

# Estudio comparativo sobre la aptitud para el compostaje de la fracción orgánica de RSU separada en origen y la recuperada por separación mecánica a partir de la fracción inerte

D. Cereijo, J. Ferro, I. Villar,  
A. Rodríguez-Abalde, S. Mato  
Universidade de Vigo  
Facultade de Bioloxía  
*Departamento de Ecoloxía  
e Bioloxía Animal*

M. Domínguez-Domínguez, J. Patiño  
Fomento de Construcciones  
y Contratas, S.A.  
*Complejo Medioambiental de Tratamiento  
de RSU y Asimilables de la Mancomunidad  
de Ayuntamientos "Serra do Barbanza"*

## Summary

Text

## Resumen

El Complejo Medioambiental de Tratamiento de RSU y Asimilables de la Mancomunidad de Ayuntamientos "Serra do Barbanza" (A Coruña), en operación desde el año 2003, recibe los residuos municipales separados en origen de siete ayuntamientos, con contenedores diferenciados destinados a la fracción orgánica y la inerte respectivamente. La fracción orgánica es sometida a un proceso de compostaje. La materia inerte se dispone en una cinta transportadora para la selección manual y automática de los materiales recuperables. Los rechazos de ambas fracciones son destinadas a vertedero. A pesar de los programas de motivación social, la cantidad de materia orgánica rechazada en la fracción inorgánica representa un 29,4% (en base húmeda) de la bolsa de residuos inertes, cantidad mucho más elevada de lo deseable (Comisión Europea, 2000). El cribado de esta fracción a través de una malla de 60 mm permitiría obtener un material con aproximadamente un 80% de fracción fermentable, adecuado para su compostaje. El propósito de este trabajo es comparar la composición del residuo, el proceso de compostaje y la calidad del compost obtenido a partir de la fracción orgánica del residuo municipal recogida selectivamente, y la fracción orgánica contenida en la bolsa de residuos inertes tras su recuperación mecánica mediante cribado con el propósito de evaluar su idoneidad para ser compostados.

## INTRODUCCIÓN

El Complejo Medioambiental de Tratamiento de RSU y Asimilables de la Mancomunidad de Ayuntamientos "Serra do Barbanza" (A Coruña), en operación desde el año 2003, recibe los residuos municipales separados en origen de siete ayuntamientos, con contenedores diferenciados destinados a la fracción orgánica y la inerte respectivamente.

Los residuos generados son separados en origen en los domicilios y pequeños negocios, recogidos separadamente y transportados al Complejo. La fracción orgánica, consistente principalmente en residuos vegetales, restos de comida, papel y cartón, y restos de poda, es inicialmente cribada mediante un trómel provisto de cuchillas que permite abrir las bolsas que contienen el material y rechazar cualquier partícula mayor de 70 mm. Por otra parte el residuo inerte se dispone en una máquina abrebolsas, para ser después transportado mediante una cinta transportadora con la finalidad de seleccionar, manual y automáticamente, los materiales recuperables como papel/cartón, bricks, plásticos, vidrio y metales. Los rechazos de ambas líneas de tratamiento se destinan a vertedero.

Dado que una elevada presencia de materiales no degradables en la bolsa destinada a la fracción orgánica constituye una importante limitación para su tratamiento mediante compostaje, son diversos los autores que han reportado la separación en origen como la única respuesta satisfactoria para la obtención de una fracción orgánica de RSU libre de impurezas (Chanyasak & Kubota, 1981, 1983). No obstante, la eficiencia del concepto de recogida selectiva recae enteramente sobre los ciudadanos, en quienes se deposita la confianza absoluta de que efectuarán una cuidadosa separación del residuo en sus hogares, aspecto que no siempre se llega a cumplir en los niveles que serían deseables. Así, a pesar de los programas de motivación social efectuados, tras tres años de funcionamiento, la cantidad de materia orgánica rechazada en la fracción inorgánica en el Complejo todavía supone el 29,4% del residuo inerte, cantidad significativamente superior a los límites deseables (Comisión Europea, 2000).

Por otra parte, estudios previos realizados por el Equipo de Biotecnología Ambiental de la Universidad de Vigo (Departamento de Ecología y Biología Animal) sugerían que la aptitud para el compostaje de la fracción inerte podría ser significativamente mejorada mediante un simple cribado del residuo entrante. Así, el cribado de esta fracción mediante un trómel de 60 mm permitiría obtener un material con aproximadamente un 80% de fracción fermentable, potencialmente adecuado para ser compostado.

La finalidad de este estudio es comparar la composición de los residuos, la evolución del proceso de compostaje y la calidad de los composts obtenidos a partir de la fracción orgánica del residuo municipal recogida selectivamente y la fracción fermentable obtenida mediante cribado del contenedor de residuos inertes, con el propósito de evaluar su idoneidad para ser compostados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Toma de muestras y caracterización de los residuos

Para la realización del estudio se analizaron dos muestras, denominadas residuo A y residuo B. El residuo A consiste en la fracción orgánica del residuo municipal recogida selectivamente

y cribada a través de un trómel de 70 mm de luz de malla. El residuo B es la fracción inerte cribada a <60 mm y sometida a una fase de separación magnética.

La composición de los residuos fue determinada mediante separación manual, analizando muestras de 250 kg de cada material. Para ello, los residuos fueron separados en dos fracciones granulométricas, una menor de 20 mm de diámetro, y otra mayor o igual a 20 mm. La fracción >20 mm fue a su vez separada manualmente en papel/cartón, fracción orgánica (restos de comida, hojas y ramas, etc.), y fracción no fermentable. La fracción <20 mm fue separada manualmente en fracciones orgánica e inerte.

Para la realización de los ensayos de compostaje, la muestra que se consideró representativa fue de 1.000 litros de cada material (residuo A y residuo B), que fueron procesados en un reactor de compostaje a escala piloto (Plana et ál., 2001).

Tras su procesado completo, durante la descarga del reactor se tomaron muestras de compost de ambos materiales (compost A y compost B) a 10 alturas distintas, con la finalidad de minimizar los efectos de una posible estratificación (Domínguez et ál., 1996b). Dichas muestras fueron posteriormente cribadas a 20 mm.

Este estudio se ha realizado a escala piloto, por lo que debido a las enormes cantidades de residuos a manejar resulta enormemente complicado llevar a cabo réplicas del experimento que nos permitiesen realizar un tratamiento estadístico de los datos, por lo que la representatividad de los resultados puede ser limitada.

### El proceso de compostaje

Ambos materiales fueron procesados, sin adición de agente estructurante (tal y como se procesa en la actualidad en el Complejo), en un reactor de 1 m<sup>3</sup> de tipo BioResOr, Patente de invención n° P009900981 del Equipo de Biotecnología Ambiental de la Universidad de Vigo, tal y como es descrito por Plana et ál. (2001), equipado con: una soplante centrífuga; cuatro sondas de temperatura tipo PT100, tres de ellas situadas a diferentes profundidades en la masa (20, 40, y 60 cm respectivamente), y una cuarta para la medición de la temperatura ambiente; así como una sonda electroquímica de oxígeno. El control y registro de datos fue efectuado mediante un registrador gráfico modelo Eurotherm 5510, que activaba la soplante centrífuga cuando la temperatura excedía los 55 °C o la concentración de oxígeno descendía del 5%. Ambos materiales fueron procesados hasta su agotamiento térmico, que tardó 27 días en alcanzarse.

### Parámetros físico-químicos y biológicos

Tanto los residuos crudos como los composts obtenidos fueron sometidos a un análisis completo. Los siguientes parámetros fueron analizados de acuerdo con las especificaciones FCQAO (1994): contenido en humedad (secado a 105 °C hasta peso constante); contenido en materia orgánica (combustión a 550 °C en mufla hasta peso constante); pH (determinado electrométicamente con un ph-metro modelo CRISON micro pH 2000 en una suspensión de 20 g de material fresco en 200 ml de una solución 0,01 M de CaCl<sub>2</sub> durante una hora); conductividad eléctrica (determinada mediante un conductímetro CRISON CDTM 523 tras la extracción de 20 g de material fresco en 200 ml de agua destilada durante dos horas); carbono total y nitrógeno total (determinados por combustión y la consiguiente espectrometría infrarroja de los gases producidos mediante un analizador elemental LECO CN 2000); N-NO<sub>3</sub> y N-NH<sub>4</sub> (extracción de 20 g de compost fresco en 200 ml de CaCl<sub>2</sub> 0,0125 M agitado

**Tabla 1** Composición del residuo crudo (% base húmeda)

Fracción	Residuo A	Residuo B
<b>Materia orgánica</b>	69,8%	39,7%
<b>Papel/cartón</b>	5,2%	6,9%
<b>Materia inerte</b>	10,7%	20,5%
<b>&lt;20 mm</b>	14,3%	32,9%

durante dos horas, filtrado y analizado mediante un autoanalizador de flujo segmentado BRAN+LUEBBE AutoAnalyzer 3); y grado de madurez (capacidad de autocalentamiento del compost fresco en vasos Dewar).

Los ensayos respirométricos se llevaron a cabo durante un período de incubación de 24 horas, midiendo la caída de presión en un frasco incubador (WTW OXITOP-C), y calculando el consumo de O<sub>2</sub>. El índice de germinación fue realizado mediante un bioensayo de fitotoxicidad con *Lepidium sativum*, utilizando un extracto líquido de los composts según Zucchini et ál. (1981a, b). La presencia de *Salmonella spp* fue determinada según el método estándar ISO 6579 (ISO 2002). La concentración de *Clostridium perfringens* fue determinada según CENAN (1982).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Composición del residuo crudo**

A pesar de la recolección selectiva, el residuo A contenía cantidades significativas de impropios tales como piedras, metales, vidrio y plásticos en diversas formas. Por otra parte, el residuo B contenía cantidades significativas de materia fermentable, considerada una impureza en esta fracción (Domínguez & Mato, 2001).

Tal y como se muestra en la **tabla 1**, el análisis de composición muestra que el residuo A contiene un 69,8% de materia orgánica, un 5,2% de papel/cartón, un 10,7% de materia inerte y un 14,3% de partículas <20 mm, mientras que el residuo B contiene un 39,7% de materia orgánica, un 6,9% de papel/cartón, un 20,5% de materia inerte y un 32,9% de partículas <20 mm. Las caracterizaciones realizadas demostraron que la fracción <20 mm estaba

compuesta mayoritariamente por materia orgánica y papel/cartón en ambos residuos.

**Evolución del proceso de compostaje**

**Temperatura**

La evolución de la temperatura es considerada un indicador de la actividad metabólica de las poblaciones de microorganismos involucradas en un proceso de compostaje (Finstein & Morris, 1975). La temperatura de la matriz orgánica en proceso se incrementa durante los primeros días, permanece en rango termofílico durante varios días y después decrece gradualmente hasta alcanzar una temperatura constante (Golueke, 1972; Domínguez & Mato, 2001). Consecuentemente, este parámetro puede ser considerado un buen indicador de la evolución del proceso y de la finalización de la fase biooxidativa en la cual el compost alcanza un cierto grado de madurez (Iglesias-Jiménez & Pérez-García, 1989).

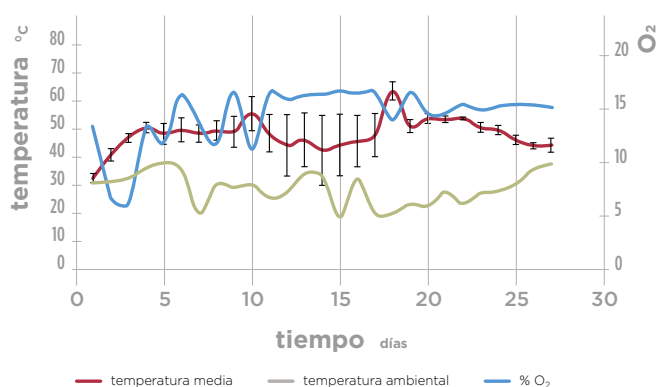
La temperatura ascendió en ambos reactores hasta 50-55 °C tras unos días de comenzar el experimento, y permaneció en régimen termófilo durante las siguientes semanas, alcanzando temperaturas máximas de 66,3 y 70,3 °C (media de distintas profundidades) en el residuo A y residuo B respectivamente. El ascenso y descenso de la temperatura fue algo más rápido en el residuo B que en el residuo A, aspecto claramente relacionado con el contenido de materia orgánica. Tal y como se puede observar en las **figuras 1 y 2**, el residuo A fue capaz de mantener la masa en condiciones termofílicas durante 500 horas, frente a las 264 horas del residuo B. Tras 22 días la temperatura comenzó a descender en ambos reactores. En ambos casos, la evolución de la temperatura fue adecuada e indica que el proceso se desarrolló adecuadamente.

**Parámetros físico-químicos**

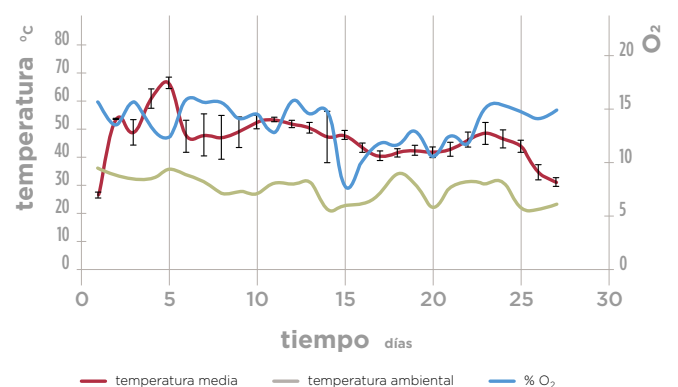
La **tabla 2** muestra los parámetros físico-químicos analizados al residuo crudo y los composts obtenidos.

- **Contenido de humedad:** el contenido de humedad es un factor limitante del proceso de compostaje. Si la humedad desciende por debajo del 40%, la actividad microbiana se ralentiza, mientras que si excede el 65%, se dificulta la circulación de aire a través de la masa (Domínguez et ál., 1996b). Varios autores sitúan el contenido óptimo en humedad en torno al 55-65%, y consideran valores por debajo del 40% como condiciones de estrés hídrico (Finstein & Miller, 1985). No obstante, es deseable un contenido en humedad moderado (30-40%) en el producto final, con la finalidad de minimizar el transporte

**Figura 1**  
evolución del proceso de compostaje del residuo A



**Figura 2**  
evolución del proceso de compostaje del residuo B



**Tabla 2** Parámetros físico-químicos y biológicos de los residuos crudos y los composts obtenidos

PARÁMETRO	Residuo A		Compost A		Residuo B		Compost B	
	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.	Media	S.D.
Contenido en humedad (%)	55,9	1,2	37,3	1,2	54,0	0,8	33,7	1,9
Materia orgánica (% m.s.)	59,1	2,4	40,5	1,5	54,1	2,3	52,8	2,8
pH	5,3	0,0	8,2	0,0	5,9	0,0	7,8	0,0
Conductividad eléctrica (mS·cm <sup>-1</sup> )	0,45	0,03	1,17	0,02	0,59	0,00	1,04	0,04
SRI (mg O <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> SV·h <sup>-1</sup> )			1.381	37			1.732	5
Grado de madurez			IV				II	
C (%)	27,24	0,13	17,93	0,88	26,58	0,08	24,66	1,48
N (%)	1,86	0,07	1,46	0,08	1,88	0,14	2,52	0,42
C:N	14,65		12,28		14,14		9,79	
N-NH <sub>4</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> m.s.)	1.221		2.009		1.431		2.367	
N-NO <sub>3</sub> (mg·kg <sup>-1</sup> m.s.)	0,09		0,48		0,76		0,35	
Índice de germinación			106,6					51,4
<i>Salmonella spp</i> (·25 g <sup>-1</sup> )	n.d.		n.d.		n.d.		n.d.	
<i>Clostridium perfringens</i> (CFU·g <sup>-1</sup> )	n.d.		n.d.		n.d.		1,3	

de agua y facilitar las operaciones de cribado y almacenaje. El residuo A contiene un 55,9% al comienzo del proceso, y un 37,3% en el producto final, mientras que el residuo B pasa de un 54,0% inicial a un 33,7% final.

- **Contenido en materia orgánica:** durante el compostaje se produce la degradación de la materia orgánica, produciéndose la mineralización parcial de compuestos orgánicos complejos, que se transforman en agua, CO<sub>2</sub> y sustancias húmicas. Por tanto, se puede considerar que el compostaje es un proceso controlado en el cual ocurren procesos de mineralización y humificación. Dado que la pérdida de materia orgánica es un indicador del grado de mineralización alcanzado durante el proceso de compostaje, se puede decir que la tasa de degradación fue mayor en el residuo A que en el residuo B (31,5% frente a 1,3%).
- **pH:** el pH de un compost es un buen indicador de cómo ha evolucionado el proceso degradativo. Durante las primeras horas el pH desciende ligeramente a valores cercanos a 5,0 para subir después a medida que el material se descompone y estabiliza, permaneciendo finalmente en valores en torno a 7,0-8,0 (Finstein & Morris, 1975; Cárdenas & Wang, 1980). Valores de pH ácidos indican ausencia de madurez debido generalmente a un tiempo de compostaje demasiado corto o a la ocurrencia de procesos anaeróbicos en la masa. En ambos reactores fueron observados incrementos significativos de pH. En el residuo A, los valores de pH se incrementaron de 5,3 a 8,2 y en el residuo B de 5,9 a 7,8. Los valores observados en los productos finales se podrían considerar ligeramente altos, probablemente debido a la ausencia de una fase de maduración.
- **Conductividad eléctrica:** la conductividad eléctrica (C.E.) es un indicador de las sales solubles contenidas en la matriz orgánica. El compost de RSU puede alcanzar niveles de salinidad considerables debido a la presencia de sales en los materiales originales y a su concentración relativa durante la mineralización parcial de los mismos. Un exceso de salinidad puede tener efectos limitantes sobre el crecimiento vegetal

tanto debido a factores osmóticos como al efecto de iones específicos. La salinidad de un compost puede variar ampliamente en función de los materiales originales empleados en el proceso, y puede alcanzar valores de en torno a 10 mS·cm<sup>-1</sup> (Barker, 1997). Tal y como se muestra en la **tabla 2**, la C.E. en el residuo A se incrementó desde 0,45 hasta 1,17 mS·cm<sup>-1</sup>, y en el residuo B desde 0,59 hasta 1,04 mS·cm<sup>-1</sup>.

#### Grado de madurez e higienización del compost

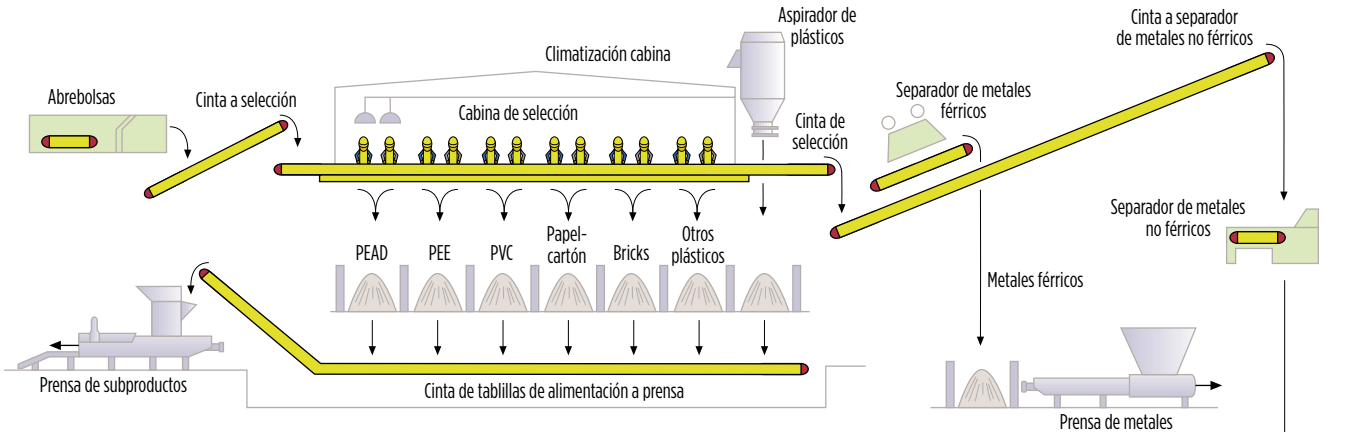
Es un hecho ampliamente aceptado que la madurez de un compost es uno de los aspectos de mayor importancia que afectan a la aplicación del producto final al suelo (Iglesias-Jiménez & Pérez-García, 1989; Domínguez et ál., 1996a). El efecto más notable de la aplicación de un compost inmaduro es el secuestro biológico del nitrógeno disponible en el suelo, lo cual puede conducir a graves deficiencias de nitrógeno en los cultivos, con sus consecuentes efectos depresivos. Otros efectos son: disminución de la concentración de O<sub>2</sub> y Eh del suelo, aparición de un ambiente anaeróbico y fuertemente reductor al nivel del sistema radicular, incremento de la solubilidad de metales pesados e inhibición de la germinación de semillas debido a la producción de sustancias fitotóxicas, fundamentalmente amonio, óxido de etileno y ácidos orgánicos (Iglesias-Jiménez & Pérez-García, 1989).

Existen diversos criterios o métodos propuestos en la bibliografía para la valoración de la madurez de un compost. No obstante, ninguno de los métodos disponibles es concluyente, sino que más bien se complementan mutuamente.

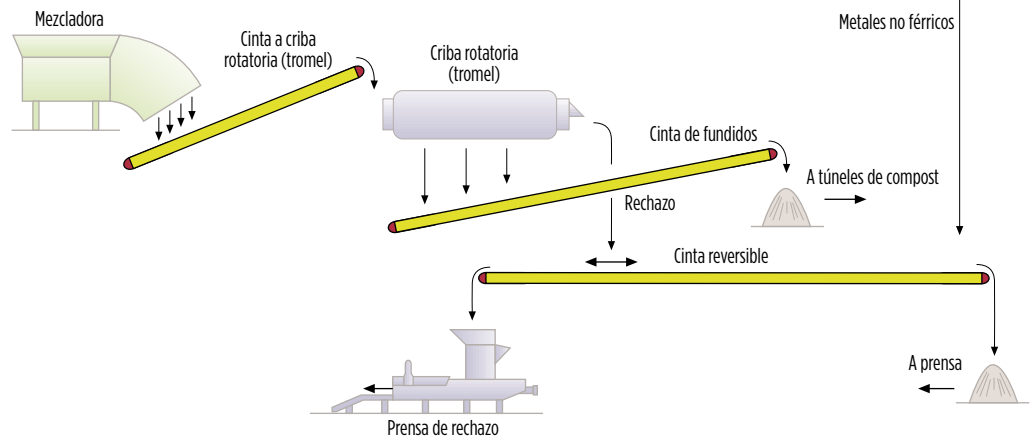
- **Índice de respiración estático (SRI):** Chrometza (1968) reporta que el consumo de O<sub>2</sub> (y la emisión de CO<sub>2</sub>) se incrementa rápidamente al principio del proceso de compostaje, disminuyendo después durante el proceso y cayendo finalmente a valores menores que los suelos cultivables. Puede decirse que un compost insuficiente maduro es un compost con una fuerte demanda de O<sub>2</sub> (Adani et ál., 2003). El compost A muestra un índice de respiración estático (SRI) de 1.381 mg O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup> SV·h<sup>-1</sup>, y el compost B tiene un SRI de 1.732 mg O<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup> SV·h<sup>-1</sup>. Se puede concluir, por tanto, que

Figura 3 diagrama de flujo de las líneas de tratamiento del Complejo

**línea de fracción inerte**



**línea de fracción orgánica**



ambos composts son inmaduros, hecho que se encuentra dentro de lo esperado, dado a que el proceso estudiado carece de una fase de maduración.

- **Grado de madurez:** el grado de madurez se calculó mediante un ensayo de autocalentamiento, relacionado con la capacidad exotérmica de un material orgánico que no ha sido totalmente estabilizado. El compost B mostró una mayor capacidad de autocalentamiento que el compost A (Rottegrade II frente a

Rottegrade IV), lo que refleja la mayor madurez del compost A frente al B.

- **Relación carbono-nitrógeno (C:N):** el carbono (C) y el nitrógeno (N) son los dos elementos de mayor importancia en el proceso de compostaje. El carbono es la principal fuente de energía para los microorganismos involucrados en el proceso de degradación. La concentración de C en el compost es un indicador de la cantidad de materia orgánica y de los efectos que el compost tendrá sobre la fertilidad del suelo; y las relaciones entre el C y otros nutrientes vegetales indican la biodisponibilidad de nutrientes e influyen sobre la capacidad fertilizante de liberación lenta de un compost. Por otra parte, el N es un factor limitante de mayor importancia que el C, ya que si la disponibilidad de N está restringida, el tamaño de las poblaciones microbianas será reducido y la cinética del compostaje se ralentizará (Barker, 1997). Así, la relación C:N es el principal criterio tradicionalmente utilizado para determinar el grado de madurez y definir la calidad agronómica de un compost. Diversos autores han reportado que una relación C:N por debajo de 20 es un indicador de una madurez aceptable (Iglesias-Jiménez & Pérez-García, 1989; Cárdenas & Wang, 1980). No obstante, la relación C:N de un compost no debería ser utilizada como indicador absoluto del grado de madurez, dado que este parámetro puede oscilar ampliamente en función del material. Por tanto, una relación C:N menor de 20 puede únicamente considerarse condición necesaria, pero no suficiente para determinar



Descarga del residuo del reactor

la madurez de un compost. Ambos residuos A y B comienzan el proceso con una relación C:N de en torno a 14, y los composts obtenidos muestran una relación C:N menor de 20, si bien significativamente menor en el caso del residuo B.

- Presencia de nitratos y nitritos: Finstein & Miller (1985) definen el concepto de madurez en términos de nitrificación: así, si durante el proceso de compostaje se forman cantidades apreciables de  $\text{NO}_2^-$  y/o  $\text{NO}_3^-$ , se puede considerar que el compost está aceptablemente maduro. No obstante, diferentes experimentos sobre procesos de compostaje han demostrado que la aparición de formas oxidadas de N tiene lugar entre el tercer y el cuarto mes de compostaje (Iglesias-Jiménez & Pérez-García, 1989). Durante los ensayos efectuados, las concentraciones de amonio se incrementaron desde 1.221 hasta 2.009  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  m.s. para el residuo A y desde 1.431 a 2.367  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  m.s. para el residuo B. En ambos casos se han medido cantidades de nitrógeno nítrico relativamente bajas, 0,35-0,48  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  m.s., lo que indica, nuevamente, una evidente falta de madurez en ambos materiales.
- Índice de germinación: el índice de germinación fue realizado mediante un bioensayo de fitotoxicidad con semillas de *Lepidium sativum*, utilizando un extracto acuoso del compost según las indicaciones de Zucconi et ál. (1981a, b). Los resultados obtenidos indican que el compost B mostró cualidades fitotóxicas (índice de germinación del 51,4%) respecto al extracto control, mientras que el compost A actuó como un mejorador de la germinación (índice de germinación del 106,6%).
- Presencia de micropatógenos: un proceso de compostaje que ha evolucionado satisfactoriamente debe haber atravesado una fase de higienización. Cuando una temperatura relativamente alta es alcanzada durante un cierto período de tiempo (ambos factores son variables en función de cada microorganismo), la mayoría de los micropatógenos presentes en el material son eliminados. Si la temperatura de higienización no ha sido alcanzada o su duración es muy corta, el efecto puede ser el opuesto, y el material puede comportarse como un incubador de patógenos. Ambos residuos A y B comenzaron el proceso libres de micropatógenos (*Salmonella spp* y *Clostridium perfringens*). Al finalizar el proceso, el compost A mostró una buena higienización, mientras que el compost B mostró una carga de *Clostridium perfringens* de 1,3  $\text{CFU}\cdot\text{g}^{-1}$ .

### Discusión

Debido a la ausencia de una fase de maduración, ambos composts A y B resultaron inmaduros (elevado índice de respiración estática, ausencia de formas oxidadas de nitrógeno, nivel de auto-calentamiento relativamente alto...). No obstante, existen algunas diferencias interesantes entre el comportamiento de ambos residuos durante el proceso de compostaje y, consecuentemente, en el producto final obtenido.

Así, la evolución del proceso de compostaje muestra que el residuo A, consistente en la fracción orgánica separada en origen, resultó ser más energético que el residuo B, y fue capaz de mantener la masa en régimen termófilo durante más tiempo (500 horas frente a 264). Por otra parte, el residuo B presentó dificultades para guiar el proceso a alcanzar una buena digestión e higienización del producto. Además, el compost derivado del residuo A mostró un mayor índice de madurez, un menor contenido en microorganismos patógenos y un mayor índice de germinación que el residuo B. ®

## CONCLUSIONES

El residuo A, consistente en la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos separada en origen, permitió evolucionar el proceso de compostaje bajo unas condiciones más favorables que el residuo B, obteniendo un compost de mayor calidad agronómica. Los resultados obtenidos han mostrado que pequeñas mejoras en la eficiencia de separación en origen son de gran importancia para la obtención de un producto final de calidad, y que una buena separación en origen de la materia orgánica es un aspecto clave para obtener un producto final de calidad.

No obstante, la operación de separación de materia orgánica en la línea de inertes puede ser de interés para recuperar parte de la materia orgánica y reducir así la cantidad residual destinada a vertedero, ya que se ha demostrado que es compostable, si bien produce un compost de baja calidad, cuestión que se solventaría parcialmente mezclándolo en las pilas procedentes de la línea de orgánicos, lo que probablemente empeoraría, sin embargo, la calidad del compost A.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adani, F.; Ubbiali, C.; Tambone, F.; Scaglia, B.; Centemero, M. and Genevini, P.L. 'Static and Dynamic Respirometric Indexes – Italian research and studies' In: Langenkamp, H. and Marmo, L. (ed.) "Biological treatment of biodegradable waste – Technical Aspects" European Commission Joint Res. Centre, Brussels (2003) pp 126-144.
- Allison, F.E. "Soil Organic Matter and its Role in Crop Production" Elsevier, New York, NY (1973).
- Barker, A.V. 'Composition and Uses of Compost' In: Rechling, J.E. and Mackinnon, H.C. (Eds.) "Agricultural uses of by-products and wastes" ACS Symposium Series N° 668, vol. 10, American Chemical Society, Washington, DC (1997) pp 140-162.
- Cárdenas, R.R. and Wang, L.K. 'Composting process' In: "Handbook of environmental Engineering" vol. II. The Human Press, New York (1980) pp 269-327.
- CENAN. "Técnicas para el examen microbiológico de alimentos y bebidas" Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, Madrid (1982).
- Comisión Europea. "Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos" Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, Luxemburgo (2000).
- Chanyasak, V. and Kubota, H. 'Carbon/organic nitrogen ratio in water extract as measure of composting degradation' *J. Ferment. Technol.* (1981) 59, pp 215-19.
- Chanyasak, V. and Kubota. 'Source Separation of Garbage for Composting' *Biocycle* (1983) vol. 24, n° 2, pp 56-58.
- Chrometza, P. 'Determination de la consommation d'oxigène des composts en voie de maturation' *Bull. Inf. GIROM* (1968) 33, pp 253-256.
- Domínguez, J. and Mato, S. 'Bioprocessing of organic wastes: safety for landspreading them' In: "Bioindicator Systems for Soil Pollution" Kluwer Academic Publishers, Amsterdam (1996) pp 213-221.
- Domínguez, J.; Elvira, C.; Sampedro, L. and Mato, S. 'Effects of bulking agents in composting of pig slurries' In: "The Science of Composting" Chapman and Hall, London (1996) pp 1146-1149.
- Domínguez, J. y Mato, S. 'Principios básicos da compostaxe da fracción orgánica dos RSU' In: "Tratamento de residuos sólidos urbanos" Universidade de A Coruña, A Coruña (2001) pp 153-170.
- FCQAO "Methods Book for the Analysis of Compost" Federal Compost Quality Assurance Organization, Cologne, Germany (1994).
- Finstein, M.S. and Miller, F.C. 'Principles of composting leading to maximization of decomposition rate, odor control, and cost effectiveness' In: "Composting of Agricultural and Other Wastes" ed. J.K.R. Gasser, Elsevier Applied Science Publishers, London & New York (1985) pp 13-26.
- Finstein, M.S. and Morris, M.L. 'Microbiology of municipal solid waste composting' *Adv. appl. Microbiol.* (1975) 19, pp 113-151.
- Golueke, C.G. "Composting. A Study of the Process and its Principles" Rodale Press, Emmaus, USA (1972).
- Iglesias-Jiménez, E. and Pérez-García, V. 'Evaluation of City Refuse Compost Maturity: A Review' *Biological Wastes* (1989) 27, pp 115-142.
- ISO. "Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of *Salmonella spp*" International Organization for Standardization (2002).
- Plana, R.; Pérez, C.; Domínguez, J. and Mato, S. 'Development of a Semi-Industrial Escala Experimental Organic Wastes Biodegradation Reactor' In: "Recycling and Reuse of Sewage Sludge" Thomas Telford Ltd., London (2001) pp 351-360.
- Zucconi, F.; Forte, M.; Monaco, A. and De Bertoldi, M. 'Biological evaluation of compost maturity' *Biocycle* (1981a) 22, pp 27-29.
- Zucconi, F.; Pera, A.; Forte, M. and De Bertoldi, M. 'Evaluating toxicity of immature compost' *Biocycle* (1981b) 22, pp 54-57.