura 6.- Porcentaje de reducción de MO a lo largo del proceso [21]

⁶ Debe quedar claro que el concepto de rendimiento en compostaje es distinto al utilizado en la mayoría de procesos industriales ya que cuanto más estabilizado esté el compost menor será el rendimiento. Se debería relacionar más con la cantidad de rechazo producido



Figura 7.- Estimación de la afectación del contenido en impropios del material de entrada y de la eficacia del proceso en la ocupación de las plantas de compostaje

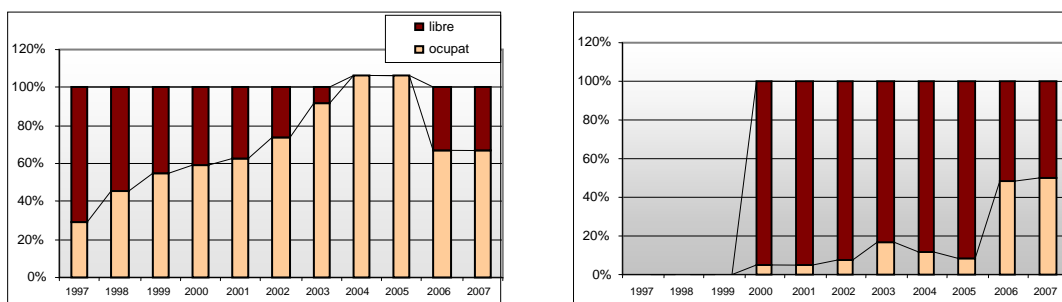


Figura 8.- Distinta ocupación de dos plantas de compostaje a lo largo de los años [21]

Relación entre contenido en impropios, ocupación de espacios, granulometría y generación de rechazo

En las plantas de tratamiento de RSU el contenido en impropios comporta una serie de problemas de funcionamiento además de provocar que el compost no sea, en general, aprovechable para usos agrícolas:

- ✓ Obligan a disponer de mano de obra y equipos mecánicos para la selección.
- ✓ Se generan elevadas cantidades de rechazo que arrastran MO que complican su manejo y deposición en vertedero, incrementando los gastos de gestión.
- ✓ Incrementan la necesidad de espacio por la utilización de más equipos, por el ocupado por los impropios durante el proceso (figura 7) y por la necesidad de almacenar rechazo.
- ✓ Se produce un importante aumento del consumo energético y económico ya que se elevan los gastos por transporte (entrada de FO con impropios, salidas de rechazo hacia el vertedero) y los de proceso al tener que realizar la mayoría de operaciones sobre material con un elevado contenido en impropios.
- ✓ Aumentan las averías y el desgaste de maquinaria.
- ✓ Influyen en la aparición de olores desagradables al favorecer la creación de condiciones anaerobias que interfieren en el desarrollo adecuado del proceso.

En la figura 9 se puede ver la distinta necesidad de túneles de descomposición según el contenido en impropios del material de entrada [21]; obviamente, si no es posible reducir el material de entrada o disponer de más túneles, la situación más desfavorable repercutirá en los días de tratamiento.

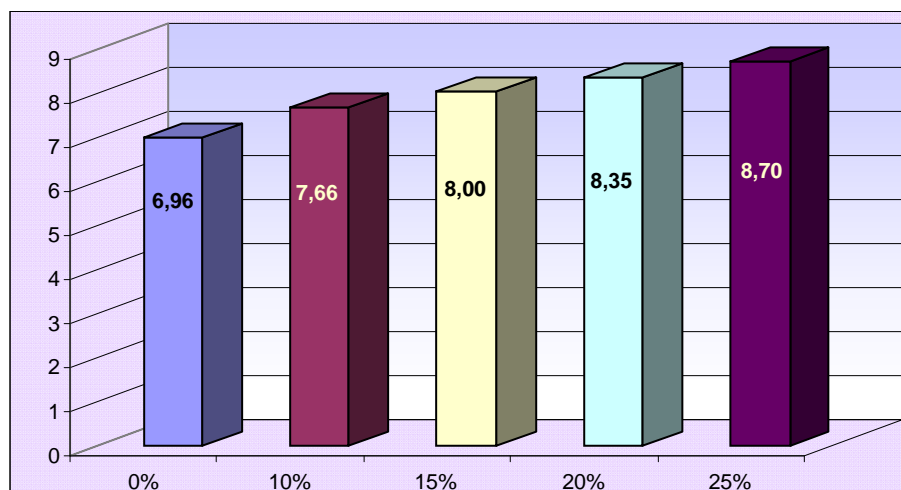


Figura 9.- Efectos del contenido en impropios en la necesidad de túneles [21]

En las figuras 1 y 2 se muestran las distintas características de compost de RM, según provenga de RSU o de FORM, destacando que las primeras presentan contenidos superiores de metales e impurezas, debido al tipo de materia prima. Independientemente de la contaminación, presentan contenidos inferiores de MO resistente y de N, indicando que su procesado ha sido insuficientemente controlado, hecho que se puede atribuir a plantas saturadas por el volumen ocupado por los impropios (figura 7) que dificultan el manejo y, frecuentemente, obligan a reducir los tiempos de tratamiento.

En el caso de trabajar con RM bastantes plantas optan por el uso de tamices con luces de paso pequeñas para reducir la cantidad de impurezas en el compost final. Así lo sugieren muchos de los resultados hallados en los proyectos realizados [10] [21]. En la figura 10 se presentan resultados de dos de las muestras que ponen de manifiesto esta cuestión que seguro influye en la cantidad de rechazo generado en cada caso.

Comercialización y uso del compost

En la situación actual del compostaje no hay que olvidar cómo se valora el producto obtenido, si tiene el destino previsto o si, por el contrario, grandes cantidades siguen en las instalaciones o son llevadas al vertedero. Desgraciadamente, las características del compost no son siempre las adecuadas pero además existe gran desconocimiento de las ventajas que representa el uso de un producto bien fabricado, sobre todo a largo plazo. Además del desconocimiento del producto⁷ y de sus posibles usos existen demasiadas malas experiencias con plantas de tratamiento que han desprestigiado el producto.

No se ha de plantear el compostaje simplemente como un sistema de tratamiento de residuos, sino como un proceso industrial que debe llevarse a cabo con todos los controles necesarios, independientemente del tipo de material de entrada, con preocupación por el producto final (calidad y rendimiento) y por la divulgación de su uso. Las asociaciones de fertilizantes minerales, a pesar del importante mercado que tienen, continúan fabricando nuevos productos, divulgando sus usos e incluso manifiestan preocupación por el medio

⁷ No existe una definición clara del compost y de sus características, según origen; los posibles usuarios desconocen qué pueden esperar del producto y qué pueden exigir.

ambiente y las nuevas legislaciones, aconsejando buenas prácticas de aplicación y/o valorando los costes ambientales de su producción.⁸



Figura 10.- Aspecto, granulometría y contenido en impropios de dos muestras de RM

Por el contrario, las políticas de comercialización de compost son prácticamente inexistentes; en la mayoría de instalaciones de tratamiento biológico aún no se analizan y controlan todos aquellos aspectos que influyen en la composición y rendimiento del compost. En un estudio realizado (ESAB/ARC) sobre la comercialización del compost en Catalunya [22] se ha detectado claramente que las plantas mejor valoradas por su producto son las que, a su vez, tienen un mejor control del proceso. También coincide que son algunas de estas plantas las que disponen de personal dedicado a la promoción del compost; en este sentido es importante asegurar que este personal está bien formado e informado.

En el caso del compost deben también establecerse formatos para la presentación de sus características, posibles usos y condiciones de utilización, maneras de evaluar los costes

⁸ <http://www.fertiliser-society.org/Proceedings/US/Prc509.HTM>. Consultado en Noviembre 2008.

ambientales, sociales y económicos de su fabricación, así como poder llegar a contabilizar las ventajas económicas de su uso.

Compostaje y compost como herramienta en la lucha contra el cambio climático

Se introduce este apartado con la finalidad de comentar que, si en realidad se puede considerar una herramienta, debería serlo como consecuencia de una gestión correcta de la conservación de la materia orgánica de los suelos.

Actualmente la gestión de los residuos orgánicos se trata como una necesidad debido a las nuevas tendencias legislativas, a la falta de lugares donde instalar nuevos vertederos, y a la problemática ambiental y social que generan estos residuos; pero aún es más reciente la justificación de los tratamientos biológicos de la MO por su presunto papel beneficioso en relación a la generación de gases de efecto invernadero.

Seguramente si lo que se plantease fuese la problemática de conservación del suelo, la pérdida de fertilidad y de MO, la producción y la calidad de los alimentos según tipo de fertilización y coste de la misma, se podría actuar sobre todos los puntos pero invirtiendo el planteamiento. Manteniendo los niveles de MO de los suelos, utilizando para ello los RO más adecuados en cada situación y tratados correctamente, se podría alcanzar un equilibrio que podría conducir a una gestión más racional de los RO y de los fertilizantes minerales, a beneficios económicos para los agricultores y ambientales para la sociedad, así como considerar el efecto sumidero de C de los suelos.

En el documento *“Waste management options and climate change”* publicado por la UE en 2001 [23] aparece información sobre los costes económicos y ambientales de los distintos tratamientos, así como un intento de valorar las ventajas del uso de compost. A partir de esta información y tomando como ejemplo dos compost de los que se han analizado (tabla 3) se han realizado las siguientes aproximaciones (tablas 5 y 6).

Tabla 5.- características de dos compost de calidad distinta

	%								mgkg ⁻¹			
	H	MOT	MOR	C	C _r	N _{org}	P	K	Zn	Cu	Pb	Cd
M	30	55,7	26,0	27,9	13,0	2,10	0,92	1,17	130	42	22	0,3
I	30	48,0	19,0	24,0	9,5	1,55	0,46	0,67	557	244	173	1

Tabla 6.- Cantidades de distintos componentes aportadas por 1 tonelada de los dos tipos de compost

	kg t ⁻¹ _{mh}								g t ⁻¹ _{mh}			
	ms	MOT	MOR	C	C _r	N _{org}	P	K	Zn	Cu	Pb	Cd
M	700	390	182	195	91	14,7	6,4	8,2	91	29	15	0,2
I	700	336	133	168	67	10,9	3,2	4,7	390	171	121	0,7

Según el mismo documento y con referencias de distintos autores [24] [25] se estima que entre un 8-6% del carbono del compost aplicado se mantiene aún después de 100 años de su aplicación; teniendo en cuenta esta estimación y considerando un 8% para el compost M y un 6% para el compost I se calcula los kg de CO₂ secuestrados a los 100 años por cada tonelada de compost (mh) aplicada (tabla 7). Aunque este cálculo sea sólo una

estimación sujeta a un margen elevado de error pretende llamar la atención sobre la necesidad de valorar la fabricación y uso del compost desde diferentes perspectivas. En la misma tabla se incluye el ahorro estimado de CO₂ equivalente al aprovechar los fitonutrientes contenidos en una tonelada de compost en lugar de fabricarlos [26].

Tabla 7.- C eq CO₂ secuestrado a los 100 años por la aplicación de 1 ton de composta y ahorrado en la fabricación de los nutrientes contenidos

	C _{secuestrado} a los 100años *t ⁻¹	C _{eq-CO2} *t ⁻¹	C _{eqCO2} ahorrado en la fabricación de los nutrientes contenidos en 1 t de compost		
			N	P	K
M	15,6	57,2	77,8	3,3	3,1
I	10,1	37,0	57,4	1,7	1,8

Otros muchos aspectos (positivos y negativos) deberían ser evaluados en la aplicación de compost aunque son difíciles de cuantificar. Así, cabe considerar que la aportación de MO (en cantidades y calidad adecuadas) implica:

- Mejora de las propiedades de los suelos y reducción de la erosión (mejor conservación de la materia orgánica de la superficie), que además repercute en un ahorro de energía al facilitar el trabajo del suelo y mejorar el aprovechamiento del agua.
- Efectos supresores de ciertas patologías que permiten obtener un beneficio ambiental, tanto por el ahorro energético en la fabricación de pesticidas, como por la reducción de sus efectos contaminantes.

Si por el contrario, no se aplican las dosis adecuadas de compost o su calidad no se ajusta a la requerida para el suelo, los efectos serían negativos tanto por la afectación a la producción agrícola como por la pérdida de valor que se produciría por el incremento del contenido en metales resultante de aplicar un compost contaminado.

Situación del desarrollo de la tecnología en el ámbito del compostaje

No hay espacio en esta comunicación ni los autores disponen de suficiente información para realizar un resumen de esta situación, pero es necesario reflexionar sobre estos aspectos y plantearse una serie de preguntas antes de hablar del futuro del compostaje y del compost.

Existen en los últimos años muchos trabajos sobre compostaje, calidad del compost y posibles usos, algunos muy interesantes y útiles, pero a menudo no desarrollan aspectos nuevos de la problemática y no sirven para avanzar en el conocimiento ni en la solución de los problemas reales.

La aparición de un negocio de considerables dimensiones alrededor de los residuos, también ha comportado la proliferación de empresas que ofrecen equipos y sistemas tecnológicos para el tratamiento de los residuos orgánicos. Las elevadas expectativas creadas en torno a la capacidad de la tecnología para superar muchos de los problemas que afrontan las instalaciones, han comportado que en muchas ocasiones las plantas se conviertan en bancos de prueba de los fabricantes de equipos y se realicen costosas inversiones en maquinaria y sistemas de tratamiento cuya eficiencia no está lo suficientemente contrastada, o no siempre responden a las necesidades particulares de cada instalación o a las características de los residuos generados en diferentes zonas.

La gestión de los residuos recibe enfoques distintos según se pretenda: disminuir su generación y la problemática que representan, o valorizarlos e incrementar su valor. En realidad, una buena gestión debería incluir todas estas posibilidades pero para ello, es necesario un cambio de filosofía y actitud que comprometa a todos los sectores implicados: administraciones, productores de sectores comerciales, ciudadanía, empresas de recogida y gestores de instalaciones. Parece que los problemas generados por una mala gestión de los residuos sólidos sólo se saben solucionar aumentando el número de instalaciones, tecnificándolas al máximo, incrementando el consumo de energía pero olvidando, o relegando a un nivel secundario, el conocimiento y cumplimiento de los fundamentos biológicos del compostaje.

Los sistemas de tratamiento han ido cambiando ¿porque hemos aprendido de nuestros errores? ¿o porque hemos aprendido cómo sacar más ventajas económicas del tratamiento de residuos? Tenemos el poder de transformar nuestro entorno tomando notas de nuestras pasadas experiencias y continuar descubriendo, creando, inventando y mejorando, pero es imprescindible que todo ello se haga con sentido común y con unos objetivos bien definidos.

Son diversos los ámbitos de la sociedad que se interesan, trabajan y/o están relacionados con la gestión de los residuos pero con dificultades para realizar un trabajo transdisciplinar y, a menudo, demasiado preocupados por los propios e inmediatos intereses. La optimización del potencial que la investigación y el desarrollo tecnológico puede aportar a la mejora de los tratamientos biológicos exige realizar importantes esfuerzos para aunar experiencia y esfuerzos innovadores con un planteamiento racional.

FUTURO DEL COMPOSTAJE Y DEL COMPOST

Podría resumirse el pasado y presente del compostaje y compost:

- ✓ **Pasado:** producción de residuos orgánicos no problemática que podía ser gestionada localmente, manteniendo la fertilidad del suelo y cubriendo las necesidades de los cultivos.
- ✓ **Presente:** necesidad de gestionar la gran cantidad de residuos orgánicos generados, proteger el suelo, producir alimentos (cantidad y calidad) y evitar problemas ambientales. Ante estas necesidades la respuesta no es del todo correcta ya que priman intereses particulares y económicos sobre la necesidad de conseguir unos objetivos comunes para la gestión de los residuos.

El futuro del compostaje y del compost no puede tratarse desligado de la gestión de los residuos en general y de otros tratamientos, así debe considerarse que pueden coexistir distintos sistemas de tratamiento siempre que se elija el más adecuado en cada situación concreta y considerando los balances ambientales y económicos más convenientes.

Tendrá un futuro si:

- ✓ Varía el concepto de las instalaciones de compostaje: deben tratar residuos pero con el objetivo de fabricar compost y siempre primando los fundamentos biológicos del compostaje frente al uso excesivo, y no siempre justificado, de nueva tecnología y maquinaria

- ✓ Se establecen claramente los objetivos del compostaje, las características mínimas a exigir a los materiales de entrada, las condiciones sanitarias e higiénicas de las instalaciones y los controles de emisiones.
- ✓ Se garantiza el cumplimiento de las condiciones anteriores mediante el consiguiente arbitraje de la administración.
- ✓ Se informa a la sociedad de los problemas derivados de un consumo descontrolado y de la generación excesiva de residuos (sólidos o líquidos)
- ✓ Se definen las condiciones mínimas para que un producto pueda denominarse compost, estableciendo a su vez las diferencias que existen entre distintos orígenes para poder aconsejar su uso más adecuado. Se puede aceptar ofertar materiales con distintos grados de estabilidad en función del uso previsto, pero siempre que hayan alcanzado un mínimo estado de madurez.
- ✓ Se facilita la divulgación de las características del compost, estableciendo parámetros mínimos para cumplir e informar.
- ✓ Se clarifica y diferencian las instalaciones de compostaje de aquellas que simplemente estabilizan la materia orgánica para poder aplicarle un destino finalista con la mínima afectación ambiental.
- ✓ Se evita, o incluso se prohíbe, asignar el nombre de compost a productos que proceden del tratamiento de residuos que no cumplen unos requisitos mínimos o que no han recibido un tratamiento de compostaje correcto.
- ✓ Se facilita la formación de técnicos involucrados en este tema ya sean de la administración o de empresas que participen en distintas etapas de la gestión.
- ✓ Se sitúa el compost como un producto competitivo en el mercado de fertilizantes orgánicos ofreciendo a los usuarios una información adecuada sobre el uso y aplicación del compost y garantizándoles la suficiente regularidad en las características del producto para satisfacer sus necesidades y vencer sus actuales reticencias.
- ✓ Se divulga las ventajas de los tratamientos biológicos de los residuos orgánicos y la participación necesaria de cada estamento de la sociedad
- ✓ Se evita competencia entre compost de distintos orígenes, o con otros materiales orgánicos, establecida simplemente por costes, ignorando las características y las ventajas o desventajas de la aplicación de cada uno de ellos.

No es sencillo conseguirlo ya que son muchos los grupos sociales que tienen que participar en la toma y cumplimiento de las decisiones; deben aunarse esfuerzos y crear sinergias beneficiosas para todos (figura11).

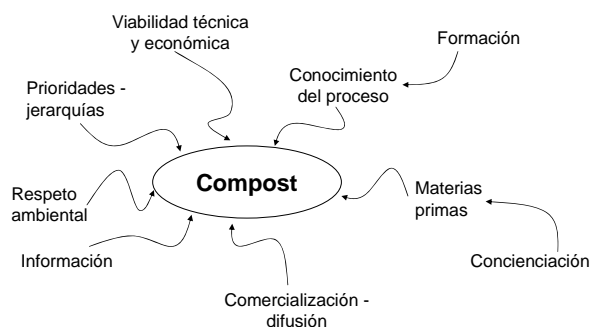


Figura 11.- Aspectos a considerar seriamente en el futuro del compost

Gestionar residuos es más que encontrar el destino o el tratamiento adecuado, además de incluir generación, recogida, transporte y tratamiento, un planteamiento global debe contemplar la realización de importantes esfuerzos para la reducción, e incorporar como base el concepto de que los residuos pueden ser un recurso y que su gestión sostenible significa compromiso e interacción entre entorno, economía y sociedad.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Zdruli,P.; Jones,R.; Montanarella,L. Organic Matter in the Soils in Southern Europe, *Expert Report prepared for DG XI.E.3 by the European Soil Bureau (JRC – Ispra)*, 29 April 1999.
- [2] The United Nation Framework Convention Combating Desertification (UNFCCD, <http://www.unccd.ch/>) considers South Europe and Central and Eastern European Countries as under the threat of desertification.
- [3] ECAF (not dated) Conservation Agriculture in Europe: Environmental, Economic and EU Policy *Perspectives*. *European Conservation Agriculture Federation, Brussels*.
- [4] Felipo, MT (1996) Compost as a source of organic matter in Mediterranean soils. *In: The Science of Composting*. Eds.: M de Bartoldi et al pub Blackie Academic & Professional.
- [5] Silguy,C. 1996. *Histoire des homes et de leurs ordures, du moyen âge à nos jours*. Le cherche midi éditeur. Paris. pp 225.
- [6] Soliva,M.; López, M.; Huerta, O. 2008. Antecedentes y fundamentos del proceso de compostaje En el libro *Compostaje*. J.Moreno Y R.Moral ed. Mundi Prensa. pp75-92
- [7] Gotaas,H.B. 1956. *Composting. Sanitary disposal and reclamation of organic wastes*. *World Health Organization*. Geneva. 205 pp.
- [8] Golueke,C.G. 1972. *Composting. A study of the process and its principles*. Rodale press,Inc. 110 pp.
- [9] Soliva, M. 2001. Compostatge i gestió de residus orgànics. *Estudis i Monografies, 21*. Servei de Medi Ambient de la Diputació de Barcelona. 111pp.
- [10] Soliva, M.; López, M.; Huerta, O. 2006. Influencia de los materiales de entrada y de la tipología de las plantas en la calidad y el rendimiento del compost. En: Moral, R., Boluda, R., Abad, M., Mormeneo, S. (Eds). *Aspectos normativos, tecnológicos y medioambientales del compostaje*. *Red Española de Compostaje*. Valencia. pp 107-121.
- [11] Soliva,M., Paulet,S. 2001. Compostaje de residuos orgánicos y aplicación agrícola.En el libro *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*. Edicions de la Universitat de Lleida: R.Teira y J.Boixaderas. pp63-78.
- [12] Arbiol,M., Benito,P. Soliva,M., Villalva,D., Molina,N. 1993. Pruning residues and sewage sludge co.composting. *Proceedings "International Conference on environmental pollution. 677-684*.
- [13] Soliva, M.; Felipó, M.T. 2003. Organic wastes as a resource for Mediterranean soils. In Langenkamp, H., Marmo, L. (Eds). *Biological Treatment of Biodegradable Waste. Technical Aspects*. Brussels, Belgium. pp. 249-272.
- [14] 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. (Eds). *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, Octubre de 2004. Vol. II: p113-114.
- [15] Huerta, O. 2005. Origen, flux i dinàmica dels metalls pesants en el compost de residus municipals. *Projecte de tesi. DEAB-UPC*
- [16] Van Roosmalen, G.R.E.M.; Lustenhower, J.W.A.; Oosthoek,J. and Senden, M.M.G. 1987. Heavy metal sources and contamination mechanisms,in compost production. *Resources and Conservation*, 14 (1987) 321-334.
- [17] Huerta, O.; M. López; M. Soliva. 2003. Base de Dades de Compost. Workshop Internacional de l'ECN amb Exposició: *El Futur de la Recollida Selectiva dels Residus Orgànics a Europa*. *European Compost Network*. Barcelona, 15 i 16 de desembre de 2003
- [18] Richard, T., Woodbury, P., Breslin, V., Crawford, S. 1993. MSW Composts: Impacts of Separation on Trace Metal Contamination. In: *Science and Engineering of*

- Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects*. Hoitink, H.A.J. and Keener, H.M. (eds). The Ohio State University. Ohio (USA), 1993, pp. 401-421.
- [19] Saña, J.; F. Giró, M. Soliva; P. Florensa, 1989: Methodology used for evaluating the quality of compost produced in Catalonia. *Libro de Actas del Simposio Internazionale 'Produzione el impiego del compost*, S. Michele, All'Adige.
- [20] Anonim, 2001. Working document biological treatment of biowaste. *2nd draft. EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE-GENERAL ENVIRONMENT. Directorate A - Sustainable Development and Policy Support. ENV.A.2 - Sustainable Resources*. 23 pp.
- [21] Soliva, M.; Huerta, O., Lopez, M.; Zaloña, M. 2008. Compostatge residus municipals: control del proces, rendiment i qualitat del producte. *Informe final proyecto ESAB-Agencia de Residus de Catalunya*. pp230
- [22] Giménez, A.; Gea, V.; Huerta, O.; López, M.; Soliva, M. 2005. "Aproximación a la situación actual en Cataluña del mercado del compost elaborado a partir de la fracción orgánica de residuos municipales recogida selectivamente". *II Congreso sobre residuos biodegradables y compost. Sevilla, 20-21 de Octubre de 2005. Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos*. Publicación en formato CD.
- [23] Smith, A., Brown, K.; Ogilvie, S.; Rushton, K.; Bates, J. 2001. Waste management options and climate change. *Final report to the European Commission, DG Environment*. ISBN 92-894-1733-1. pp 224.
http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf
- [24] Paustian, K, Parton, WJ.; Persson, J. (1992) Modelling soil organic matter in organic amended and nitrogen-fertilised long-term plots. *Soil Sci Soc Amer J*. **56** 476-488.
- [25] Smith, P.; Powlson, DS.; Glendining, MJ.; Smith, JU. (1997) Potential for carbon sequestration in European soils: preliminary estimates for five scenarios using long-term experiments. *Global Change Biology*, **3**, 67-79.
- [26] Kongshaug G, Hydro Agri Europe, Norway, 'Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production', *EFMA seminar on EU legislation and the legislation process in the EU relative to fertilizer, Prague, October 1998*. Referenciado en Smith, A., Brown, K., Ogilvie, S., Rushton, K., Bates, J. 2001. *Waste management options and climate change. Final report to the European Commission, DG Environment*. ISBN 92-894-1733-1

