

# *Impactos del uso de la bolsa compostable en la gestión de la FORM.*



Proyecto Singular de Interés General solicitado por el *Ayuntamiento de Malla* y coordinado y realizado por la *Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Porta a Porta*, con la colaboración del *Grupo de compostaje de residuos sólidos orgánicos* del *Departamento de Ingeniería Química* de la *Universidad Autónoma de Barcelona*

Julio 2010





# *Impactos del uso de la bolsa compostable en la gestión de la FORM.*



Ajuntament  
de Malla

**[www.portaaporta.cat](http://www.portaaporta.cat)**

La elaboración del Estudio IMPACTOS DEL USO DE LA BOLSA COMPOSTABLE EN LA GESTIÓN DE LA FORM ha sido posible gracias al apoyo económico de la Agència de Residus de Catalunya.



Agència de  
Residus de  
Catalunya



Generalitat de Catalunya  
Departament de Medi Ambient  
i Habitatge

La elaboración del Estudio IMPACTOS DEL USO DE LA BOLSA COMPOSTABLE EN LA GESTIÓN DE LA FORM también ha contado con la colaboración material de la empresa Saplex S.A.



## **Impactos del uso de la bolsa compostable en la gestión de la FORM.**

*Patricia Martín Gascon*

Julio 2010.

Edita: Associació de Municipis Catalans per a la recollida selectiva porta a porta

Proyecto Singular de Interés General solicitado por el Ayuntamiento de Malla y coordinado y realizado por la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Porta a Porta, con la colaboración del Grupo de compostaje de residuos sólidos orgánicos del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Actuación subvencionada por la Agència de Residus de Catalunya y que ha contado con la colaboración material de la empresa Saplex S.A.

Agradecimientos a:

*Toni Sánchez, Juan Colón y Belén Puyuelo*, del Grupo de compostaje de residuos sólidos orgánicos del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Barcelona, por la Elaboración del Estudio "Determinación de la eficiencia de los cubos aireados en la recogida de la Fracción Orgánica de Residuos Municipales".

*Ayuntamiento de Artesa de Lleida y a su Alcalde, Ricard Pons*, por el soporte dado para la realización de la prueba a escala real, y a *Marc Olomí*, por la coordinación de esta prueba.

*Ayuntamiento de Miravet y a su Alcalde, Antoni Borrell*, por el soporte dado para la realización de la prueba a escala real, y a *Toni Melich*, por la coordinación de esta prueba.

*Ayuntamiento de Sant Antoni de Vilamajor, a Pere Vicente y Verònica Vidal*, regidor y técnica de medio ambiente, por el soporte dado para la realización de la prueba a escala real, y a *Marc Vicente*, por la coordinación de esta prueba.

*Ayuntamiento de Vilajuïga y a Eric Torres*, técnico de medio ambiente, por el soporte dado para la realización de la prueba a escala real, y a *Eric Márquez*, por la coordinación de esta prueba.

A las *100 familias* de los 4 municipios que han participado en la realización de la prueba a escala real.

*Francesc Giró*, de la Agència de Residus de Catalunya, por orientarnos en la obtención de datos y su tratamiento, y aportar algunas contribuciones a los capítulos 2 y 3 de este estudio.

*Montse Cruz*, Comisionada de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Porta a Porta, por las tareas de coordinación general del estudio y de una forma específica de las pruebas a escala laboratorio y a escala real.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	9
1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA FORM .....	11
2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS DE LA GESTIÓN DE LA FORM.....	15
3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GESTIÓN DE LA FORM EN CATALUÑA .....	25
4. RELACIÓN ENTRE EL USO DE BOLSAS COMPOSTABLES Y LA CALIDAD DE LA FORM. REPERCUSIÓN EN SU TRATAMIENTO.....	31
5. LA BOLSA COMPOSTABLE Y EL RETORNO DE LOS CÁNONES.....	37
5.1. El retorno de los cánones .....	37
5.2. La bolsa compostable y el retorno de los cánones.....	39
5.3. El sistema aireado y el retorno de los cánones .....	41
6. EL SISTEMA AIREADO .....	50
6.1. Introducción.....	50
6.2. Recopilación bibliográfica .....	51
6.3 Determinación de la eficiencia de los cubos aireados en la recogida de la fracción orgánica de los residuos municipales.....	58
6.3.1. Estudios a escala laboratorio (ensayo cuantitativo) .....	60
6.3.2. Estudios a escala real en diferentes municipios (ensayo cualitativo) .....	64
7. CONCLUSIONES .....	65
8. BIBLIOGRAFÍA.....	67
9. ANEXOS .....	69
9.1. Informe UAB.....	70

## Índice de Tablas

Tabla 1.1	Características básicas de la FORM.	11
Tabla 1.2	Incidencia de diversos componentes de la FORM en la contribución de agua en la FORM, el potencial de generación de malos olores o la presencia de elementos punzantes.	14
Tabla 2.1	Características comparadas de varias bolsas comercializadas para la recogida selectiva de FORM.	22
Tabla 2.2	Ventajas y desventajas del uso de bolsas de plástico convencional, bolsas de plástico compostable y bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM.	24
Tabla 4.1	Evolución de la media de los % de Bolsas de plástico y los % Total de Impropios en las caracterizaciones de FORM, en el periodo 2006-2009.	32
Tabla 4.2	Evolución de la media de los % de Bolsas de plástico en función del uso de la bolsa compostable, en el periodo 2006-2009.	32
Tabla 4.3	Promedio % Total de Impropios en función del sistema de recogida de la FORM (PAP o no PAP) y el uso de la bolsa compostable (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado). Datos periodo 2009.	34
Tabla 5.1	Coefficientes de corrección según el tipo de municipio.	37
Tabla 5.2	Coefficientes de corrección según el porcentaje de impropios.	38
Tabla 5.3	Valores de retorno de canon en concepto de la recogida de FORM en función de la combinación de los coeficientes de corrección (Tipología de municipio y Porcentaje de impropios).	38
Tabla 5.4	Valores totales de retornos de canon (tratamiento de FORM + recogida de FORM) en función de la combinación de los coeficientes de corrección (Tipología de municipio y Porcentaje de impropios).	38
Tabla 5.5	Diferencia de retorno de los cánones según el porcentaje de impropios de la FORM.	40
Tabla 5.6	Tarifa media de tratamiento de la FORM 2010 en Cataluña en función del % de impurezas (euros / tonelada).	42
Tabla 5.7	Media del ratio de generación de residuos municipales, de la cantidad de FORM recogida selectivamente y del porcentaje de captación de la FORM, para los municipios que recogen los residuos puerta a puerta y para los que lo hacen en contenedores.	43
Tabla 5.8	Balance económico sin aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM para los municipios con recogida puerta a puerta.	44
Tabla 5.9	Porcentaje de captación para lograr un balance económico neutro para los municipios con recogida puerta a puerta.	44
Tabla 5.10	Balance económico neutro con incremento de la participación de los ciudadanos en la separación de la FORM para los municipios con recogida puerta a puerta.	45
Tabla 5.11	Factores de corrección de la FORM recogida y tratada para los municipios con recogida puerta a puerta.	45
Tabla 5.12	Balance económico sin aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM para los municipios con recogida en contenedores.	46
Tabla 5.13	Porcentaje de captación para lograr un balance económico neutro para los municipios con recogida en contenedores.	47
Tabla 5.14	Balance económico neutro con incremento de la participación de los ciudadanos en la separación de la FORM para los municipios con contenedores.	47
Tabla 5.15	Factores de corrección de la FORM recogida y tratada para los municipios con recogida en contenedores.	47
Tabla 5.16	Ahorro en el coste de tratamiento al implantar el sistema aireado (sin considerar incremento de participación) según el porcentaje de impropios de la FORM.	49
Tabla 6.1	Recopilación bibliográfica sobre estudios precedentes sobre el "sistema ventilado".	51
Tabla 6.2	Pérdidas de peso de la FORM al tercer día de almacenamiento.	53
Tabla 6.3	Resumen de la recopilación bibliográfica sobre el sistema aireado.	55
Tabla 6.4	Características nominales de las bolsas utilizadas en los ensayos.	58
Tabla 6.5	Características de los cubos utilizados en los ensayos.	59
Tabla 6.6	Transmisión del vapor de agua del Mater-Bi y el polietileno.	62
Tabla 6.7	Número de descargas de la FORM sistema tradicional versus sistema aireado.	62
Tabla 6.8	Porcentaje de recogida selectiva total, en base a la recogida de FORM (sistema tradicional versus sistema aireado).	63

## Índice de Imágenes

Imagen 1.1	FORM con diferentes niveles de impropios.	12
Imagen 2.1	Diferentes modalidades de la recogida selectiva de la FORM.	16
Imagen 2.2	Diferentes opciones de separación y almacenamiento de la FORM en la cocina.	17
Imagen 2.3	Diferentes opciones de descarga de la FORM en contenedores (en la calle o para comercios).	18
Imagen 2.4	Capacidad de transparencia de varias bolsas para la recogida selectiva de la FORM.	23
Imagen 3.1	Bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM.	25
Imagen 3.2	Bolsas de plástico compostables para la recogida selectiva de la FORM.	26
Imagen 3.3	Primeras descargas de FORM en la planta de compostaje de Artesa de Lleida y de Torrelles de Llobregat.	26
Imagen 3.4	Cubos y bolsas (de papel y plástico compostable) utilizadas en las primeras implantaciones de la recogida selectiva de la FORM.	27
Imagen 6.1	Contenedor aireado en la calle (Estudio 4).	52
Imagen 6.2	Cubo aireado sin laterales.	52
Imagen 6.3	Cubos aireados de la bibliografía.	54
Imagen 6.4	Cubo aireado (izquierda) y no aireado (derecha) utilizados en los ensayos.	59

## Índice de Gráficos

Gráfico 4.1	Relación entre el % Bolsas de plástico (no compostables) y el % Total de Impropios, en función del uso de bolsas compostables (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado). Datos periodo 2006-2009.	33
Gráfico 4.2	Relación entre el % Bolsas de plástico (no compostables) y el % Total de Impropios, en función del uso de bolsas compostables (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado), acotado a los rangos 0-15% Total impropios y 0-5% Bolsas de plástico. Datos periodo 2006-2009.	33
Gráfico 6.1	Pérdida de peso de la FORM del sistema ventilado (cubo aireado y bolsa compostable Mater-Bi) a lo largo de 4 días con FORM procedente de recogida puerta a puerta.	61
Gráfico 6.2	Pérdida de peso de la FORM del sistema ventilado (cubo aireado y bolsa compostable Mater-Bi) a lo largo de 7 días con FORM generada en el mismo momento y reconstituida.	61





## INTRODUCCIÓN

La fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) se convierte en la fracción más importante de estos residuos, ya que representa aproximadamente un 36% del peso total de estos y resulta la fracción más inestable, debido a su alto contenido en agua (alrededor del 80% en peso) y en materia orgánica (75-85%).

La presencia de materia orgánica en los residuos que van a tratamientos finalistas puede causar diversos problemas, como la generación de malos olores, de lixiviados, de emisiones de gases de efecto invernadero, el ensuciamiento de los materiales reciclables, etc. En cambio, una recogida selectiva en origen de calidad de la materia orgánica permite obtener biogás aprovechable energéticamente y/o un compuesto de muy buena calidad para utilizar como abono orgánico para la agricultura y la jardinería, evitando así los problemas asociados a la presencia de esta materia orgánica en los residuos municipales cuando son destinados a tratamientos finalistas.

Uno de los principales problemas que se encuentran las plantas de tratamiento a la hora de gestionar la FORM son los impropios que ésta pueda contener. La presencia de estos dificulta su gestión, daña la calidad de la materia orgánica e incrementa los costes de su tratamiento.

La utilización de la bolsa compostable en la recogida selectiva de la FORM permite reducir los costes de tratamiento, ya que, al no ser necesario retirar las bolsas de plástico del material ya sea antes o después del compostaje, permite gestionarla en plantas de tratamiento de tecnología más sencilla.

Además, el uso de las bolsas compostables, junto con los cubos aireados, presentan una serie de ventajas como la reducción de la masa de agua en la FORM, por transpiración del líquido contenido en la materia orgánica en forma de vapor agua, por lo que se evita la aparición y acumulación de lixiviados, los malos olores generados y se reduce el peso de los residuos que deben ir a las plantas de tratamiento. Todo esto, se traduce en un claro beneficio ambiental y económico.

Por este motivo, desde la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta, a través del Ayuntamiento de Malla, se ha solicitado una subvención a la Agència de Residus de Catalunya para financiar un proyecto singular de interés general que trate en profundidad y evalúe el impacto beneficioso del uso de las bolsas compostables en la gestión de la FORM y las ventajas de su uso junto con los cubos aireados, valorando el efecto minimizador de los residuos .

El Ayuntamiento de Malla, municipio integrado en la Mancomunidad la Plana, inició la recogida selectiva de la fracción orgánica en junio de 2006. En el municipio se realiza la recogida selectiva puerta a puerta adaptada a las características propias del municipio.

En los últimos años se ha puesto en evidencia que la recogida selectiva puerta a puerta es el sistema con el que se obtiene más cantidad de recogida selectiva y de mejor calidad, ya que se hace corresponsable al ciudadano de los residuos que genera y promueve la recogida selectiva en origen con lo que se reduce mucho la cantidad de impropios.

El interés principal del municipio de Malla en este estudio, radica en seguir manteniendo y mejorando la recogida selectiva de la FORM, en cantidad y calidad, reforzando la importancia del uso de las bolsas compostables en su gestión y dando a conocer los beneficios del uso conjunto de la bolsa compostable con el cubo aireado, incidiendo en la transición del cubo tradicional al aireado. Por lo tanto, este estudio es totalmente extrapolable a todo tipo de municipios y se considera que incidirá en una clara mejora en la gestión de la FORM en Cataluña tanto a nivel cuantitativo como cualitativo.

De esta manera, desde la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta, junto con el Ayuntamiento de Malla y con el apoyo económico de la Agència de Residus de Catalunya se presenta este estudio donde se ha contabilizado cuál es la reducción de masa por transpiración de agua promovida por la bolsa compostable y el cubo aireado y se ha valorado el efecto minimizador de residuos, evaluando el beneficio ambiental y económico que representa, con el objetivo de potenciar y difundir su uso en todas las realidades del territorio catalán, con independencia del sistema de recogida empleado.

# 1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA FORM

La Fracción Orgánica de los Residuos Municipales (FORM) está constituida fundamentalmente por los restos de comida y de preparación de la comida, tanto de origen vegetal como animal, así como de restos vegetales de pequeñas dimensiones, que son objeto de recogida selectiva con el fin de ser tratados biológicamente mediante compostaje o digestión anaerobia.

Según el último estudio de composición de los residuos municipales efectuado en Cataluña en el año 2004-2005 y utilizado como documento base para la redacción del PROGEMIC 2007-2012, la FORM junto con los residuos vegetales representan el 36% (32% y 4 % respectivamente) en peso de los residuos municipales, la proporción cuantitativamente más importante de estos residuos; si además se considera el papel-cartón (18%) y otras fracciones de origen biogénico de proporción menor (textil de origen natural -algodón, lino, lana, seda, cuero, cáñamo, esparto, etc. - y otros) se constata que la presencia de residuos biodegradables (> 54%) es claramente la mayoritaria.

Las características particulares de la FORM (alta densidad, una humedad alrededor del 80%, alta fermentabilidad de la materia orgánica) hacen que su recogida, a diferencia de otras fracciones de los residuos municipales, requiera una atención especial. En la tabla 1.1 se mencionan algunas de las características básicas de la FORM.

Tabla 1.1. Características básicas de la FORM.

Humedad	Alta (75% a 85%)
Materia Orgánica	75% a 85%
Nitrógeno Orgánico	2,5%
Relación C/N	17
Densidad	0,5 a 0,6 T/m <sup>3</sup>

Fuente: ARC

Por otra parte, los residuos orgánicos destinados a la FORM no son uniformes, ni en tipología ni en composición, y están sujetos a los hábitos alimentarios y a los cambios estacionales. Los cambios producidos en la composición de los materiales también conllevan variaciones en la densidad y el grado de humedad de la FORM.

Además, la recogida selectiva de la FORM, bien entendida, debería tener un bajo nivel de contaminación<sup>1</sup> (preferiblemente menos de un 1-2% de impropios, expresado en peso). Así, si el nivel de impropios es suficientemente bajo (elevado grado de pureza de la FORM), circunstancia que suele coincidir casi siempre con el uso generalizado de bolsas compostables, se asegura la obtención de un compost de alta calidad.

Cuando el nivel de impropios de la FORM traspasa (5-10%) o incluso supera en mucho (10-20%) este valor de referencia del 2% -que debería ser

---

<sup>1</sup> El PROGEMIC 2007-2012 establece, entre otros objetivos cuantitativos, alcanzar un 55% de valorización material total de materia orgánica y un nivel de impropios en la recogida selectiva de la materia orgánica inferior al 15%.

considerado como objetivo deseable- no sólo se deteriora la calidad de la FORM por transferencia de contaminantes varios, perceptibles (vidrios, plásticos, etc.) o no (metales pesados), sino que ocurren dificultades adicionales para el tratamiento de la propia FORM<sup>2</sup>, que finalmente se traducen en un empeoramiento de la calidad del compost (Huerta, O. et al., 2010). En la imagen 1.1 se muestran fotografías de FORM con diferentes niveles de impropios.

Imagen 1.1. FORM con diferentes niveles de impropios.



Fuente: SDR-ARC

<sup>2</sup> Nos referimos a la necesidad de mayores inversiones en equipamiento específico para la separación de impropios, a un mayor coste de gestión de la FORM, ocupación de espacio en las instalaciones y, en consecuencia, a la reducción de la capacidad de tratamiento y/o reducción de la duración de los procesos biológicos, a un mayor desgaste de equipamientos y maquinaria, etc.

Como se puede apreciar en la imagen 1.1, la primera impresión de una FORM se puede ver fácilmente distorsionada si la bolsa utilizada no es compostable<sup>3</sup>, ya que las bolsas estándar<sup>4</sup>-no compostables-, al ser generalmente opacas, enmascaran el contenido del su interior; tanto se puede afirmar que una FORM recogida con bolsas estándar no necesariamente debe contener muchos impropios (imagen 1.1 b), como que una FORM recogida mayoritariamente mediante bolsas compostables casi siempre contiene un muy bajo nivel de impropios (imagen 1.1 a ).

Probablemente uno de los rasgos característicos más significativos de la FORM es su densidad, que en parte le viene dada por la morfología de los residuos que la componen y por el alto grado de humedad de estos. Este parámetro, de gran trascendencia para la gestión de la FORM, incide en aspectos tan importantes como: la capacidad de los receptáculos (cubos, contenedores) que deben almacenar transitoriamente estos residuos, la capacidad y características de los vehículos recolectores de FORM , el diseño de las plantas de tratamiento de FORM (superficie necesaria, requerimientos de aportación de residuos vegetales triturados para las mezclas con la FORM), etc.

Justamente por este motivo, es importante tener presente que:

- la densidad de la FORM tiende a incrementarse en la medida que se incorporan residuos más húmedos en la FORM<sup>5</sup>.
- la densidad de la FORM tiende a incrementarse en épocas de mayor temperatura ambiental, ya que se favorece la cinética de la descomposición de los residuos, haciendo aflorar el agua generada en los procesos catabólicos.
- la densidad de la FORM se incrementa cuando se somete la FORM a un proceso de trituración<sup>6</sup>.
- por otra parte, se ha constatado que una presencia significativa de impropios<sup>7</sup> en la FORM provoca una reducción de su densidad.

---

<sup>3</sup> Las bolsas compostables suelen ser translúcidas y permiten identificar a simple vista y de forma inmediata la tipología de residuos que contienen, esto es especialmente importante en el caso de las recogidas puerta a puerta, y también, con independencia del sistema de recogida utilizado, en la recepción e inspección inicial de la FORM en las plantas de tratamiento biológico.

<sup>4</sup> Habitualmente se trata de bolsas PEBD (polietileno de baja densidad), obtenido por polimerización a partir de derivados del petróleo (recurso no renovable), del que se puede obtener mediante un proceso de extrusión y soplado todo tipo de bolsas: de supermercados, para tiendas, de basura, para congelados, industriales, etc.

<sup>5</sup> Como sea que la densidad del agua es de 1 t/m<sup>3</sup>, a mayor presencia de componentes con elevados contenidos de agua en la FORM, la densidad tiende a aproximarse a este valor (alcanzando valores de hasta 0,7 - 0,8 t/m<sup>3</sup>).

<sup>6</sup> Si bien esta es una práctica poco frecuente-sólo se tiene referencias que se aplique a uno de los flujos de recogida selectiva de FORM de muy alta calidad procedente de Mercabarna-puede tener un cierto interés cuando este flujo de materia orgánica, tras ser triturado , adquiere una consistencia semilíquida que permite su bombeo, su almacenamiento y transporte en depósitos o cubas y que lo habilita para ser introducido directamente en el sistema de digestión anaerobia.

<sup>7</sup> Hay que tener presente que la densidad de las impurezas-en conjunto-suele ser más baja que la de la FORM pura. Si se tiene en cuenta que, de media, aproximadamente un 60% en peso de las de impurezas son el papel-cartón, las bolsas de plástico y los plásticos, mixtos y películas, resulta fácil prever que la densidad media de los impropios es de baja a muy baja. No se dispone de tablas que relacionen el nivel de impropios con la densidad de la FORM ya que, entre otros motivos, la densidad, a igual nivel de impropios puede variar sustancialmente en función de los constituyentes de la FORM y de la humedad de la misma.

- además, a diferencia de otras fracciones de residuos municipales (vidrio, papel-cartón, envases, etc.), al no tratarse de un residuo inerte, la biodegradación que pueda experimentar la FORM desde el mismo momento de ser generada, tiende a reducir su porosidad<sup>8</sup>-que ya se puede considerar baja- e incrementa aún más la densidad de la FORM<sup>9</sup>.

Ahora bien, hay que tener presente que no todos los residuos que conforman la FORM tienen características homogéneas.

La tabla 1.2 recoge la incidencia de diversos tipos de residuos presentes en la FORM, en aspectos como la aportación o absorción de agua, el potencial de generación de malos olores, o la presencia de elementos punzantes, que obviamente puede afectar a las bolsas utilizadas para la recogida selectiva de la FORM.

Tabla 1.2. Incidencia de diversos componentes de la FORM en la contribución de agua en la FORM, el potencial de generación de malos olores o la presencia de elementos punzantes.

	Contribución de agua en la FORM	Potencial generación malos olores	Presencia elementos punzantes
<b>Restos de comida/restos de la preparación de la comida</b>			
Cáscaras y restos de fruta y verdura	+++	++	+
Huesos y restos de carne	++	+++	+++
Espinas y restos de pescado, conchas mariscos y moluscos	++	+++	+++
Cáscaras de huevo y cáscaras de frutos secos	+	+	+++
Restos de comida y comida en mal estado	+++	+++	+
Restos de pan, de harina	o/-	o	o/-
Posos de café y restos de infusiones	++	+	o/-
<b>Residuos de papel</b>			
Papel de cocina sucio	---	o	o
Servilletas de papel sucio	---	o	o
Pañuelos de papel	---	o	o
<b>Restos vegetales de pequeñas dimensiones</b>			
Ramos de flores marchitos, flores y hojas secas	+	o	+ /+++
Malas hierbas, césped, hojarasca	++	+	o
Pequeñas ramas de poda	o	o	+++
<b>Materiales compostables</b>			
Bolsas compostables	o	o	o
Otros materiales compostables	o	o	o/+
<b>Otros materiales</b>			
Tapones de corcho	o	o	o
Serrín	---	o	o
Astillas y virutas de madera natural	--	o	o/+
Excrementos de animales domésticos sin lecho absorbente	++	+++	o
Palillos y palitos de helado, de comida china o de hacer pinchos, etc.	o	o	+++

<sup>8</sup> En general, la FORM presenta un bajo nivel de porosidad, lo que hace que sea un material con bajo grado de compactabilidad. Si se somete a compactación a la FORM lo que se suele producir es una rotura mecánica de las estructuras de los tejidos vegetales y/o animales se libera agua intracelular y agua intersticial. En consecuencia se puede generar una gran cantidad de lixiviados. Sólo en el caso de una FORM que presente cierto nivel de impropios, a pesar de ser desaconsejable, se podría efectuar una cierta compactación.

<sup>9</sup> Este hecho se manifiesta de forma más contundente, a medida que pasan los días, en la parte inferior del recipiente donde se haya depositado la FORM, y puede conducir a la generación de malos olores debido a la aparición de condiciones anóxicas.

## 2. CONSIDERACIONES PRÁCTICAS DE LA GESTIÓN DE LA FORM

Obviamente, cuando nos referimos a la FORM domiciliaria, la recogida de estos residuos suele comenzar en la cocina de los hogares. La recogida selectiva de la FORM requiere disponer de cubos para la cocina con capacidades en torno a los 7-10 litros, donde los residuos orgánicos son depositados temporalmente; posteriormente, y en función del sistema de recogida disponible, las opciones de gestión son diversas:

- a) Sistemas de recogida puerta a puerta<sup>10</sup>. El usuario saca la FORM en la puerta de su vivienda, que el servicio de recogida pasará a retirar. Una vez recogida la FORM, el propietario del cubo lo recupera y lo devuelve a su domicilio. Caben dos posibilidades:
  - a. Se saca directamente el cubo de la cocina a la calle a la espera que sea recogida la FORM, opción poco frecuente<sup>11</sup>.
  - b. Se trasvasa la FORM del cubo de 7-10 litros a un cubo<sup>12</sup> de unos 20-30 litros que es el que se saca a la calle.
  
- a) Sistema de recogida en área de acera. El usuario trasvasa la FORM del cubo de 7-10 litros a un contenedor (habitualmente de 240 litros, pero también hasta 2.200 litros) o a buzones de recogida (soterrada-contenedores de hasta 3.000 litros- o neumática) ubicados permanentemente en la vía pública, hasta que la FORM sea recogida de acuerdo con el sistema previsto.

En la imagen 2.1 se muestra varias opciones de recogida de la FORM (puerta a puerta, contenedor en la calle -monomaterial, con tapa cerrada, con boca reducida o calibrada, con apertura con llave-, contenedores soterrados, recogida neumática, etc.).

Sea cual sea la modalidad o sistema de entrega/recogida de la FORM en los diversos municipios, todos ellos tienen en común una primera etapa de segregación en origen, en los hogares, que demanda de una cierta concienciación y sensibilización por parte de los usuarios, hasta que éstos incorporen la práctica de la separación en origen de la FORM como cualquier otro hábito. En este sentido, las campañas de comunicación y concienciación son determinantes para el éxito del sistema, ya que no es suficiente transmitir información clara de "cómo" se debe hacer -aunque las instrucciones básicas

---

<sup>10</sup> Para ampliar más la información sobre la recogida puerta a puerta se puede consultar el "Manual Municipal de Recollida Selectiva PORTA A PORTA" (<http://www.portaaporta.cat/ca/document.php?idDocument=11>), así como la "Guía práctica per a la recollida porta a porta en municipis de fins a 5.000 habitants" ([http://www.portaaporta.cat/documents/arxiu\\_portaaporta\\_56.pdf](http://www.portaaporta.cat/documents/arxiu_portaaporta_56.pdf)).

<sup>11</sup> En esta opción no se dispone de los cubos de la cocina durante las horas que los cubos permanecen en la calle, esperando a ser recogidos, circunstancia que puede incomodar ligeramente a los usuarios.

<sup>12</sup> Estos cubos suelen disponer de mecanismos -habitualmente la asa- que bloquea la abertura de la tapa del cubo con el objetivo de impedir que los animales que puedan merodear libremente por las calles (gatos, perros, etc.) puedan acceder con facilidad a los restos de comida.

son fundamentales y imprescindibles- sino sobre todo "porque" hay que hacerlo.

Imagen 2.1. Diferentes modalidades de la recogida selectiva de la FORM.

		
<p>Recogida Puerta a Puerta en edificios de estructura horizontal. A la izquierda, cubo colgado en la pared. A la derecha, cubos depositados en el suelo</p>		<p>Recogida estándar mediante contenedor estándar de 240 litros</p>
		
<p>Recogida mediante contenedores de 240 a 360 litros con tapas dotadas de boca reducida o calibrada</p>		<p>Recogida mediante contenedor de 700 litros con boca reducida o calibrada</p>
		
<p>Nuevo contenedor de recogida de FORM en Barcelona (Recogida sistema Easy)</p>	<p>Nuevo contenedor de recogida de FORM en Barcelona (Recogida lateral)</p>	<p>Recogida mediante contenedor con tapa cerrada (obertura con llave, únicamente para usuarios voluntarios)</p>
		
<p>Recogida mediante contenedor soterrado (en la imagen, buzón exterior)</p>	<p>Recogida neumática de Barcelona (en la imagen, buzón exterior)</p>	



Volviendo al uso de los cubos de preclasificación, estos cubos pueden estar protegidos con papeles o bien se puede utilizar algún tipo de bolsa (imagen 2.2), para evitar que se ensucien los cubos en contacto con los residuos orgánicos. Los papeles de protección (de cocina) o las bolsas pueden ser transferidos al contenedor conjuntamente con los residuos orgánicos que contienen.

Imagen 2.2. Diferentes opciones de separación y almacenamiento de la FORM en la cocina.

		
<p>Recogida en cubo convencional forrado con papeles de diario</p>	<p>Recogida en cubo convencional</p>	<p>Recogida en cubo aireado con bolsa de plástico compostable</p>
		
<p>Sujetador de bolsas de plástico compostable</p>	<p>Sujetador de bolsas de papel</p>	<p>Recogida en cubo aireado con bolsa de papel</p>

De todos modos, el envoltorio de la FORM depositada en el cubo o contenedores no debe ser visto únicamente como la manera de evitar que este se ensucie, sino como la manera de poder manipular y trasvasar la FORM de un cubo a otro o de un cubo a un contenedor, con una cierta comodidad.

En los países europeos donde ya hace años se efectúa el compostaje de residuos orgánicos recogidos en origen de forma selectiva es casi impensable utilizar bolsas de plástico convencional; si no se efectúa la entrega de los residuos orgánicos directamente al contenedor<sup>13</sup>, se recurre a otros tipos de bolsas no elaboradas con plásticos convencionales (imagen 2.3).

La investigación tecnológica ha permitido desarrollar en las últimas dos décadas nuevos tipos de envoltorios elaborados a partir de papel o de materiales plásticos biodegradables/compostables<sup>14</sup> aptos para la recogida selectiva de los residuos orgánicos.

<sup>13</sup> La FORM de los países del centro y del norte de Europa (Alemania, Austria, Países Bajos, etc.) es bastante diferente de la FORM de algunos países mediterráneos (Cataluña, Italia, Francia, etc.), en parte porque en los primeros se promueve fundamentalmente la recogida de residuos vegetales de jardín y como mucho de fruta y verdura, conocido como VFG -Vegetal, Fruit and Garden- o como GFT -Groente, Fruit and Tuinafval-, en parte por las condiciones climatológicas; esto explica en buena parte que sea visto como aceptable la descarga directa de FORM en los contenedores, sin utilizar ningún tipo de bolsa.

<sup>14</sup> En Europa los conceptos de biodegradabilidad y compostabilidad quedan recogidos y definidos en la Norma Europea EN 13432. Este estándar europeo define tanto los requerimientos exigidos a los materiales (envases o residuos de envases) para que su recuperación vía compostaje sea realmente factible, como los criterios de evaluación que los materiales han de alcanzar. Los requerimientos básicos son: de Composición Química [se fijan límites para metales pesados (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Mo, Se, As)], de Biodegradación, de Desintegración y de Calidad final del compost y ecotoxicidad.

Imagen 2.3. Diferentes opciones de descarga de la FORM en contenedores (en la calle o para comercios).



En relación a la entrega de la FORM hay varias opciones:

- a) Sistemas sin envoltura. En este supuesto, los residuos orgánicos estarían directamente en contacto con el cubo. Como mucho, algunos usuarios seguirían las recomendaciones de proteger con papeles el interior del cubo, para evitar que este se ensucie excesivamente.

En el caso de tener que trasvasar los residuos orgánicos del cubo a un contenedor situado en la calle, al no existir un envoltorio, el usuario debería depositar sus residuos orgánicos, directamente desde su cubo de basura orgánica al contenedor de la calle, lo que resulta bastante menos cómodo para el usuario. La no utilización de envoltura facilita mucho el tratamiento<sup>15</sup> de la FORM. El inconveniente más importante es consecuencia, justamente, de la deposición de los residuos orgánicos en el contenedor de la calle sin ningún tipo de envoltorio.

Esta opción requiere tareas adicionales de limpieza y desinfección de los cubos y contenedores (tanto de los domésticos como los de calle), a fin de mantenerlos en condiciones higiénicas y de limpieza adecuadas.

Seguramente, los malos olores producidos en la descomposición de los residuos orgánicos, que ya puede haberse iniciado en el cubo doméstico, no son retenidos por ningún tipo de envoltorio, lo que podría comportar molestias olfativas<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> El pretratamiento se ve simplificado ya que no se requieren los sistemas convencionales para la apertura de las bolsas (sistemas abre-bolsas, trómeles con elementos punzantes en su interior, etc.). La presencia de restos de envoltorio en el compuesto es mínima, lo que resuelve significativamente su cribado final, y a la vez contribuye a la obtención de un compost con un buen aspecto estético. Además el coste de gestión de la FORM es más económica y las inversiones en equipamientos también son menores.

<sup>16</sup> De todos modos, no se puede asegurar que los olores que se desprendan resulten más desagradables en intensidad y naturaleza que cuando se utiliza algún tipo de envoltorio.

Esta alternativa debería implicar un cambio de hábitos importante de la población, que probablemente encontraría como obstáculo la oposición de un amplio sector de los usuarios. Algunos países del centro y Norte de Europa (Alemania, Austria, Holanda, Suiza, etc.) han optado por esta modalidad, y ya hace bastantes años que lo llevan a cabo. Hay que entender que diferentes factores juegan a su favor: régimen climático continental, diferente composición de la fracción orgánica (presencia importante de residuos vegetales, que actúan como componentes esponjantes o estructurantes), así como también diferente grado de sensibilización y adquisición de hábitos. Por eso, la experiencia de estos países es útil, pero no directamente extrapolable.

- b) Sistemas con envoltura. En este caso, los residuos orgánicos serían depositados dentro de un envoltorio situado en el cubo, lo que permite mantener los cubos y contenedores en unas condiciones de limpieza e higiene mucho más aceptables, al tiempo que facilita la manipulación y trasvase de la FORM desde un cubo a otro cubo o contenedor.

La utilización de una envoltura obliga a incorporar, en las instalaciones de tratamiento, sistemas de pretratamiento para la apertura y, en algunos casos, de separación de las bolsas; la utilización de sistemas de limpieza (pretratamiento y postratamiento) en ningún caso puede asegurar una reducción total de la presencia de impurezas plásticas en el compuesto.

En cuanto a la generación de malos olores, ya ha sido comentado que el hecho de utilizar cualquier tipo de envoltorio puede frenar la expansión de compuestos malolientes; sin embargo, cabe señalar que, dependiendo del tipo de envoltorio utilizado, de manera indirecta, se somete el material a un medio anaeróbico<sup>17</sup> no muy adecuado para iniciar el compostaje. Además, el hecho de utilizar cualquier tipo de envoltorio no libera de efectuar un mantenimiento y limpieza<sup>18</sup> de los contenedores.

La inmensa mayoría de la población ya ha adquirido el hábito de entregar los residuos municipales en masa (RESTO), mediante una bolsa de basura, al contenedor de la calle. En todo caso, la resistencia u oposición que manifestarían los ciudadanos a modificar sus hábitos e incorporar con plena normalidad la recogida selectiva de la FORM puede suceder ya en la fase previa: la separación en origen de la fracción orgánica del resto de residuos, tal como ya se está haciendo con el vidrio, papel o envases; un segundo nivel de dificultad puede radicar en la elección del tipo de envoltura; ciertamente habrá que evaluar las ventajas y desventajas técnicas, los costes, etc.

---

<sup>17</sup> Los gases mal olorosos que se hayan producido dentro de la bolsa, en el tiempo que transcurre desde el momento de cerrar la bolsa hasta el momento que la bolsa sea abierta en la planta de compostaje, escapan a la atmósfera pudiendo provocar molestias olfativas, a no ser que la planta disponga de un sistema de captación y tratamiento del aire.

<sup>18</sup> Entre otras razones encontraríamos el hecho de que algunas bolsas puedan reventarse o abrirse, o que algunos ciudadanos vierten sus residuos directamente al contenedor, sin ningún tipo de envoltorio.

Los envoltorios que en realidad podrían considerarse para la entrega de los residuos orgánicos recogidos selectivamente son los siguientes: bolsas de plástico convencional, bolsas de plástico biodegradable/compostable y bolsas de papel-kraft.

- a. Bolsas de plástico convencional. Es la tipología más utilizada actualmente para depositar la basura doméstica en los contenedores de la calle. Cuando se utilizan las bolsas de basura de plástico convencional para la entrega de los residuos orgánicos recogidos selectivamente, se ha constatado que la presencia de estas condiciona de forma importante el posterior tratamiento biológico de la FORM; además, la afectación de la presencia de impropios<sup>19</sup> en la calidad del compost no es de tipo estrictamente estético, sino debido a la migración y transferencia de contaminantes<sup>20</sup>.

Hay que tener presente que una opción muy utilizada por la población es recurrir, en lugar de bolsas de basura de plástico, al uso de las bolsas de compra (conocidas como bolsas "shopper" o "camiseta") tan presentes en los hogares. De hecho, dando un segundo uso a este tipo de bolsa (utilizándola para depositar residuos) se da una salida a este tipo de bolsa y además los ciudadanos se ahorran comprar bolsas de basura. Los fabricantes de bolsas de plástico de basura consideran que las bolsas de plástico de compra son su principal competidor.

Una prospección<sup>21</sup> efectuada en junio de 2010 sobre unas ochenta referencias de bolsas de basura de plástico para diferentes usos y características al alcance de los consumidores, permite realizar las siguientes observaciones:

- Hoy en día, es posible encontrar una gran gama y tipología de bolsas de basura de plástico para diferentes usos y necesidades; hay de todo tipo de colores<sup>22</sup> (blanco, amarillo, naranja, azul, verde, lila, beige, marrón, gris, negro, transparente), perfumadas

---

<sup>19</sup> Hay que recordar que, de acuerdo con la información que se desprende de las caracterizaciones de FORM efectuadas en el periodo 2006-2009, disponible en el SDR, las bolsas de plástico convencionales (PEBD) representan aproximadamente un 15% en peso del total de impropios.

<sup>20</sup> El estudio "Contenido en metales de diferentes bolsas de plástico" [ESAB-UPC 2005] (Huerta, O.; López, M.; Pijoan, J.; Soliva, M.) pone en evidencia la presencia de diferentes contenidos de metales pesados en diversas tipologías de bolsas de plástico utilizadas habitualmente para la recogida de los residuos orgánicos.

<sup>21</sup> La prospección se ha efectuado mediante consulta directa en la web de 5 importantes cadenas de distribución comercial presentes en Cataluña [Caprabo (<https://www.capraboacasa.com>), Carrefour (<http://www.carrefouronline.carrefour.es>), El Corte Inglés (<http://supermercadoelcorteingles.es>), Eroski (<http://www.compraonline.grupoeroski.com>), Condis (<http://www.condisline.com>)], sobre un total de 9 marcas comerciales [Albal, Aliada, Saplex, Vileda, Zidar y 4 marcas blancas –Carrefour, Condis, El Corte Inglés, Eroski–]. Se ha considerado todo tipo de información disponible: marca comercial, descripción, formato de presentación, color, sistema de cierre, unidades, medidas, capacidad, características de resistencia, otras características (opacidad, perfumadas, tratamiento antibacteriano), precio venta público (por el producto tal cual y por unidad de bolsa).

<sup>22</sup> El polietileno tiene un color lechoso translúcido; este color se puede modificar añadiendo, antes de su extrusión, un concentrado de color, conocido en el sector como masterbatch.

(Espliego, Limón, Pino, etc.), con sistema de cierre por cinta (Cierra Fácil), e incluso con tratamiento antibacteriano.

- Las bolsas de basura de plástico que se encuentran en el mercado son fundamentalmente de polietileno de baja densidad (PEBD). Algunas empresas declaran que fabrican las bolsas parcialmente con plástico reciclado (incorporando hasta un 80% de plástico reciclado).
- En algunos de los productos examinados falta parcialmente información referente a sus características principales (materia prima, medidas de las bolsas, volumen útil, resistencia, galga, etc.).
- Las medidas de las bolsas de basura son variables, siendo las más habituales entre 25-30 litros (50 x 60 cm); también hay 80-100 litros (80 x 100 cm) para uso comercial o para comunidades; las bolsas para la orgánica suelen ser de 7 a 10 litros (44 x 44 cm).
- La mayor parte de bolsas están pensadas para la recogida de residuos en masa (RESTO), pero también destacan las bolsas destinadas a algún tipo de residuo (orgánica, envases, residuos de jardinería, escombros, "para el baño").
- En cuanto a la presentación de los paquetes de bolsas de basura, en la mayoría de casos las bolsas se encuentran en el formato "roll", pero mientras algunos paquetes se comercializan cerradas dentro de una bolsa de plástico transparente, otros simplemente están envueltos con una anilla de papel.
- En cuanto a las bolsas destinadas a la recogida de la FORM, conviven bolsas compostables con bolsas que no siendo ni compostables ni biodegradables son anunciadas para la recogida de la FORM (ver tabla 2.1); este hecho provoca sin duda una gran confusión entre los consumidores, los cuales si desconocen las diferencias reales entre ellas y sus verdaderas características, a la hora de elegir suelen escoger, ante unas prestaciones "teóricamente equivalentes", el producto más económico (alrededor de 0,5 € de diferencia por paquete)<sup>23</sup>.
- El precio unitario medio por bolsa, para la categoría de bolsas de entre 25-30 litros, es de 0,11 €/bolsa, pero los precios pueden oscilar entre 0,03 €/bolsa y 0,52 €/bolsa, dependiendo de las características de estas (medidas y capacidad, prestaciones técnicas, resistencia, sistema de cierre, calidad, etc.).

---

<sup>23</sup> Cuando las compras de bolsas compostables se hacen fuera de los circuitos de la gran distribución (algunos entes locales acostumbran a comprar grandes cantidades de bolsas compostables mediante concursos públicos o procedimientos negociados), el precio resultante es mucho menor.

- Una estrategia comercial bastante utilizada es reducir el número de bolsas por paquete, de manera que el precio de venta resultante por paquete sea aparentemente inferior al precio de venta de un producto equivalente ofrecido por la competencia, pero en realidad, el precio unitario por bolsa resulta ser superior.
- También se constata que el margen comercial en este tipo de producto puede ser muy importante dentro del coste global del producto, ya que un mismo tipo de producto puede encontrarse con precios muy diferentes (diferencias de precios entre el 10% al 30%) en diversos establecimientos comerciales.

Tabla 2.1. Características comparadas de diversas bolsas comercializadas para la recogida selectiva de la FORM.

					
Establecimiento	Caprabo	Caprabo	Carrefour	Condis	Condis
Marca	Saplex	Saplex	Vileda	Saplex	Saplex
Descripción	Saplex COMPOST	Saplex ORGÁNICA	Para compartimiento orgánica basuras	Saplex COMPOST	Saplex ORGÁNICA
Compostable	SI	NO	NO	SI	NO
Color	Translúcido	Beige	No identificado	Translúcido	Naranja
Número bolsas	15 unidades	15 unidades	15 unidades	15 unidades	15 unidades
Precio Paquete (€)	1,98 €/paquete	1,36 €/paquete	1,90 €/paquete	1,79 €/paquete	1,27 €/paquete
Precio Bolsa (€/ut)	0,132 €/bolsa	0,091 €/bolsa	0,127 €/bolsa	0,119 €/bolsa	0,085 €/bolsa

- b. Bolsas de plástico biodegradable/compostable. Varias industrias del sector químico (algunas de ellas, multinacionales) han desarrollado y logrado producir simultáneamente en diferentes lugares del mundo, después de años de estudio, los llamados plásticos biodegradables<sup>24</sup>.

<sup>24</sup> La tendencia del incremento continuado del precio del petróleo desde finales del siglo XX y principios del XXI ha contribuido a tomar conciencia de que las reservas de petróleo (recurso no renovable) en todo el mundo se están agotando. Simultáneamente a este proceso se ha observado un marcado interés científico e industrial en la investigación sobre plásticos biodegradables a partir de materiales naturales (recursos renovables). Así pues, los plásticos biodegradables pueden ofrecer una contribución importante a la reducción de la dependencia de los recursos fósiles y los impactos ambientales derivados.

En las pasadas dos décadas ha existido un renacimiento del interés en el campo de los bioplásticos que ha culminado con algunos avances importantes. Se han desarrollado algunos nuevos polímeros biodegradables a partir de recursos renovables. Se estima que el potencial máximo total de sustitución técnica de polímeros fósiles por parte de los polímeros biodegradables podrían llegar a 270 Millones de toneladas, es decir el 90% del total de polímeros consumidos en el mundo (Shen, L. et al. 2009).

Existen tres vías principales para obtener polímeros biodegradables: 1) polímeros extraídos directamente de la biomasa (polisacáridos como el almidón y la celulosa, o proteínas como la caseína, la queratina y el colágeno), 2) polímeros producidos a partir de monómeros obtenidos por síntesis química utilizando recursos renovables (por ejemplo, PLA-ácido poliláctico), 3) polímeros producidos por microorganismos o cultivos modificados genéticamente. De las tres vías, la primera es, de lejos, la más importante, seguida de la segunda.

En este primer grupo destaca, entre otros, por su importancia cuantitativa el Mater-Bi ® de Novamont, considerado como TPS (almidón termoplástico), del que se produjeron unas 60.000 toneladas en el año 2009. Es utilizado para múltiples aplicaciones, entre las cuales la más solicitada es el filme biodegradable (para bolsas biodegradables para la recogida de la FORM, bolsas de compra, acolchado agrícola, etc.).

Se trata de materiales plásticos sintetizados a partir de biopolímeros obtenidos a partir de recursos naturales (almidón de maíz o de patata, aceite de girasol, etc.), Y por lo tanto biodegradables por acción microbiana. Estos materiales pueden tener un abanico de aplicaciones muy importante.

Una de las aplicaciones más interesantes, es justamente su utilización para la obtención de bolsas o fundas para la recogida selectiva en origen de la fracción orgánica. En diversas pruebas efectuadas, estas bolsas han demostrado reunir características muy adecuadas: resistencia física, resistencia a la humedad, flexibilidad, ligereza, fácil manipulación, transpirabilidad, además de la principal: la biodegradabilidad de la bolsa en condiciones de compostaje o de digestión anaerobia.

Gracias a las características propias de las materias primas, biodegradables y compostables de acuerdo con el estándar europeo EN13432, y gracias a su funcionalidad, estas bolsas se han convertido en un instrumento fundamental para los usuarios y para las plantas de compostaje.

Otros rasgos característicos son: su transpirabilidad, menor que la del papel pero suficiente para permitir reducir el exceso de humedad de la FORM, así como el importante grado de transparencia, ya que la baja opacidad permite efectuar una inspección visual del contenido de su interior en el momento de efectuar la recogida (imagen 2.4).

Las primeras experiencias de carácter piloto, que se llevaron a cabo en varias plantas de compostaje de Alemania (Fürstfeldbruck, Witzenhausen), Austria (Niederösterreich), resultaron positivas. En la actualidad miles de municipios y millones de habitantes en Europa utilizan con toda normalidad este tipo de envoltorio para depositar los residuos orgánicos que posteriormente deben ser tratados mediante compostaje o digestión anaerobia.

El coste actual de este tipo de envoltura es aún mayor que el de las bolsas de plástico convencional, pero la tendencia de los últimos años parece indicar que el coste de este tipo de material se acabará equiparando al del plástico convencional.

Imagen 2.4. Capacidad de transparencia de diversas bolsas para la recogida selectiva de la FORM.

			
Bolsa compostable de papel, opaca, que no permite ver el interior	Bolsa no compostable, de PEBD, opaca, que no permite ver el interior	Bolsa compostable, translúcida, en la que se aprecia el contenido orgánico	Bolsa compostable, translúcida, en la que se aprecia el contenido orgánico con algún impropio

- c) Bolsas de papel-kraft. Este es el tercer posible tipo de envoltura para la recogida de la materia orgánica. Tiene la gran ventaja de ser un material totalmente biodegradable. Por el contrario, si no se ha previsto, las bolsas hechas de este material presentan el peligro de perforarse o de descolarse, en condiciones de sobrecarga o excesiva humedad<sup>25</sup>.

Últimamente parece que se fabrican y utilizan cada vez más bolsas de papel tipo "shopper" en sustitución de las bolsas de plástico convencional, lo que hace pensar en la posibilidad de utilización posterior de las mismas como medio para depositar los residuos orgánicos. En este caso sólo habría que garantizar que las tintas utilizadas para la impresión no contengan niveles elevados de metales pesados, para hacer factible su uso.

Algunos de los países nórdicos (Alemania, Austria, Suiza) con más tradición de compostaje y que disponen de una importante industria papelera, utilizan mayoritariamente este tipo de bolsas para la recogida selectiva de los residuos orgánicos.

Una vez examinadas las 3 opciones, parece del todo indicado evaluar las ventajas/desventajas de un tipo de bolsa respecto a los otros (tabla 2.2).

Tabla 2.2. Ventajas y desventajas del uso de bolsas de plástico convencional, bolsas de plástico compostable y bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM.

	Bolsas de plástico convencional (PEBD)	Bolsas de plástico compostable	Bolsas de papel
Materia Prima	Recurso NO Renovable	Recurso Renovable	Recurso Renovable
Biodegradabilidad	NO	SÍ	SÍ
Compostabilidad	NO	SÍ	SÍ
Transpirabilidad	Baja	Alta	Muy Alta
Inspección visual	No lo permite	Sí lo permite	No lo permite
Resistencia mecánica	+++	++ / +	+ / 0
Estanquidad	+++	+++	++ / - -
Manipulabilidad	Buena	Buena	Difícil
Impropio para la FORM	SÍ	NO	NO
Ocupación del espacio	Baja	Baja	Alta

<sup>25</sup> Una vía para resolver y contrarrestar esta problemática consiste en incrementar el grosor del papel para reforzarlo, y/o impermeabilizar la bolsa utilizando sustancias que también deberán ser biodegradables (ceras o parafinas naturales o, incluso, film biodegradable), pero que en definitiva sofistican el proceso productivo y encarecen el producto.



### 3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GESTIÓN DE LA FORM EN CATALUÑA

A nadie se le escapa que justamente debido a las características específicas de la FORM, se hace necesario que esta fracción se recoja y gestione lo antes posible y en unas condiciones que eviten al máximo la aparición de lixiviados y de malos olores.

Por este motivo, desde las primeras experiencias de recogida selectiva de la FORM, en el año 1993, la manera de recoger la FORM y de entregarla al sistema de recogida establecido ha sido motivo de análisis y mejora continuada.

La primera opción estudiada fue la entrega de la FORM sin envoltura, pero pronto se descartó, a pesar de las evidentes ventajas que comporta desde el punto de vista de tratamiento, porque como consecuencia daba lugar a otro problema muy importante: la suciedad del contenedor y en definitiva la falta de condiciones higiénico-sanitarias, que obligaba a efectuar un mayor esfuerzo en limpieza que se terminó manifestando insuficiente y, lo que es peor, la consiguiente desafección de la población a participar en los nuevos sistemas de recogida selectiva de la fracción orgánica que se veían sucios y molestos (malos olores, lixiviados, etc.).

Por lo tanto, pronto se comenzaron a poner sobre la mesa las otras dos opciones: la utilización de las bolsas de papel (imagen 3.1) o, de unas todavía emergentes bolsas de plástico compostable (imagen 3.2).

Imagen 3.1. Bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM.



Imagen 3.2. Bolsas de plástico compostable para la recogida selectiva de la FORM.



Funda de las primeras bolsas de plástico compostable fabricadas en Cataluña por la empresa SAPLEX

Detalle de la información estampada en las bolsas de plástico compostable

De hecho, la primera experiencia, aunque no fue muy duradera, fue en el año 1993, en el municipio de Artesa de Lleida, que implantó la recogida selectiva de la FORM mediante el sistema puerta a puerta utilizando bolsas de papel. Y no fue hasta finales del año 1996 y principios de 2007 que, en el contexto del proyecto Residuo Mínimo, dos municipios del Baix Llobregat, Torrelles de Llobregat y Molins de Rey, implantaron la recogida selectiva de la FORM mediante contenedores específicos dispuestos en la calle; la consigna dirigida a la población era que o bien se podía depositar el residuo orgánico directamente dentro del contenedor de la calle o que se debía utilizar una bolsa de papel (imagen 3.3).

Imagen 3.3. Primeras descargas de FORM en la planta de compostaje de Artesa de Lleida y de Torrelles de Llobregat.



Primera descarga de FORM en la planta de compostaje de Artesa de Lleida

Primera descarga de FORM en la planta de compostaje de Torrelles de Llobregat

A lo largo del año 1997 se pusieron en funcionamiento las plantas de compostaje de Botarell y de Santa Coloma de Farners, lo que supuso que

varios municipios de las comarcas del Baix Camp y La Selva fueran progresivamente implantando la recogida selectiva de la FORM. Desde la Agència de Residus de Catalunya, entonces Junta de Residuos de Cataluña, que promovía estas implantaciones conjuntamente con los consejos comarcales y los municipios implicados, se descartó la entrega directa de residuos orgánicos en los contenedores de la calle y se recomendaba la utilización de bolsas de papel y posteriormente las bolsas de plástico compostable (imagen 3.4).

Pronto, sin embargo, surgieron los primeros problemas con las bolsas de papel; a menudo, debido al alto nivel de humedad y la acumulación de líquidos en la base de la bolsa, las colas que se habían usado para sellar las bases de las bolsas se deshacían y frecuentemente, cuando se alzaba la bolsa, se abría por la parte inferior y caía todo el residuo orgánico.

Imagen 3.4. Cubos y bolsas (de papel y plástico compostable) utilizadas en las primeras implantaciones de la recogida selectiva de la FORM.



El debate suscitado sobre la conveniencia de utilizar bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM coincidió en el tiempo con la aparición en público de las primeras bolsas de plástico compostables fabricadas por la empresa Saplex, S.A. a partir de Mater-Bi ® biopolímero biodegradable y compostable obtenido por la empresa italiana Novamont S.p.A.

Las bolsas de plástico compostable pronto se hicieron un lugar entre las bolsas de papel para la recogida selectiva de la FORM, pero más allá de su idoneidad surgían algunas barreras o dificultades (el precio de adquisición y la dificultad para encontrarlas en los establecimientos comerciales) para su expansión natural.

Por si fuera poco, pronto, estas bolsas de plástico compostable tuvieron que convivir con "falsos productos biodegradables" (a menudo bolsas de polietileno aditivadas con pequeños porcentajes de almidón) a un precio muy inferior, lo que complicaba enormemente la consolidación de este nuevo tipo de bolsa.

Para luchar contra este fraude y garantizar la concurrencia de materiales y productos verdaderamente biodegradables y compostables, la Dirección General de calidad Ambiental del Departamento de Medio Ambiente, a través del Servicio de Calificación Ambiental, estableció un marco de calidad mediante el Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental Categoría para bolsas basura, y otros materiales compostables, recientemente refundido en la *Resolución MAH/2064/2009, de 29 de abril, por la que se establecen los criterios ambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental a los productos de material compostable.*

El otorgamiento del Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental, categoría "Productos de material compostable" (código 100), mediante el emblema correspondiente, permite identificar los productos y garantiza a los consumidores que estos productos han pasado por unos procesos y tienen las características ambientalmente correctas de acuerdo con la mencionada *Resolución MAH/2064/2009*, que a su vez ya incorpora el estándar europeo EN 13432 (el ámbito de aplicación del cual son los envases y embalajes) y el estándar europeo EN 14995 (el ámbito de aplicación del cual son los plásticos).

Desde las primeras implantaciones de la recogida selectiva de la FORM hasta la actualidad en que, en virtud de la Ley 9/2008, de 10 de julio, de modificación de la Ley 6/1993 del 15 de julio, reguladora de los residuos, se establece la recogida selectiva obligatoria de residuos municipales (también de la FORM) a todos los municipios de Cataluña, varias son las consideraciones cronológicas que se han ido haciendo en torno a la bolsa para la recogida selectiva de la FORM:

- En un primer momento, el mensaje institucional fue claro en el sentido de que la bolsa debía ser compostable, de papel o de plástico.
- Posteriormente, al conocer las limitaciones que planteaban las bolsas de papel, las bolsas de plástico compostable fueron desplazando a las bolsas de papel, a pesar de los interrogantes planteados, pero con la esperanza de que con el tiempo el mercado se iría consolidando y los precios se irían reduciendo.
- Cabe señalar, que habitualmente en las campañas de comunicación e información a la población para la implantación de la recogida selectiva de la FORM se suele distribuir gratuitamente a los hogares un cubo y uno o dos paquetes de bolsas de plástico compostable para implicar a la población y facilitar la recogida selectiva. Todo y la inequívoca intencionalidad pedagógica en favor de dar a conocer las bolsas de plástico compostable y la manera preferente de efectuar en esta recogida selectiva, en realidad, cuando las bolsas acababan, surgían las dificultades (el precio, donde encontrarlas, etc.-) y el dilema (si tan importante es la bolsa compostable, antes de hacerlo "mal"- utilizar una bolsa de polietileno-, quizá mejor dejar de hacer la recogida selectiva de la FORM?).
- Debido a las dificultades mencionadas para normalizar los temas de precio y accesibilidad de las bolsas de plástico compostable, se matizó el mensaje institucional, apostando por garantizar la fidelidad de la población a la

recogida selectiva de la FORM antes que "obligar" a utilizar la bolsa compostable. Se transmitió la idea de que antes de que la población dejara de hacer la recogida selectiva se aceptaba, como mal menor, que se utilizaran bolsas de polietileno, porque las plantas de compostaje ya estaban preparadas para separar las bolsas de plástico. Pero en realidad, de hecho, las plantas no estaban-ni están-preparadas para separar las bolsas de plástico no compostables ni tampoco muchos otros impropios que a menudo acompañan la FORM.

- En los últimos años se ha conocido las ventajas adicionales del uso combinado de los cubos aireados y bolsas compostables en la recogida selectiva de la FORM, y en la mejora de las condiciones de entorno y confortabilidad de los usuarios de la recogida selectiva de la FORM, lo que ha ayudado a fidelizar la población "practicante" de la recogida selectiva de la FORM y ha relanzado el importante protagonismo como elemento clave para una implantación con éxito de la recogida selectiva de la FORM.
- Últimamente, hay que mencionar la aparición tanto de bolsas de papel mejoradas para la recogida selectiva de la FORM como de bolsas "shopper" también compostables, en sustitución de las bolsas de compra convencionales, a las que se reconoce un doble uso (un primer uso para la compra de productos y un segundo uso para la recogida selectiva de la FORM).
- Con el tiempo, todo se ha ido poniendo en su lugar, y aunque formalmente el mensaje institucional sigue siendo el de recomendar el uso preferente de la bolsa de plástico compostable ante cualquier otra opción, sin renunciar a dejar de hacer la recogida selectiva por motivo de la elección de la bolsa (polietileno vs bolsa compostable), progresivamente se ha ido reconociendo el papel fundamental de la bolsa compostable en la recogida selectiva de la FORM. Además, la presencia de las bolsas compostables en los establecimientos comerciales se ha ido normalizando, aunque tímidamente, y los precios de venta se han ido reduciendo en relación a los precios de venta de las bolsas de basura de polietileno. Además, algunos entes locales han puesto en marcha iniciativas para garantizar la accesibilidad de la población a las bolsas compostables a un precio más ajustado y competitivo, subvencionando a veces parte o la totalidad de su coste, e incorporando este gasto dentro del coste global de gestión de los residuos y por tanto en las tasas municipales.



#### 4. RELACIÓN ENTRE EL USO DE BOLSAS COMPOSTABLES Y LA CALIDAD DE LA FORM. REPERCUSIÓN EN SU TRATAMIENTO.

Resulta obvio que, a la luz de la experiencia, siendo la bolsa el elemento de contención imprescindible para la recogida selectiva de la FORM, el uso de la bolsa compostable o de la bolsa de polietileno denota intrínsecamente una actitud del usuario en relación a esta recogida selectiva.

Es por lo tanto bastante lógico prever que el uso continuado y consciente de la bolsa compostable debería comportar una alta calidad de la FORM, dado que el usuario toma conciencia de la necesidad de entregar al servicio de recogida una FORM sin impropios, si es necesario al precio de tener que asumir el coste de adquisición<sup>26</sup> de las bolsas compostables.

En este sentido, y para confirmar la hipótesis de que a un mayor uso de bolsas compostables (menor uso de bolsas de polietileno) menor debería ser el % de impropios de la FORM, se ha efectuado el análisis de diversos datos:

- a) resultados de caracterizaciones de la FORM desde el año 2006<sup>27</sup> al año 2009, centrandó la atención en el **% total de impropios de la FORM** y en uno de los posibles tipos de impropios presentes en la FORM: el **% de bolsas de plástico** (de polietileno y por lo tanto no compostable). Esta información se ha obtenido a partir de la descarga de los datos consultables en el SDR de la Agència de Residus de Catalunya [ <https://sdr.arc.cat/sdr/GetLogin.do> ].
- b) datos sobre el **tipo de recogida selectiva de la FORM**, diferenciando los municipios que han implantado la recogida mediante sistemas puerta a puerta de los municipios que han utilizado otros sistemas. Esta información se ha obtenido a partir de la descarga de la base de datos asociada a la "Consulta estado implantación de la Recogida Selectiva de la FORM" disponible en la web de la Agència de Residus de Catalunya [ <http://www.arc.cat/webarc/jsp/formimpl/es/cercarmunicipis.jsf> ].
- c) Además, se ha dispuesto de información, a partir de las declaraciones del Estado Actual de la Implantación de la Recogida Selectiva de la FORM, referente a la **promoción del uso de la bolsa compostable** de todos los municipios catalanes con implantación del servicio de recogida selectiva de la FORM, que ya fueron utilizadas en el estudio "Metodología para la

---

<sup>26</sup> Se estima que para una familia de 3 miembros, con un consumo medio de 3 bolsas por semana, las necesidades son de unas 155 unidades de bolsa al año, y el coste de adquisición oscilaría entre unos 8 €/familia y año (compra a través de un ente local) y unos 18 €/familia y año (compra directa en la gran distribución).

<sup>27</sup> Desde el año 2007 en adelante, se aplicó un factor corrector a todas las caracterizaciones de la FORM, en concreto a dos de las fracciones de impropios: papel y cartón (0,66) y bolsas de plástico (0,54), para que el agua que llevan asociadas estas fracciones no contabilicen como impropio sino como FORM. Por lo tanto, para hacer homogéneos y comparables estos datos, también se ha aplicado manualmente estos coeficientes correctores a las caracterizaciones de la FORM del año 2006.

identificación de las causas de los impropios en la FORM y propuestas para su reducción" (Puig, I., Freire, J., 2009).

La tabla 4.1 recoge las medias aritméticas del % de bolsas de plástico y del % total de impropios de la FORM en el período 2006 a 2009; se observa que, a pesar de ligeras oscilaciones, las bolsas de plástico (no compostables) presentes en la FORM representan alrededor del 15% del total de impropios. Por lo tanto, una acción decidida o generalizada en favor de las bolsas compostables tendría una incidencia directa notable en el % total de impropios de la FORM y seguramente también de forma indirecta, ya que una mayor conciencia ciudadana haría reducir la presencia de otros tipos de impropios en la FORM.

Tabla 4.1. Evolución de la media de los % de Bolsas de plástico y del % Total de Impropios en las caracterizaciones de FORM, en el periodo 2006-2009.

Año	% Bolsas Plástico	% Total Impropios
2006	1,61	13,54
2007	1,74	10,25
2008	1,63	10,81
2009	1,67	10,34
2006-2009	1,66	11,12

Si nos centramos en el % de bolsas de plástico, desde el 2006 al 2009, incorporando las consideraciones sobre la promoción que se hace del uso de la bolsa compostable (aunque este último aspecto hace referencia únicamente a la situación del año 2009 y por lo tanto puede haber cambiado a lo largo del tiempo), se observa que cuando el uso de la bolsa compostable es obligatorio el porcentaje de bolsas de plástico es realmente inferior (0,3%), mientras que cuando se recomienda su uso o bien ni se obliga ni se recomienda, el porcentaje de bolsas de plástico es muy similar y superior (1,7%)

Tabla 4.2. Evolución de la media de los % de Bolsas de plástico en función del uso de la bolsa compostable, en el periodo 2006-2009.

Año	% Bolsas Plástico			
	Uso ni obligatorio ni recomendado	Uso obligatorio	Uso recomendado	Total
2006	1,67	0,30	1,67	1,61
2007	1,86	0,31	1,73	1,75
2008	1,70	0,39	1,70	1,64
2009	1,71	0,33	1,81	1,67
2006-2009	1,74	0,34	1,73	1,67
Uso de la bolsa compostable				

Para hacer más evidentes estas diferencias, en los gráficos 4.1 y 4.2 se observa la nube de puntos (un total de 4.647 observaciones) que relaciona el % de bolsas de plástico y el % total de impropios, en función del uso que se hace de las bolsas compostables por parte de los municipios (uso recomendado, uso obligatorio, uso ni recomendado ni obligatorio).



Como sea que en el gráfico 4.1 hay un enorme solapamiento de puntos que dificulta su apreciación, en el gráfico 4.2 se exponen los mismos datos acotados a los rangos 0-15% Total de Impropios y 0-5% bolsas de plástico, que por otro lado expresan una mayor centralidad, dejando fuera del campo visual aquellos que, si bien reales, resultan más anómalos.

Gráfico 4.1. Relación entre el % Bolsas de plástico (no compostables) y el % Total de Impropios, en función del uso de bolsas compostables (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado). Datos periodo 2006-2009.

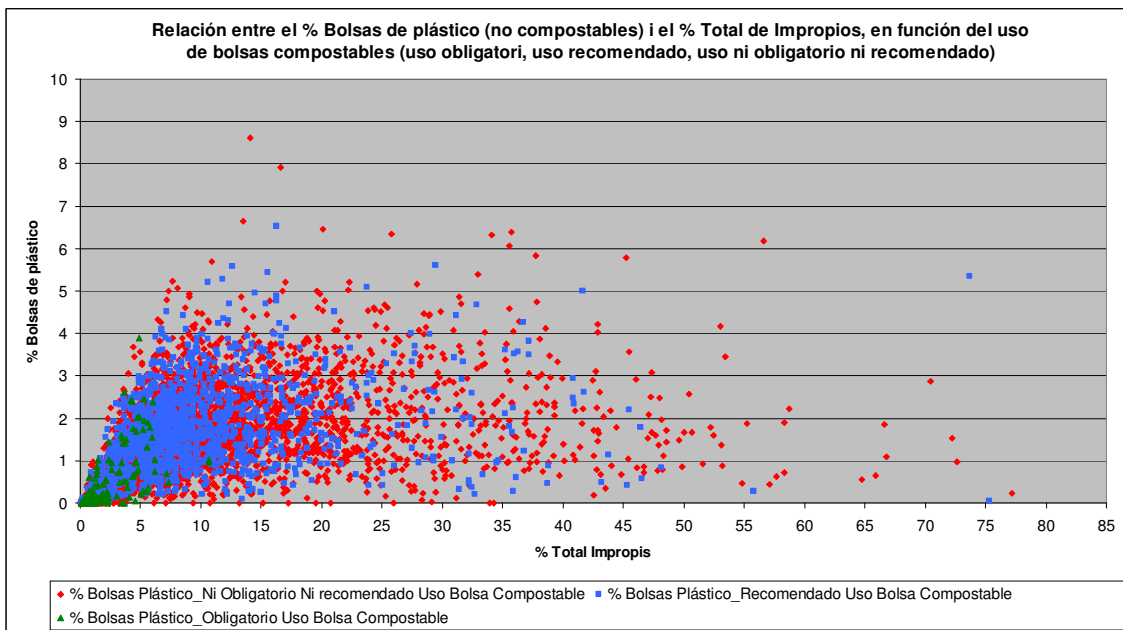
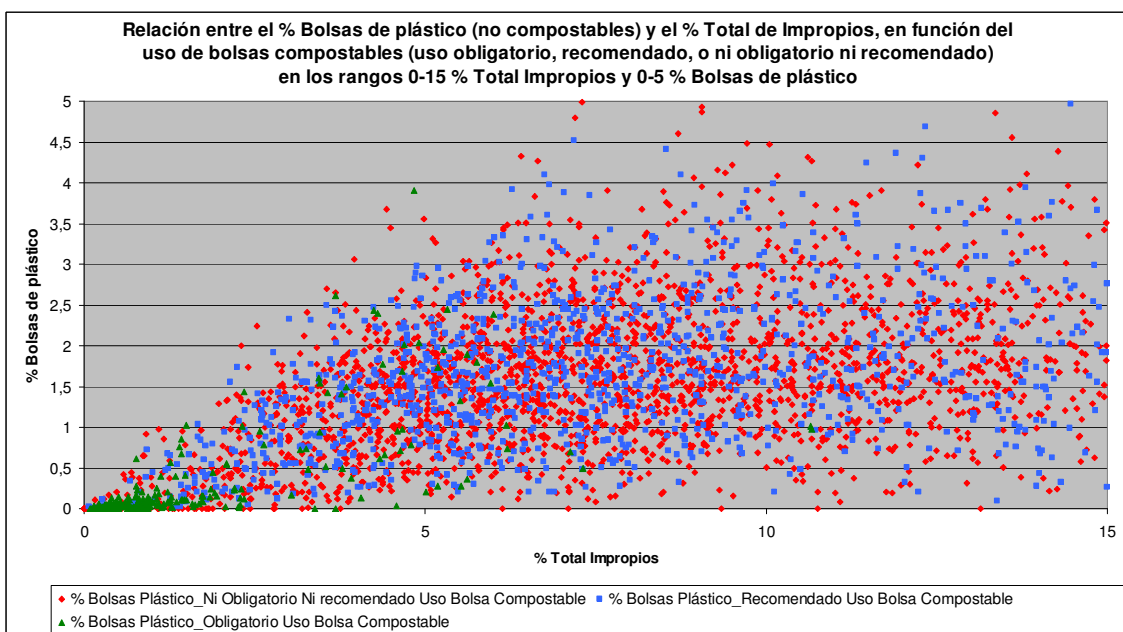


Gráfico 4.2. Relación entre el % Bolsas de plástico (no compostables) y el % Total de Impropios, en función del uso de bolsas compostables (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado), acotado a los rangos 0-15% Total impropios y 0-5% Bolsas de plástico. Datos periodo 2006-2009.



En ambos gráficos se observa que los valores más bajos de % total de impropios corresponden fundamentalmente a los valores más bajos de % de bolsas de plástico.

Además, en la tabla 4.3 se ha querido incluir el cruce de diversos datos, pertenecientes exclusivamente al año 2009, para captar el nivel de interacción entre el sistema de recogida (PAP<sup>28</sup> o no PAP<sup>29</sup>) y el uso de las bolsas compostables (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado) en el % total de impropios de la FORM.

Tabla 4.3. Promedio del % Total de Impropios en función del sistema de recogida de la FORM (PAP o no PAP) y del uso de la bolsa compostable (uso obligatorio, uso recomendado, uso ni obligatorio ni recomendado). Datos periodo 2009.

		% Total Impropios		
		Ni obligatorio ni recomendado	Obligatorio	Recomendado
Uso Bolsa Compostable	Ni obligatorio ni recomendado	12,06	6,07	11,63
	Obligatorio	4,61	1,54	1,73
	Recomendado	9,68	6,76	9,07
	Total general	11,33	5,06	10,34
		no PAP	PAP	Total general
Sistema de recogida				

En la tabla 4.3 se puede observar que:

- 1) la media<sup>30</sup> total de impropios en Cataluña, el año 2009, fue del 10,34%
- 2) la media total de impropios en Cataluña para los municipios que han implantado la recogida PAP fue de 5,06% mientras que para los municipios no PAP fue del 11,33%
- 3) hay una clara incidencia en el uso obligatorio de la bolsa compostable en el caso de los municipios con sistema de recogida PAP, lográndose el mejor resultado (1,54 %), mientras que no se aprecia diferencia en el caso de los municipios con sistema de recogida PAP entre aquellos que sólo recomiendan el uso de la bolsa compostable (6,76 %) y aquellos que ni obligan ni recomiendan el uso de la bolsa compostable. Esto da a entender que lo verdaderamente efectivo es la obligatoriedad del uso de la bolsa<sup>31</sup>.
- 4) el valor de % total de impropios para la conjunción municipios no PAP y uso obligatorio no tiene en sí mismo demasiado valor, ya que los datos corresponden a un único municipio (Tavernoles).

<sup>28</sup> Se consideran únicamente aquellos municipios que han implantado fundamentalmente la recogida PAP en su municipio, si bien no incluye las recogidas PAP en recogidas de FORM comercial en municipios que recogen la FORM doméstica con sistemas no PAP.

<sup>29</sup> Se consideran todos los otros sistemas de recogida que no sean PAP (área de acera mediante contenedor en la calle o subterráneo, recogidas neumáticas, etc.) Pese incluye las recogidas PAP de FORM comercial, muchas de ellas con buenos resultados (aunque la mayoría no utilizan bolsa compostable), lo que contribuye a reducir el % total de impropios en 11,33%, si no fuera por eso, este valor aún sería bastante más elevado.

<sup>30</sup> Siempre nos estamos refiriendo a medias aritméticas, para poder trabajar con medias ponderadas, habría que disponer de las toneladas de FORM de los circuitos de recogida y los datos accesibles de la ARC son de toneladas de FORM de los municipios, y no siempre la equivalencia es idéntica.

<sup>31</sup> Sea porque se dispone de una ordenanza que así lo establezca o bien porque a pesar de no disponer de una ordenanza no se recoge la FORM si no se ha depositado en una bolsa compostable.

- 5) con respecto a las experiencias no PAP, parece que el uso recomendado de la bolsa compostable, probablemente entre otros factores<sup>32</sup>, contribuye a que la FORM tenga una mejor calidad (9,68% frente 12,06%).

A la luz de estos resultados, parecería consecuente que aquellos municipios que han demostrado de forma continuada la capacidad de recoger una FORM de tan alta calidad pudieran disfrutar, tanto a nivel individual como colectivo, los beneficios asociados a la gestión de esta FORM.

Salvo en algunas experiencias, importantes localmente pero aisladas a nivel de toda Cataluña, es una verdadera lástima que prácticamente se desaproveche este esfuerzo o, como mucho, sirva para "mejorar" la menor calidad de la FORM de otros municipios. Y es que al tener que tratar la FORM de buena o muy buena calidad en las mismas instalaciones donde se gestiona la FORM de menor calidad o a veces de calidades deficientes, se disipa todo el beneficio asociado a una FORM de excelente calidad. Si que es cierto que las tarifas diferenciadas de tratamiento de la FORM intentan corregir económicamente esta diferente calidad de la FORM, pero ni eso es suficiente ni en todas las instalaciones el sistema tarifario discrimina suficientemente los intervalos de impropios y las tarifas correspondientes para las FORM de diferente calidad.

Hay que ir avanzando en la línea de intentar tratar de forma diferenciada estos flujos de FORM de buena o muy buena calidad para obtener el máximo beneficio ambiental, social y económico; cuando sea posible esto ya debería plantearse dentro de las instalaciones de compostaje existentes, diferenciando claramente el tratamiento de los flujos en función de su calidad, y si esto no fuera posible (por falta de disponibilidad de espacio, por saturación de la instalación o por otros motivos), sería sensato promover una red de plantas de compostaje a pequeña escala sobre el territorio catalán, similarmente a países europeos como Austria, como modelo complementario al actual Plan Territorial Sectorial de Infraestructuras de Gestión de Residuos Municipales (PTSIGRM), tal y como se señala en el Estudio de la implantación del compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales a pequeña escala (La Vola, 2009).

Estas instalaciones deberían ser tecnológicamente sencillas, de bajo coste de inversión (menor necesidad de equipamiento para extraer y gestionar los impropios) y en consecuencia con un menor coste de explotación. Para compensar la incidencia de las pequeñas capacidades de tratamiento en los costes unitarios de tratamiento, sería razonable plantearse compartir personal y equipamiento, siempre y cuando la distancia entre las instalaciones garantizara su viabilidad.

La FORM candidata para estas instalaciones sería principalmente la procedente de municipios que han implantado la recogida puerta a puerta, con menos de un 2% de impropios en la FORM (a menudo con valores muy inferiores al 1% y con ausencia total de vidrio), niveles alcanzados gracias al uso generalizado y obligatorio de las bolsas compostables.

---

<sup>32</sup> Seguramente los municipios que recomiendan el uso de la bolsa compostable, probablemente también se preocupan de otros aspectos (campañas de información que lleguen a la población, prestación de un buen servicio de recogida, etc.).

La necesidad de tratar la FORM de la manera más sostenible posible, en términos ambientales pero también económicos, y de acuerdo con los principios de suficiencia y proximidad, justificarían este tipo de plantas a pequeña escala en aquellos ámbitos donde la FORM, recogida con el sistema puerta a puerta y con bolsa compostable, es de excelente calidad.

## 5. LA BOLSA COMPOSTABLE Y EL RETORNO DE LOS CÁNONES

### 5.1. El retorno de los cánones

El canon sobre la deposición controlada de residuos municipales se creó por la Ley 16/2003, de 13 de junio; el tipo de gravamen, de conformidad con lo previsto en la Ley 8/2008, de 10 de julio, es de 10 a 20 euros por tonelada de residuo que se destine a depósito controlado en función de si los entes locales han iniciado o no, respectivamente, el desarrollo de la recogida selectiva de la fracción orgánica, de acuerdo con el Decreto 1/2009, de 21 de julio, por el que se aprueba el Texto refundido de la Ley reguladora de los residuos.

La Ley 8/2008 de 10 de julio crea el canon sobre los residuos municipales destinados a la incineración; el tipo de gravamen, de conformidad con lo previsto en esta ley, es de 5 o 15 euros por tonelada de residuo que se destine a la incineración en función de si los entes locales han iniciado o no, respectivamente, el desarrollo de la recogida selectiva de la fracción orgánica, de acuerdo con el citado Decreto 1/2009.

Ambos impuestos se destinarán a optimizar la gestión de los residuos municipales.

Para el año 2010, parte de la recaudación se destina al tratamiento de la FORM recogida selectivamente y a la recogida selectiva de esta fracción.

En cuanto al tratamiento de la FORM, los entes locales que justifiquen la recogida y entrega a las plantas de tratamiento biológico de la FORM recogida selectivamente recibirán 33,5 euros por tonelada de FORM "sucia" entrada a planta<sup>33</sup>, sin incluir la fracción vegetal (poda).

En cuanto a la recogida de la FORM, los entes locales titulares de este servicio solicitan el retorno que tiene un importe unitario de 8,5 euros por tonelada de FORM "sucia" recogida selectivamente, sin incluir la fracción vegetal (poda), destinadas a planta de compostaje y/o metanización. Sobre este importe se aplica unos coeficientes de corrección:

- Según el tipo de municipio <sup>34</sup>:

Tabla 5.1. Coeficientes de corrección según el tipo de municipio.

Municipio	Urbano	Semiurbano	Rural
Coeficiente	1	1,28	1,5

<sup>33</sup> Esto, sólo en el caso de que la planta disponga de un sistema tarifario en función de la calidad de la FORM, si no dispone, entonces se descontaría el % de impropios y se pagaría únicamente las toneladas de FORM limpias.

<sup>34</sup> Urbano: municipios con una población de derecho superior a 50.000 habitantes. Semiurbano: municipios con una población de derecho entre 5.000 y 50.000 habitantes, no incluidos en la tipología urbana. Rural: municipio con una población de derecho inferior a los 5.000 habitantes.

- Según el porcentaje de impropios:

Tabla 5.2. Coeficientes de corrección según el porcentaje de impropios.

Impropios	0<%≤5	5<%≤10	10<%≤15	15<%≤20	20<%≤25	%>25
Coeficiente	2	1,5	1,2	1	0,1	0

De ahí que el retorno de canon en concepto de la recogida de FORM puede ser muy diverso en función de la combinación de estas dos variables (tabla 5.3), con valores comprendidos en un intervalo que va desde un mínimo de 0 € hasta un máximo de 25,50 €.

Esto hace que, en el caso de máximo retorno (municipio de tipo rural y con un % de impropios inferior al 5%), el retorno de canon en concepto de recogida (25.50 €) represente como máximo un 43% sobre el importe total máximo de retornos de canon para su grupo de tipología de municipio (59.00 €), y que en el caso de mínimo retorno (municipio de tipo urbano y con un % de impropios superior al 25%), el retorno de canon "garantizado" en concepto de tratamiento (€ 33.50) represente un 66% sobre el teórico importe total máximo de retornos de canon para su grupo de tipología de municipio (50.50 €).

Tabla 5.3. Valores de retorno de canon en concepto de la recogida de FORM en función de la combinación de los coeficientes de corrección (Tipología de municipio y Porcentaje de impropios).

			Valor d'impropios					
			0<%≤5	5<%≤10	10<%≤15	15<%≤20	20<%≤25	%>25
			2	1,5	1,2	1	0,1	0
Tipología de Municipio	Urbano	1	17,00	12,75	10,20	8,50	0,85	0,00
	Semiurbano	1,28	21,76	16,32	13,06	10,88	1,09	0,00
	Rural	1,5	25,50	19,13	15,30	12,75	1,28	0,00

Tabla 5.4. Valores totales de retornos de canon (tratamiento de FORM + recogida de FORM) en función de la combinación de los coeficientes de corrección (Tipología de municipio y Porcentaje de impropios).

			Valor d'impropios					
			0<%≤5	5<%≤10	10<%≤15	15<%≤20	20<%≤25	%>25
			2	1,5	1,2	1	0,1	0
Tipología de Municipio	Urbano	1	50,50	46,25	43,70	42,00	34,35	33,50
	Semiurbano	1,28	55,26	49,82	46,56	44,38	34,59	33,50
	Rural	1,5	59,00	52,63	48,80	46,25	34,78	33,50

## 5.2. La bolsa compostable y el retorno de los cánones

Como ya se ha mencionado anteriormente, la bolsa compostable es un elemento de contención de la fracción orgánica. Tras el análisis efectuado en el presente estudio a partir de los resultados de las caracterizaciones de la FORM, se puede afirmar que el uso de las bolsas compostables sobre todo en recogidas puerta a puerta, por el hecho de ser semitransparentes, facilita un control de los impropios durante la recogida del residuo. Por este motivo, por el hecho de no utilizar la bolsa de plástico de polietileno y por la mayor corresponsabilización del ciudadano que, convencido e informado del porqué hace uso de la bolsa compostable, no introduce en la matriz orgánica otros residuos que no sean biodegradables, el porcentaje de impropios es o muy bajo o casi inexistente.

Así pues, el uso de las bolsas compostables por el hecho de influir muy positivamente sobre la calidad de la FORM tendrá una incidencia relevante<sup>35</sup> en el retorno del canon por el concepto de la recogida selectiva de la FORM donde el importe final depende del porcentaje de impropios.

De acuerdo con los criterios fijados para el año 2010, independientemente de si el municipio es urbano, semiurbano o rural, pasar de un porcentaje de impropios inferior o igual al 5% a encontrarse entre el 5 y el 10% de impropios implica una disminución del retorno del canon en concepto de recogida de FORM del 25%, del 40% si se encuentra entre el 10 y el 15%, del 50% si se encuentra entre el 15 y el 20%, del 95 % si se encuentra entre el 20 y el 25% y si el porcentaje de impropios es superior al 25% el retorno es nulo.

De acuerdo con los datos de caracterizaciones de la FORM de la Agència de Residus de Catalunya para el año 2009, exportadas del SDR-ARC, la media aritmética de impropios de la FORM en Cataluña es del 10,34% y del 5,06% donde se recoge puerta a puerta.

Los municipios que han implantado el uso obligatorio de las bolsas compostables para la recogida selectiva de la FORM, normalmente con el modelo de recogida puerta a puerta que permite hacer efectiva esta obligatoriedad mencionada, tienen un porcentaje de impropios del 1,53%, lo que confirma claramente la repercusión positiva del uso generalizado de la bolsa compostable en la recogida selectiva de la FORM (ver capítulo 4).

Si tomamos, por ejemplo, los municipios que han iniciado la recogida puerta a puerta a más tardar el año 2008 y que además son miembros de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta y calculamos, por el concepto Recogida selectiva de la FORM, el retorno de los cánones por valores de impropios inferiores al 5% y entre el 5 y el 10% se obtiene una diferencia total entre uno y otro retorno de 104.317,40 euros/año para el conjunto de estos municipios.

---

<sup>35</sup> Hay que tener presente que esta incidencia será más o menos relevante en función de la revisión de los criterios de retorno de canon que anualmente efectúa la Junta de Gobierno del Fondo de Gestión de Residuos.

Tabla 5.5. Diferencia de retorno de los cánones según el porcentaje de impropios de la FORM.

Municipio	Padrón 2009	Materia orgánica Año 2009 (toneladas/año)	Retorno canon 0 <% ≤ 5 (euro/año)	retorno canon 5 <% ≤ 10 (euro/año)	Diferencia (euro/año)
Tiana	7.590	647,82	14.096,56	10.572,42	3.524,14
Tona	7.955	1.058,77	23.038,84	17.279,13	5.759,71
Riudecanyes	1.083	117,58	2.998,29	2.248,72	749,57
Balenyà	3.743	371,40	9.470,70	7.103,03	2.367,68
Folgueroles	2.205	284,56	7.256,28	5.442,21	1.814,07
Malla	255	76,23	1.943,87	1.457,90	485,97
Santa Eulàlia de Riuprimer	1.052	117,27	2.990,39	2.242,79	747,60
Seva	3.370	446,96	11.397,48	8.548,11	2.849,37
Taradell	5.964	976,26	21.243,42	15.932,56	5.310,85
Viladrau	1.100	154,48	3.939,24	2.954,43	984,81
Aiguafreda	2.464	354,59	9.042,05	6.781,53	2.260,51
Sant Martí de Centelles	1.001	118,20	3.014,10	2.260,58	753,53
Arenys de Munt	8.190	708,88	15.425,23	11.568,92	3.856,31
Argentona	11.633	1.478,68	32.176,08	24.132,06	8.044,02
Canet de Mar	13.548	1.576,82	34.311,60	25.733,70	8.577,90
Lliçà de Vall	6.290	1.114,34	24.248,04	18.186,03	6.062,01
Martorelles	4.922	699,12	17.827,56	13.370,67	4.456,89
Sant Antoni de Vilamajor	5.444	746,36	16.240,79	12.180,60	4.060,20
Sant Feliu de Codines	5.702	557,42	12.129,46	9.097,09	3.032,36
Santa Eulàlia de Ronçana	6.802	1.035,32	22.528,56	16.896,42	5.632,14
Sant Sadurní d'Anoia	12.237	1.745,72	37.986,87	28.490,15	9.496,72
Olèrdola	3.462	296,08	7.550,04	5.662,53	1.887,51
Palau-Solità i Plegamans	14.070	2.008,29	43.700,39	32.775,29	10.925,10
Artesa de Lleida	1.517	124,32	3.170,16	2.377,62	792,54
Bellmunt del Priorat	354	36,21	923,36	692,52	230,84
Falset	2.864	180,35	4.598,93	3.449,19	1.149,73
Gratallops	266	11,65	297,08	222,81	74,27
Masroig	566	44,03	1.122,77	842,07	280,69
Morera de Montsant	153	5,70	145,35	109,01	36,34
Porrera	480	31,82	811,41	608,56	202,85
Torre de Fontaubella	147	10,11	257,81	193,35	64,45
Ulldemolins	481	35,20	897,60	673,20	224,40
Cornudella de Montsant	1.015	62,79	1.601,15	1.200,86	400,29
Garcia	602	139,54	3.558,27	2.668,70	889,57
Ginestar	1.066	44,18	1.126,59	844,94	281,65
Miravet	814	204,92	5.225,46	3.919,10	1.306,37
Rasquera	955	50,18	1.279,59	959,69	319,90
Tivissa	1.815	82,32	2.099,16	1.574,37	524,79
Torre de l'Espanyol	678	245,31	6.255,41	4.691,55	1.563,85
Batea	2.163	171,28	4.367,64	3.275,73	1.091,91
Fatarella	1.128	86,58	2.207,79	1.655,84	551,95
Gandesa	3.236	108,56	2.768,28	2.076,21	692,07
TOTAL	150.382	18.366,20	417.269,60	312.952,20	104.317,40

Fuente: [www.arc.cat](http://www.arc.cat) y elaboración propia



Las necesidades de bolsas compostables para la totalidad de municipios miembros de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta<sup>36</sup>, teniendo en cuenta que un hogar formado por tres miembros de media utiliza unas 3 bolsas a la semana, serían aproximadamente de 7.819.864 bolsas/año. Si el precio de la bolsa compostable, para pedidos superiores a un millón de bolsas, es aproximadamente de 0,05 euros, el gasto sería alrededor de unos 391.000 €/año y, por tanto, de acuerdo con la tabla 5.5, sólo con la diferencia de retorno que tendrían los municipios de la asociación si optaran por implantar el uso obligatorio de la bolsa compostable (lo que previsiblemente implicaría recoger una FORM con bajos porcentajes de impropios, con valores <2%, siempre dentro del tramo de valores de impropios <5%) podrían comprar bolsas compostables para cubrir las necesidades de más de un trimestre del año.

### **5.3. El sistema aireado y el retorno de los cánones**

Como se pone de manifiesto en el capítulo 6, el sistema aireado (bolsa compostable y cubo aireado), gracias a la transpirabilidad y la permeabilidad al vapor de agua de las bolsas compostables, favorece la evaporación de gran parte del alto contenido en agua de la materia orgánica, llegando a reducciones acumuladas del peso del residuo del 4,7% al tercer día de permanencia en casa del cubo. Además, se reducen los fenómenos fermentativos anaeróbicos precursores de los malos olores y las acumulaciones de vapor de agua condensado en el fondo del cubo; todo ello tiende a generar un mayor "confort" para el ciudadano, lo que estimula la participación en la recogida selectiva de la FORM. Este hecho ha sido ratificado en la prueba piloto, siendo el sistema aireado el preferido por los ciudadanos.

En este sentido, un estudio italiano (Bresoli & Guarnieri, 2007) donde se experimenta el uso del cubo aireado con bolsas compostables (Mater-Bi y papel) y de polietileno en 233 familias de la ciudad de Montebelluna señala que la frecuencia de entrega de la FORM por parte de los ciudadanos, calculada en función del número de cubos vaciados en los días de recogida, es más constante donde se ha utilizado la bolsa compostable Mater-Bi con el cubo aireado, siendo la menos constante donde se ha utilizado el polietileno.

De hecho, resulta difícil cuantificar el aumento de la participación en la recogida selectiva de la FORM; el sistema aireado es relativamente joven y aún faltan bastantes datos. Para reducir variables se debería comparar, para un mismo municipio, la cantidad de FORM recogida con el sistema tradicional con la recogida con el sistema aireado, teniendo en cuenta las posibles variaciones poblacionales; pero, lo cierto es que raramente se pasa del cubo tradicional al aireado en la totalidad del municipio; en general, el cubo aireado se introduce en las reposiciones, para la gente recién llegada, en campañas de refuerzo, etc. Pueden pasar años antes de que el cambio sea total.

---

<sup>36</sup> El cálculo se ha hecho conjuntamente ya que una de las finalidades de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta, de acuerdo con sus estatutos, es «efectuar compras conjuntas de todo tipo de material (bolsas compostables, cubos, etc.) de manera que comporte un ahorro económico para los miembros [...]»

Una opción muy recomendable sería que, desde la Agència de Residus de Catalunya, se promoviera un "plan renove" para todos los municipios de Cataluña que lo desearan, por el cual la Agència de Residus de Catalunya debería asumir el compromiso de financiar íntegramente el coste de adquisición de los cubos aireados, y los municipios interesados deberían asumir el compromiso fehaciente de incorporar en las ordenanzas municipales el uso obligatorio de las bolsas compostables para la recogida selectiva de la FORM, así como los mecanismos que permitan verificar su cumplimiento, o bien el compromiso de incentivar y promover, de forma continuada, el uso de las bolsas compostables.

Tras exponer estos conceptos contrapuestos en cuanto al peso del residuo recogido con el sistema aireado, hay que tener en cuenta que si se la pérdida de peso del residuo debido evaporación de parte del contenido de agua de la materia orgánica es superior al presumible incremento de peso recogido debido al aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM, el municipio le puede repercutir en una disminución del retorno de los cánones sobre la disposición del rechazo. Ahora bien, cabe decir que esta mayor participación también se traduce en un ahorro económico al disminuir la cantidad de residuo que finaliza vertedero.

Otro aspecto difícilmente medible sería la fidelización de la participación, es decir el mantenimiento de la participación de la recogida selectiva de la FORM a lo largo de los años; a pesar de la pérdida de peso del sistema aireado en un momento inicial, una proyección a medio o largo plazo, podría fácilmente resultar favorable cuantitativamente a este sistema, por una mayor fidelización de la participación, en relación al sistema no aireado, que inicialmente podría ser superior-al sistema aireado-pero que a largo plazo podría decaer por una pérdida progresiva de la participación.

Con el objetivo de paliar este posible perjuicio económico para los ayuntamientos, se han estudiado dos escenarios en función del modelo de recogida implantado en el municipio: escenario 1 para el modelo de recogida puerta a puerta y escenario 2 para el modelo de recogida en contenedores. Para cada escenario se analiza un municipio rural (4999 habitantes), un semiurbano (20.000 habitantes) y un urbano (80.000 habitantes) y se relacionará la diferencia de toneladas de FORM recogidas al año, con y sin el sistema aireado, con el retorno del canon, el coste de tratamiento de la FORM y el coste de vertedero<sup>37</sup>.

Tabla 5.6. Tarifa media de tratamiento de la FORM 2010 en Cataluña en función del % de impurezas (euros/tonelada).

	0<%≤5	5<%≤10	10<%≤15	15<%≤20	20<%≤25	25<%≤30	30<%≤35	35<%≤40
Media aritmética	41,27	45,65	49,41	52,25	58,08	63,31	73,76	74,52

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por la ARC

<sup>37</sup> Se considera un coste medio de vertedero de 40 euros/tonelada más 10 euros/tonelada de canon.

A partir de los datos del año 2009 sobre producción de residuos municipales de las estadísticas de la Agència de Residus de Catalunya y tomando por un lado los municipios que han implantado, en su totalidad, la recogida puerta a puerta de la FORM desde antes de 2009 y por otra los que han implantado en todo el municipio la recogida en contenedores de la FORM, se ha obtenido para cada grupo la cantidad media de residuos municipales generados, la cantidad media de residuo orgánico captado y el porcentaje promedio de captación de esta fracción respecto la cantidad total generada, considerando que la FORM representa un 36% en peso del total de residuos municipales (PROGREMIC 2007-2012).

Tabla 5.7. Media del ratio de generación de residuos municipales, de la cantidad de FORM recogida selectivamente y del porcentaje de captación de la FORM, para los municipios que recogen los residuos puerta a puerta y para los que lo hacen en contenedores.

	kg RM/hab/día	Kg FORM/hab/día	% captación FORM
<b>Escenario 1. Municipios puerta a puerta</b>	1,28	0,332	72,14
<b>Escenario 2. Municipios contenedores</b>	1,47	0,132	25,06

Para el **escenario 1** (municipios con el modelo de recogida puerta a puerta) teniendo en cuenta una reducción del peso del residuo por la idiosincrasia del sistema aireado del 4,3% (ver capítulo 6) a las 56h<sup>38</sup> de permanencia en casa de la FORM, sin considerar el posible aumento de la participación de los ciudadanos en la separación y recogida de esta fracción, cuando el porcentaje de impropios de la FORM es inferior al 10% el balance económico anual para las tres tipologías de municipios es ligeramente negativo, mientras que el balance económico anual es ligeramente positivo para las tres tipologías de municipios cuando el porcentaje de impropios de la FORM se encuentra entre el 10% y el 15%, situación nada propia de municipios con modelo de recogida puerta a puerta.

<sup>38</sup> Tiempo medio de permanencia en casa de la FORM en frecuencias de recogida puerta a puerta de 3 veces/semana.

Tabla 5.8. Balance económico sin aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM para los municipios con recogida puerta a puerta.

- Municipio rural de 4.999 habitantes

toneladas FORM/año sistema tradicional	toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	balance (€/año)	
606,55	580,47	26,08				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-1.538,81	1.076,38	-462,43
			<b>5&lt;%≤10</b>	-1.372,54	1.190,62	-181,92
			<b>10&lt;%≤15</b>	-1.272,78	1.288,69	15,91

- Municipio semiurbano de 20.000 habitantes

toneladas FORM/año sistema tradicional	toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	balance (€/año)	
2.426,67	2.322,33	104,35				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-5.766,21	4.306,40	-1.459,81
			<b>5&lt;%≤10</b>	-5.198,57	4.763,44	-435,13
			<b>10&lt;%≤15</b>	-4.857,98	5.155,78	297,81

- Municipio urbano de 80.000 habitantes

toneladas FORM/año sistema tradicional	toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	balance (€/año)	
9.706,70	9.289,31	417,39				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-21.078,09	17.225,60	-
			<b>5&lt;%≤10</b>	-19.304,19	19.053,76	-250,43
			<b>10&lt;%≤15</b>	-18.239,85	20.623,14	2.383,29

Ahora bien, a pesar de que se estima que la implantación del sistema aireado no hará incrementar en gran medida la participación en la recogida de la FORM ya que el modelo puerta a puerta en sí ya conlleva altos niveles de captación de FORM, alcanzar los porcentajes de captación que se exponen en la tabla 5.9 permitiría obtener un balance económico neutro.

Tabla 5.9. Porcentaje de captación para lograr un balance económico neutro para los municipios con recogida puerta a puerta.

% Impropios FORM	Captación FORM	
	municipios rurales	municipios rurales
0<%≤5	72,96	72,63
5<%≤10	72,52	72,18

El incremento más alto de participación se necesita para los municipios rurales con un porcentaje de impropios de la FORM inferior al 5% lo que representa respecto al porcentaje medio de captación (72,14%) un aumento de la cantidad anual de FORM recogida del 1,14%. Niveles de captación superiores a los de la tabla anterior provocarían balances económicos positivos.

Tablas 5.10. Balance económico neutro con incremento de la participación de los ciudadanos en la separación de la FORM para los municipios con recogida puerta a puerta.

- *Municipio rural de 4.999 habitantes*

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	retorno canon (€/año)	Ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	606,55	587,07	19,47	-1.148,92	803,66	345,26	0,00
5<%≤10	606,55	583,54	23,01	-1.210,89	1.050,39	160,49	0,00

- *Municipio semiurbano de 20.000 habitantes*

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	retorno canon (€/año)	Ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	2.426,67	2.344,37	82,31	-4.548,32	3.396,83	1.151,48	0,00
5<%≤10	2.426,67	2.330,04	96,63	-4.814,32	4.411,35	402,96	0,00

- *Municipio urbano de 80.000 habitantes*

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	Retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	9.706,70	9.351,97	354,72	-17.913,46	14.639,38	3.274,08	0,00
5<%≤10	9.706,70	9.294,05	412,65	-19.085,02	18.837,43	247,59	0,00

En el caso de que no se detecte un aumento de la participación y se mantengan los mismos porcentajes de captación de la FORM de antes de implantar el sistema aireado (ver tablas 5.8) se podría pensar en la aplicación de unos factores de corrección<sup>39</sup> multiplicadores de la cantidad de FORM recogida y posteriormente tratada por la cual se solicita el retorno de los cánones. Estos compensarían la pérdida económica debido a la pérdida de peso del residuo, todo y el ahorro económico en el coste de tratamiento.

Tabla 5.11. Factores de corrección de la FORM recogida y tratada para los municipios con recogida puerta a puerta.

% Impropios FORM	factor de corrección		
	municipios rurales	% Impropios FORM	municipios rurales
0<%≤5	1,0135	1,0114	1,0082
5<%≤10	1,0060	1,0038	1,0006

<sup>39</sup> Como se especifica en el Protocolo de caracterización de la FORM procedente de la recogida selectiva de los residuos municipales, la ARC ya aplica un factor de corrección, en el caso del papel-cartón y de las bolsas de plástico presente como impropios en la FORM recogida, para corregir el incremento de peso que experimentan el papel y cartón y las bolsas de plástico al incorporar humedad procedente fundamentalmente del residuo orgánico. Esta medida se traduce en una disminución del % de impropios de la FORM y, por tanto, en un mayor retorno.

Para el **escenario 2** (municipios con modelo de recogida en contenedores) teniendo en cuenta una reducción del peso del residuo por la idiosincrasia del sistema aireado del 3,3% (ver capítulo 6) a las 36h<sup>40</sup> de permanencia en casa de la FORM sin considerar el posible aumento de la participación de los ciudadanos en la separación y recogida de esta fracción, se observa en la tabla 5.12 la misma situación que en el escenario 1, cuando el porcentaje de impropios de la FORM es inferior al 10% el balance económico anual para las tres tipologías de municipios es negativo, mientras que el balance económico anual es ligeramente positivo para las tres tipologías de municipios cuando el porcentaje de impropios de la FORM se encuentra entre el 10% y el 15%, situación muy común en municipios con el modelo de recogida en contenedores.

Tabla 5.12. Balance económico sin aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM para municipios con recogida en contenedores.

- *municipio rural de 4.999 habitantes*

toneladas FORM/año sistema tradicional	Toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	Balance (€/año)	
241,98	233,99	7,99				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-471,13	329,55	-141,58
			<b>5&lt;%≤10</b>	-420,23	364,53	-55,70
			<b>10&lt;%≤15</b>	-389,68	394,55	4,87

- *municipio semiurbano de 20.000 habitantes*

toneladas FORM/año sistema tradicional	Toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	Balance (€/año)	
968,11	936,16	31,95				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-1.765,42	1.318,48	-446,95
			<b>5&lt;%≤10</b>	-1.591,63	1.458,41	-133,22
			<b>10&lt;%≤15</b>	-1.487,35	1.578,53	91,18

- *municipio urbano de 80.000 habitantes*

toneladas FORM/año sistema tradicional	Toneladas FORM/año sistema aireado	diferencia (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	Balance (€/año)	
3.872,43	3.744,64	127,79				
<b>impropios</b>			<b>0&lt;%≤5</b>	-6.453,41	5.273,90	-1.179,50
			<b>5&lt;%≤10</b>	-5.910,30	5.833,62	-76,67
			<b>10&lt;%≤15</b>	-5.584,43	6.314,12	729,68

En este caso, es más probable un aumento significativo de la participación en la separación de la FORM con el sistema aireado. Alcanzando los porcentajes de captación que se exponen a continuación los balances económicos serían neutros. Los municipios que requieren de un mayor incremento son los rurales con impurezas en la FORM por debajo del 5% y necesitan sólo un aumento respecto al porcentaje medio de captación de la FORM (25,06%) del 0,87%.

<sup>40</sup> Tiempo medio de permanencia en casa de la FORM suponiendo que tan frecuente es sacar la bolsa cada día como cada dos días.

Tabla 5.13. Porcentaje de captación para alcanzar un balance económico neutro para los municipios con recogida en contenedores.

% impropios FORM	% captación FORM		
	municipios rurales	% impropios FORM	municipios rurales
0<%≤5	25,28	25,24	25,19
5<%≤10	25,16	25,12	25,07

Tabla 5.14. Balance económico neutro con incremento de la participación de los ciudadanos en la separación de la FORM para los municipios con contenedores.

- municipio rural de 4.999 habitantes

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	Ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	241,98	236,03	5,95	-350,83	245,40	105,43	0,00
5<%≤10	241,98	234,94	7,04	-370,28	321,20	49,08	0,00

- municipio semiurbano de 20.000 habitantes

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	Ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	968,11	942,96	25,14	-1.389,48	1.037,71	351,77	0,00
5<%≤10	968,11	938,54	29,56	-1.472,85	1.349,57	123,28	0,00

- municipio urbano de 80.000 habitantes

% impropios	toneladas FORM/año		dif. (toneladas)	retorno canon (€/año)	ahorro coste tratamiento FORM (€/año)	ahorro coste vertedero (€/año)	balance (€/año)
	s. tradicional	s. aireado					
0<%≤5	3.872,43	3.764,00	108,43	-5.475,91	4.475,07	1.000,84	0,00
5<%≤10	3.872,43	3.746,11	126,32	-5.842,50	5.766,71	75,79	0,00

Si no se manifiesta un aumento de la participación y se mantienen los mismos porcentajes de captación de la FORM de antes de implantar el sistema aireado se podrían introducir unos factores de corrección multiplicadores de la cantidad de FORM recogida y posteriormente tratada por la cual se solicita el retorno del canon. Estos compensarían la pérdida económica debido a la pérdida de peso del residuo, todo y el ahorro económico en el coste de tratamiento.

Tabla 5.15. Factores de corrección de la FORM recogida y tratada para los municipios con recogida en contenedores.

% impropios FORM	factores de corrección		
	municipios rurales	% impropios FORM	municipios rurales
0<%≤5	1,0103	1,0086	1,0062
5<%≤10	1,0045	1,0029	1,0004

En el supuesto de que el retorno de los cánones en un futuro disminuyera o bien desapareciera, con la implantación del sistema aireado, siempre que el incremento de participación en la recogida por parte de los ciudadanos (si hay) sea menor a la pérdida de peso del residuo por la evaporación del contenido de agua de la FORM, habría un ahorro en el coste de tratamiento que se podría reinvertir en la adquisición de bolsas compostables.

Este ahorro, si nos basamos en los datos de la tabla 5.8 y la tabla 5.12, y considerando que una bolsa compostable cuesta alrededor de unos 0,05 euros, permitiría cubrir entre un 8% y un 9% del coste del consumo anual de bolsas por habitante en recogidas puerta a puerta y entre un 2,5% y un 2,8% en recogidas en contenedores.

A modo de ejemplo, teniendo en cuenta las necesidades de bolsas compostables de los miembros de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta y el precio de las bolsas compostables, con el ahorro en el coste de tratamiento se podrían comprar bolsas para cubrir el consumo de un mes .

---

<sup>41</sup> Estos cálculos no contemplan que, con la implantación del sistema aireado, puede disminuir el número de bolsas compostables usadas, ya que en el sistema aireado no sólo disminuye el peso de la FORM sino también su volumen y por tanto la necesidad en bolsas compostables, lo que supone un ahorro añadido adicional.



Tabla 5.16. Ahorro en el coste de tratamiento al implantar el sistema aireado (sin considerar incremento de participación) según el porcentaje de impropios de la FORM.

Municipio	Materia orgánica (toneladas/año)	Materia orgánica s. aireado (toneladas/año)	Diferencia (toneladas/año)	Ahorro coste tratamiento impropios 0<%≤5 (euros/año)	Ahorro coste tratamiento impropios 5<%≤10 (euros/año)
Tiana	647,82	619,96	27,86	1.149,63	1.271,64
Tona	1.058,77	1.013,24	45,53	1.878,90	2.078,31
Riudecanyes	117,58	112,52	5,06	208,66	230,80
Balenyà	371,40	355,43	15,97	659,09	729,04
Folgueroles	284,56	272,32	12,24	504,98	558,58
Malla	76,23	72,95	3,28	135,28	149,64
Santa Eulàlia de Riuprimer	117,27	112,23	5,04	208,11	230,20
Seva	446,96	427,74	19,22	793,18	877,36
Taradell	976,26	934,28	41,98	1.732,48	1.916,35
Viladrau	154,48	147,84	6,64	274,14	303,24
Aiguafreda	354,59	339,34	15,25	629,26	696,04
Sant Martí de Centelles	118,20	113,12	5,08	209,76	232,02
Arenys de Munt	708,88	678,40	30,48	1.257,99	1.391,50
Argentona	1.478,68	1.415,10	63,58	2.624,08	2.902,57
Canet de Mar	1.576,82	1.509,02	67,80	2.798,24	3.095,22
Lliçà de Vall	1.114,34	1.066,42	47,92	1.977,52	2.187,39
Martorelles	699,12	669,06	30,06	1.240,67	1.372,34
Sant Antoni de Vilamajor	746,36	714,27	32,09	1.324,50	1.465,07
Sant Feliu de Codines	557,42	533,45	23,97	989,20	1.094,19
Santa Eulàlia de Ronçana	1.035,32	990,80	44,52	1.837,29	2.032,28
Sant Sadurní d'Anoia	1.745,72	1.670,65	75,07	3.097,97	3.426,76
Olèrdola	296,08	283,35	12,73	525,43	581,19
Palau-Solità i Plegamans	2.008,29	1.921,93	86,36	3.563,93	3.942,17
Artesa de Lleida	124,32	118,97	5,35	220,62	244,03
Bellmunt del Priorat	36,21	34,65	1,56	64,26	71,08
Falset	180,35	172,59	7,76	320,05	354,02
Gratallops	11,65	11,15	0,50	20,67	22,87
Masroig	44,03	42,14	1,89	78,14	86,43
Morera de Montsant	5,70	5,45	0,25	10,12	11,19
Porrera	31,82	30,45	1,37	56,47	62,46
Torre de Fontaubella	10,11	9,68	0,43	17,94	19,85
Ulldemolins	35,20	33,69	1,51	62,47	69,10
Cornudella de Montsant	62,79	60,09	2,70	111,43	123,25
Garcia	139,54	133,54	6,00	247,63	273,91
Ginestar	44,18	42,28	1,90	78,40	86,72
Miravet	204,92	196,11	8,81	363,65	402,25
Rasquera	50,18	48,02	2,16	89,05	98,50
Tivissa	82,32	78,78	3,54	146,09	161,59
Torre de l'Espanyol	245,31	234,76	10,55	435,33	481,53
Batea	171,28	163,91	7,37	303,96	336,21
Fatarella	86,58	82,86	3,72	153,65	169,95
Gandesa	108,56	103,89	4,67	192,65	213,10
<b>TOTAL</b>	<b>18.366,20</b>	<b>17.576,45</b>	<b>789,75</b>	<b>32.592,84</b>	<b>36.051,93</b>

## 6. EL SISTEMA AIREADO

### 6.1. Introducción

La separación de la FORM se ha hecho, desde sus inicios y hasta hace poco, con un cubo cerrado y con una bolsa de polietileno o, en el mejor de los casos, una bolsa compostable. En estos últimos años se ha introducido una nueva modalidad, que prevé la utilización de un cubo perforado en toda o buena parte de su superficie combinado con el uso de bolsas compostables. Este sistema se llama de forma coloquial y también en publicaciones científicas "sistema aireado".

Gracias a la transpirabilidad y la permeabilidad al vapor de agua de las bolsas compostables, el sistema aireado favorece la evaporación de buena parte del alto contenido de agua de la materia orgánica provocando reducciones del peso del residuo durante su permanencia en el cubo.

El valor de reducción del peso de la FORM alcanzado depende básicamente de: la tipología de la fracción orgánica separada, de la frecuencia de recogida de la FORM (vaciado del cubo), de la geometría del cubo perforado, de si éste está tapado o no, de la situación del cubo (en un armario, sobre el mostrador de la cocina, el balcón, etc.), de la temperatura y humedad ambiental, así como de la corriente de aire en el interior o exterior del hogar (al cual está sometido el cubo). El sistema aireado tiene claramente un efecto minimizador de los residuos generados.

Los cubos aireados que presentan agujeros desde la base hasta la tapa permiten un "efecto chimenea" (paso del aire de fuera hacia adentro y de abajo hacia arriba) muy eficaz. El continuo intercambio de aire entre el residuo y el ambiente donde se encuentra este, permite reducir los fenómenos fermentativos, anaeróbicos (putrefacción), y, por lo tanto la aparición de malos olores, retrasa la aparición de hongos y también reduce la acumulación de vapor de agua condensada en el cubo; disminuyen, así, las problemáticas que más frecuentemente incomodan a los ciudadanos que hacen la recogida selectiva de la FORM, y que a menudo representan un buen pretexto para no efectuar o dejar de hacer esta recogida selectiva. El sistema aireado incrementa además la capacidad de resistencia mecánica de la bolsa compostable; esta queda mucho más seca y facilita su transporte.

Todo esto reduce las molestias y genera un mayor "confort" que puede estimular la participación y aumentar la cantidad y la calidad de la FORM recogida, disminuyendo los costes de tratamiento finalista al disminuir la cantidad de fracción resto generada.

## 6.2. Recopilación bibliográfica

En diferentes zonas del Norte de Europa, caracterizadas por recoger la FORM con una frecuencia semanal o quincenal, intentaron mejorar las condiciones de almacenamiento del residuo orgánico en el interior de los hogares aprovechando la característica de transpirabilidad de las bolsas compostables utilizando cubos aireados. Así nació el "sistema aireado".

Teniendo como partida las indicaciones provenientes del área escandinava y ya utilizadas en otras regiones europeas, se verificó la funcionalidad del sistema aireado también en las condiciones de uso mediterráneo: altas frecuencias de recogida y con un residuo orgánico con bastante más humedad.

En este sentido surgen diferentes estudios que se describen brevemente en las tablas 6.1 y 6.3. Tres de ellos experimentan el sistema aireado en zonas con bajas frecuencias de recogida de la FORM (estudios 1, 3 y 4), los otros cuatro donde la frecuencia de recogida es mayor (área mediterránea).

Taula 6.1. Recopilación bibliográfica sobre estudios precedentes sobre el "sistema ventilado".

Estudio	Autores	Organismo	Año	Frecuencia recogida FORM
1	Insam & Klammer	Institute of Microbiology University of Innsbruck	2002	Baja
2	Martín	Novamont SpA	2002	Alta
3	Aasen	Norwegian Centre for Soil and Environmental Research	2004	Baja
4	Rodger <i>et al.</i>	Network Recycling i Bexley Council	2005	Baja
5	Colombo <i>et al.</i>	Novamont SpA	2005	Alta
6	-----	Scuola Agraria del Parco di Monza	2006	Alta
7	Bresolin & Guarnieri	Consorcio Azienda Treviso Tre	2007	Alta

Sólo el estudio 3 especifica el **posicionamiento de los cubos** durante la prueba, señalando que éstos se encontraban por separado en laboratorios diferentes y a una altura del suelo de entre 60 y 80 cm.

En los otros estudios, en general y para las pruebas de laboratorio, se describe las **condiciones de laboratorio**, indicando que los cubos se encontraban en locales a temperaturas entre 20 y 25 ° C.

En cuanto a la **tipología de FORM** utilizada ésta es muy variada, algunos la reconstituyen para conseguir un residuo homogéneo para todos los test (estudios 3, 5 y 7), otros toman FORM de restaurantes (estudios 2 y 6) y también FORM doméstica acabada de recoger (estudio 1 y 4).

En todos estos estudios, menos en los de escala real, la **disposición de la FORM en el sistema aireado** se ha constituido de manera estática, ya que desde el primer momento se llenaron completamente las bolsas con residuo orgánico (no se volvió a añadir más a lo largo de la prueba) y se inició su control (evolución de la pérdida de peso y otros parámetros).

Todos los **controles** se caracterizan en hacer un **análisis cuantitativo** sobre la pérdida de peso del residuo y un **análisis cualitativo** sobre la presencia de lixiviados, olores, mohos y sobre el comportamiento de las bolsas. El estudio 7, además, determina el índice respirométrico de la FORM y la permeabilidad al vapor de agua, al oxígeno y a los compuestos odoríferos de las bolsas.

El estudio 4 y el 7 hacen una **prueba a escala real**, en ambos casos se ayudan de un cuestionario con preguntas para obtener más informaciones de las familias. En el estudio 4 se analiza, sobre todo, la conveniencia de los contenedores aireados (imagen 6.1) situados en el exterior para almacenar la FORM hasta el día de su recogida.

Imagen 6.1. Contenedor aireado en la calle (Estudio 4).



En cuanto a la **tipología de bolsas**, en todos los estudios, menos en el estudio 4, las bolsas compostables son de Mater-Bi, y en el estudio 6 y 7 también se prueban las bolsas compostables de papel.

En cuanto a los **resultados**, las mayores pérdidas de peso del residuo orgánico se obtienen con los sistemas aireados, siendo más pronunciadas las de los cubos aireados sin laterales (imagen 6.2) y cuando se utilizan las bolsas compostables de papel.

Imagen 6.2. Cubo aireado sin laterales.



En la tabla 6.2 se muestra el mayor número de datos sobre pérdidas de peso, comparables entre ellas, del tercer día de almacenamiento de la FORM y de la combinación cubo aireado (con tapa) y bolsa compostable de Mater-Bi.

Tabla 6.2. Pérdidas de peso de la FORM al tercer día de almacenamiento.

Estudios	% pérdida de peso
2	6,6
3	5
5	11,2-18,4
6	16,1
7	7

Como se puede observar se distinguen dos grupos: por un lado los estudios 2, 3 y 7 y por otro los estudios 5 y 6. Los datos que integran cada grupo son similares entre ellos pero muy diferentes respecto a los del otro grupo. Como se ha descrito anteriormente, el valor de reducción del peso de la FORM alcanzado depende de múltiples variables:

- En cuanto a la tipología de FORM el valor más bajo es el del estudio 3, estudio noruego con FORM reconstituida, ahora bien los otros estudios (2, 5, 6 y 7) todos son del área mediterránea con FORM supuestamente con más contenido de agua y encontramos también valores bajos.
- En cuanto a la temperatura de los laboratorios era de 20 °C para el estudio 3, 6 y 7, de 25 °C para el estudio 5 y en el estudio 2 se especifica que la prueba se hizo en los meses de julio y septiembre.
- Sólo se dispone de los valores de humedad relativa de los laboratorios de los estudios 3, 5 y 6, y esta oscilaba entre el 25 y el 40%, entre el 70-80% y el 46 % de media, respectivamente.

Todas estas informaciones no aclaran el porqué de la diferencia entre los valores de pérdida de peso del residuo de uno y otro grupo. Por lo tanto se supone que la geometría del cubo puede jugar un papel importante. Ya en el estudio 5 donde se testan, en las mismas condiciones, diferentes tipos de cubos aireados se observa una diferencia notable entre los porcentajes de pérdida de peso de 7,2 puntos. En la imagen 6.3 se pueden observar los cubos de los estudios 2, 3, 5, 6 y 7.

Los cubos aireados del estudio 2 y 3 son de geometría igual y la tapa contiene micro agujeros. Efectivamente las pérdidas de peso de la FORM son muy similares. Del estudio 5 tenemos una imagen de los cubos testados pero no tenemos información sobre a cual corresponde cada pérdida. En cuanto al cubo del estudio 6 (al igual que uno de los cubos del estudio 5 pero de distinto color), a simple vista ya se observa que la superficie libre de intercambio con el exterior por donde se evaporará el contenido de agua de la FORM, tanto de los laterales como de la tapa, es mayor que la de los otros cubos de los estudios (2, 3 y 7) y, por lo tanto, el porcentaje de pérdida de peso es uno de los más altos. Y finalmente, suponemos que el cubo del estudio 7 tiene ligeramente

más superficie libre de intercambio que los del estudio 2 y 3 de acuerdo con el resultado de pérdida de peso de la FORM.

Imagen 6.3. Cubos aireados de la bibliografía.



La ubicación del cubo aireado influye de manera importante en la pérdida de peso del residuo orgánico y está directamente relacionado con la corriente de aire en el interior o exterior del hogar. Sólo el estudio 3 especifica la situación de los cubos en los laboratorios, éstos estaban a una altura del suelo de entre 60 y 80 cm; presumiblemente los cubos de los otros estudios se encontraban en posiciones similares o en el suelo. En cambio, en la realidad, a menudo el cubo se encuentra dentro del armario de la cocina de debajo de la fregadera, allí la corriente de aire es muy reducida. Probablemente estudiarlo en esta situación daría la mejor estimación sobre la pérdida de peso de la FORM en el sistema aireado. El estudio 3 señala que la pérdida de peso después de 8 días de almacenamiento en ambiente abierto pero en el interior del laboratorio fue del 20% y situando los cubos en el interior de un armario la pérdida de peso fue un 40% menor, del 12%.

En cuanto a los resultados de los análisis cualitativos el mejor comportamiento es el del sistema aireado donde los lixiviados, los malos olores y los mohos son casi inexistentes. En todos los estudios el comportamiento de las bolsas compostables con los cubos aireados ha sido satisfactorio.

De las encuestas realizadas a las familias, allí donde se ha hecho las pruebas a escala real, el sistema aireado es el que más ha gustado; en el estudio 4 se observa una mayor participación en la recogida y menor número de impropios y en el estudio 7 el sistema aireado con bolsa de Mater-Bi ha resultado el más positivo, en relación a las bolsas de papel ya que en éstas se detectan algunas rupturas, se adaptan menos al cubo y ocupan más espacio de almacenamiento mientras no se utilizan.

6.3. Resumen del recopilatorio bibliográfico sobre el sistema aireado.

Estudios	Tests	Descripción	Análisis	Resultados
<b>1</b> Pruebas laboratorio	- CA sin laterales + BC - CnoA + BC - CnoA + BnoC	- Periodo: mayo-junio 2002 - Prueba estática, llenado de los cubos con FORM doméstica - 15 repeticiones por test - Observaciones al tercer, séptimo y decimocuarto día	- Pérdida de peso del residuo - Aspecto visual y emisiones de olores - Número de colonias de hongos	- Mayor pérdida de peso: CA+BC 15%, 32% y 52% después de 3, 7 y 14 días - Presencia de lixiviados y malos olores al 14º día menos en CA+BC; pérdida total propiedades mecánicas de las bolsas de CnoA+BC al 14º día; con CA+BC las bolsas se mantienen estables - Menor número de colonias de hongos: CA+BC
<b>2</b> Pruebas laboratorio	- CA con tapa + BC - CA sin tapa + BC - CA con tapa + BnoC - CA sin tapa + BnoC - CnoA + BC - CnoA + BnoC	- Periodo: julio-septiembre 2002 - Prueba estática, llenado de los cubos con FORM comercial (restaurante + frutería) - 3 repeticiones por test - Observaciones diarias durante 7 días	- Pérdida de peso del residuo - Análisis cualitativo: lixiviados, olores, mohos, así como del comportamiento de las bolsas	- Mayor pérdida de peso: CA sin tapa+BC 13,2%, 17,4%, y 27,7% después de 3, 4 y 7 días. CA con tapa+ BC: 6,6%, 9,3% y 17,7%, respectivamente - Presencia de mohos, lixiviados y malos olores a partir del 3º día en CnoA+BC; moho también en CnoA+BnoC - BC resistentes hasta el 7º día; BnoC alguna ruptura
<b>3</b> Pruebas laboratorio	- CA con tapa + BC - CA sin tapa + BC - CnoA + BC	- Condiciones ensayo: 20°C - Prueba estática, llenado de los cubos con FORM reconstituida - Cubos en laboratorios separados y situados a 60-80 cm por encima del suelo, en ambiente ventilado - Observaciones diarias durante 8 días	- Pérdida de peso del residuo - Desarrollo de moho y olores - Comportamiento de las bolsas compostables	- Mayor pérdida de peso: CA sin tapa+BC 22% después de 8 días; 19% CA con tapa+BC y 3% en CnoA+BC - CA sin tapa+BC dentro armario cocina 12% de pérdida de peso después de 8 días - La velocidad de reducción diaria de peso fue baja en los dos primeros días y aumento a partir del 3º día. La pérdida de peso está relacionada con la humedad relativa. Entre el 1º y 2º día la HR bajó del 40 al 25% y permaneció estable 40-35% del 3º al 6º día. - A partir del 4º día aparecen mohos estos acaban cubriendo toda la superficie en CnoA+BC y CA con tapa+BC. Los malos olores con el CnoA son muy fuertes. En CA sin tapa+BC los micelios no son visibles hasta el 6º día y no se generan los malos olores. - La mosca de la fruta estuvo presente al 3º día alrededor de los CA y al 8º día alrededor del CA sin tapa - Todas las bolsas compostables testadas mantuvieron su integridad

Estudios	Tests	Descripción	Análisis	Resultados
4 Prueba a escala real	- CA+BP - CoA + BP	-Periodo: enero-diciembre 2004 -300 familias de London Borough of Bexley - Frecuencia de recogida: Resto 1 vez/set; FORM y reciclables secos cada dos semanas, en semanas alternas	- Peso de las diferentes fracciones recogidas por familia en febrero, mayo y septiembre 04 - Composición de los residuos - Encuesta a las familias octubre 2004 - Otras observaciones	- Los resultados de las encuestas no coinciden con los resultados de producción de residuos. Ex: el 91% de los encuestados dice que utiliza el CoA y de los resultados de producción sólo emerge un 70% - El vaciado de los contenedores CoA es más rápido, ya que los residuos del interior de las BP caen con más facilidad; no hay líquidos, los contenedores están más limpios y no hay problemas de olores. - Se observan menos impropios en la FORM de CoA+BP y la cantidad de FORM recogida es superior respecto donde se utiliza el contenedor tradicional (más participación)
5 Pruebas laboratorio	- CA + BC (6 tipos diferentes de CA) - CnoA + BC	- Condiciones climáticas: 25°C, 70-80% de humedad - Prueba estática, llenado de los cubos con FORM reconstituida - Observaciones después del tercero, quinto y séptimo día	- Pérdida de peso del residuo - Eficiencia del cubo - Eficiencia de la bolsa	- Pérdidas de peso para CA+BC al 3º día desde 11,20% a 18,40%; al 5º día desde 20,8% a 33,53% y al 7º día desde 32,6 a 41,33% - el 50% de los CA+BC testados presentan condensaciones en todo el cubo y las BC están mojadas, con micro rupturas pero transportables, a partir del 7º día - CnoA+BC presenta agua en el fondo del cubo y la BC está mojada, con micro rupturas pero transportables, a partir del 5º día
6 Pruebas laboratorio	- CA + BC - CA + BnoC - CA + BP - CA sin laterales+BC - CA sin laterales+BnoC - CA sin laterales+BP - CnoA + BC - CnoA + BnoC - CnoA + BP	- Condiciones ensayo: aprox 20°C, 46,7% de humedad (media de una semana) Prueba estática, llenado de los cubos con FORM comercial (restaurante) y acelgas cortadas - 5 repeticiones por test - Observaciones después del segundo, tercer y séptimo día	- Pérdida de peso del residuo - Análisis cualitativo: lixiviados, mohos, así como posibles rupturas de las bolsas	- Mayor pérdida de peso: CA sin laterales+BP 17,3%, 22,9% y 35% después de 2, 3 y 7 días. CA+BC: 11,7%, 16,1% y 25,8%, respectivamente -Lixiviados: sólo en CnoA + BC y CnoA + BP. -Rupturas: un caso en las bolsas de papel y polietileno y algunos casos de rupturas mecánicas y otras debidas a la biodegradación en las bolsas compostables - Mohos: a partir del 2º día en todos los tests. Menos acentuado en los sistemas aireados - Otras consideraciones: sistemas aireados olores menos fuertes; BP menos adaptable al cubo y ocupa más espacio en casa mientras no se utiliza



Estudios	Tests	Descripción	Análisis	Resultados
7 Pruebas laboratorio	- CA + BP - CA + BC - CA + BnoC	- Condiciones climáticas: 20°C - Prueba estática, llenado de los cubos con FORM seleccionada y homogénea	- Propiedades mecánicas de las bolsas antes del uso - Permeabilidad al oxígeno, al vapor de agua y a los compuestos odoríferos de las bolsas - Índice respirométrico de la FORM - Pérdida de peso del residuo	- Mayor pérdida de peso: CA+BP 19,1% al tercer día; 7% CA+BC - La BP es más permeable a los compuestos odoríferos - Índice respirométrico mayor en la FORM contenida en la BP
7 Prueba a escala real	- CA + BP: zona A - CA + BC: zona B - CA + BnoC: zona C	- Período: del 4/01 al 26/02/07 - Se ha dividido 233 familias de Montebelluna en tres zonas para experimentar a la vez cada test - Se ha repartido a cada familia un cubo aireado de 10L, un cubo para la entrega de la FORM de 25L y las bolsas (papel, Mater-Bi o polietileno, según la zona) - Frecuencia de recogida: 2 veces/set.	- Peso neto de los residuos recogidos por familia - Volumen del residuo de los cubos de 25L - Encuesta a las familias	- La media de FORM recogida es: 0,25 kg/hab.día en la zona A; 0,30 kg/hab.día en la zona B y 0,33 kg/hab.día en la zona C - Entrega de la FORM más constante en la zona B, la menos constante en la zona C - En la mayoría de los casos el contenedor para la entrega de la FORM es suficiente - El sistema CA+BC es el que más ha gustado; la BC mantiene las propiedades y se agujerea menos que la BP; se producen menos líquidos en el cubo, menos olores y menos insectos; tanto por la BP como por la BC (menos) los encuestados se lamentan de la dificultad de atarla y de que la prueba se ha hecho en un período poco crítico debido a las bajas temperaturas

Notas: CA: cubo aireado;  
CnoA: cubo no aireado;  
CoA: contenedor aireado;  
BC bolsa compostable;  
BnoC bolsa no compostable de polietileno;  
BP bolsa de papel

Fuente: 1. Insam & Klammer, 2002; 2. Martín, 2002; 3. Aasen, 2004; 4. Rodger et al, 2005; 5. Colombo et al, 2005; 6. Scuola Agraria del Parco di Monza, 2006;  
7. Bresolin & Guarnieri, 2007.

### 6.3 Determinación de la eficiencia de los cubos aireados en la recogida de la fracción orgánica de los residuos municipales

Para la realización del estudio que se expondrá en el presente capítulo se ha contado con la colaboración del Grupo de compostaje de residuos sólidos orgánicos del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Bellaterra (ver Anexo 9.1)

El objetivo es probar a nivel técnico qué mejoras puede aportar el uso de cubos aireados y las bolsas compostables en la recogida de la Fracción Orgánica de Residuos Municipales (FORM).

El proyecto se desarrolla en dos partes, unas pruebas cuantitativas a escala laboratorio y unas pruebas cualitativas a escala real. En ambos estudios experimentaron las siguientes combinaciones:

- 1) Cubo aireado con bolsa compostable [CA + BC]
- 2) Cubo aireado con bolsa de polietileno [CA + BNC]
- 3) Cubo no aireado con bolsa compostable [CnoA + BC]
- 4) Cubo no aireado con bolsa de polietileno [CnoA + BNC]

Las características de los materiales empleados se especifican en las tablas 6.4 y 6.5 y la imagen 6.4.

Tabla 6.4. Características nominales de las bolsas utilizadas en los ensayos.

	Bolsa compostable	Bolsa no compostable
Material	Mater-Bi	HDPE
Color	Transparente	Beige
Cierre	Convencional	"Cierre fácil"
Ancho (cm)	45	45
Longitud útil	44	47
Espesor equivalente ( $\mu$ ) <sup>*</sup>	17,5	28
Densidad (g/dm <sup>3</sup> )	1.200	920
Opacidad (Lux)	300	800
Dard-Test (G)	300	120
Rasgado longitudinal (mN)	2.000	1.840
Carga ensayo caída (kg)	3	3
Rasgado transversal (mN)	800	7.040
Res. Tracción longitudinal (N)	13	28
Res. Tracción transversal (N)	12	21
Alargamiento longitudinal (%)	200	528
Alargamiento transversal (%)	650	810

Fuente: Saplex SA

\* Teniendo en cuenta que el método de control del proceso es gravimétrico y que depende de la densidad, se define el espesor equivalente como el espesor que correspondería a un peso por unidad determinado con una densidad de masa prefijada.

Criterio de aceptación: método de control descrito en la I-1012. Prueba de uso según UNE EN 13592 con los valores de referencia descritos en la tabla.

Tabla 6.5. Características de los cubos utilizados en los ensayos.

	<b>Cubo aireado</b>	<b>Cubo no aireado</b>
Material	Polipropileno	Polipropileno copolímero
Color	Marrón	Marrón
Cierre	Mango con cierre de seguridad en la tapa antiderrame	Mango con cierre de seguridad en la tapa antiderrame
Capacidad (L)	10	10
Ancho (mm)	285	215
Profundidad (mm)	200	210
Altura (mm)	320	295
Otros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fisuras en las cuatro paredes, en el fondo y la tapa</li> <li>- Sistema de sujeción de la bolsa</li> <li>- Mango de sujeción de tapa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de sujeción de la bolsa</li> <li>- Mango de sujeción de tapa</li> </ul>

Fuente: Neticont

Imagen 6.4. Cubo aireado (izquierda) y no aireado (derecha) utilizados en los ensayos.



### 6.3.1. Estudios a escala laboratorio (ensayo cuantitativo)

Del estudio a escala laboratorio cabe destacar, como novedad en relación a otros estudios similares precedentes, que la **disposición de la FORM en el sistema aireado** (el llenado de los cubos testados) se ha constituido de manera **dinámica**, es decir, a cada cubo y cada día se llenaba aproximadamente una cuarta parte de su volumen con FORM fresca<sup>42</sup>. Cuando el cubo estaba lleno, después de cuatro días, se consideraba que el experimento había terminado. Con este procedimiento, es el primer estudio-que tengamos conocimiento-que intenta simular la situación real de la generación y deposición en el cubo que se hace en los hogares. Probablemente, ello conllevaría a priori unas pérdidas de peso menores en relación a los estudios precedentes, con disposición de la FORM de forma estática, pero mucho más cercanas a la realidad.

Durante el ensayo, que se llevó a cabo por triplicado para cada una de las cuatro combinaciones, se hicieron registros de peso en cada cubo, para poder evaluar las pérdidas. También se hicieron medidas de temperatura. Se determinaron las concentraciones y perfiles de emisión de cuatro gases concretos: metano, N<sub>2</sub>O, amoníaco y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en conjunto.

El material de las réplicas de cada combinación se mezcló en una sola muestra final sobre la que se realizaron los ensayos de humedad, materia orgánica e Índice Respirométrico Dinámico (IRD). Estos tres parámetros también se determinaron en la FORM inicial de partida.

La mejor combinación en términos de pérdida de peso se da en la combinación cubo aireado + bolsa compostable. En el gráfico 6.1 se observan las pérdidas de peso de la FORM durante los cuatro días de duración del experimento. Estos resultados están en sintonía con los de los estudios de la bibliografía analizada (ver tabla 6.2). En concreto en el estudio 7 donde se utiliza el mismo cubo aireado que se ha utilizado en estas pruebas, la pérdida de peso al tercer día de almacenamiento de la FORM es del 7%. En nuestro estudio esta es del 4,7%, un valor menor que ya era previsible debido al llenado dinámico de los cubos con FORM.

Una de las dudas surgidas en evaluar las pérdidas de peso era el hecho de que la FORM hubiera podido sufrir pérdidas antes de iniciar el ensayo, ya que se trataba de FORM recogida y no terminada de generar. Para esclarecer este punto, se hizo añadir una pequeña prueba que consistía en repetir los cuatro casos de estudio (combinaciones entre bolsa compostable o no y cubo aireado o no) durante 7 días. Los cubos, pero, se llenaron, de forma dinámica, con FORM generada en el mismo momento y reconstituida a partir de sus componentes principales<sup>43</sup>. Hasta el tercer día las pérdidas de peso del residuo

---

<sup>42</sup> FORM doméstica de alta calidad acabada de recoger puerta a puerta.

<sup>43</sup> 17% pasta cocida, 7% pan, 17% componentes ensalada, 17% tomates, 17% manzanas, 17% naranjas, 7% carne cocida y 1 % servilletas de papel (porcentajes en peso).

fueron menores (ver gráfico 6.2) respecto a la otra FORM ensayada. A tiempo largos, la pérdida de peso aumenta muy considerablemente.

Gráfico 6.1. Pérdida de peso de la FORM del sistema ventilado (cubo aireado y bolsa compostable Mater-Bi) a lo largo de 4 días con FORM procedente de recogida puerta a puerta.

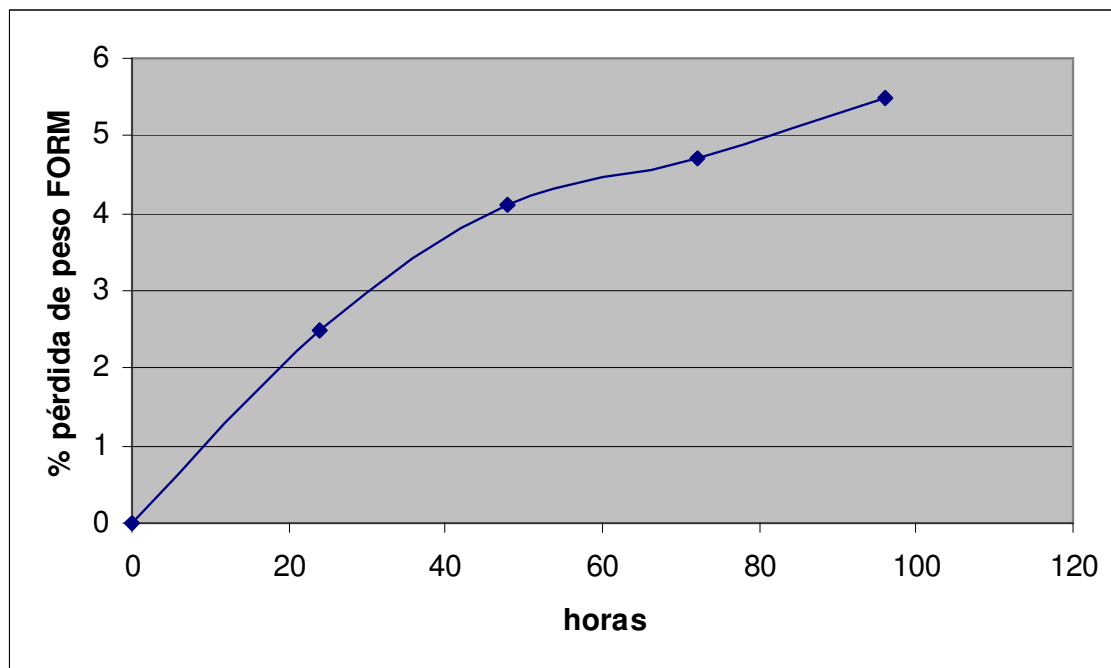
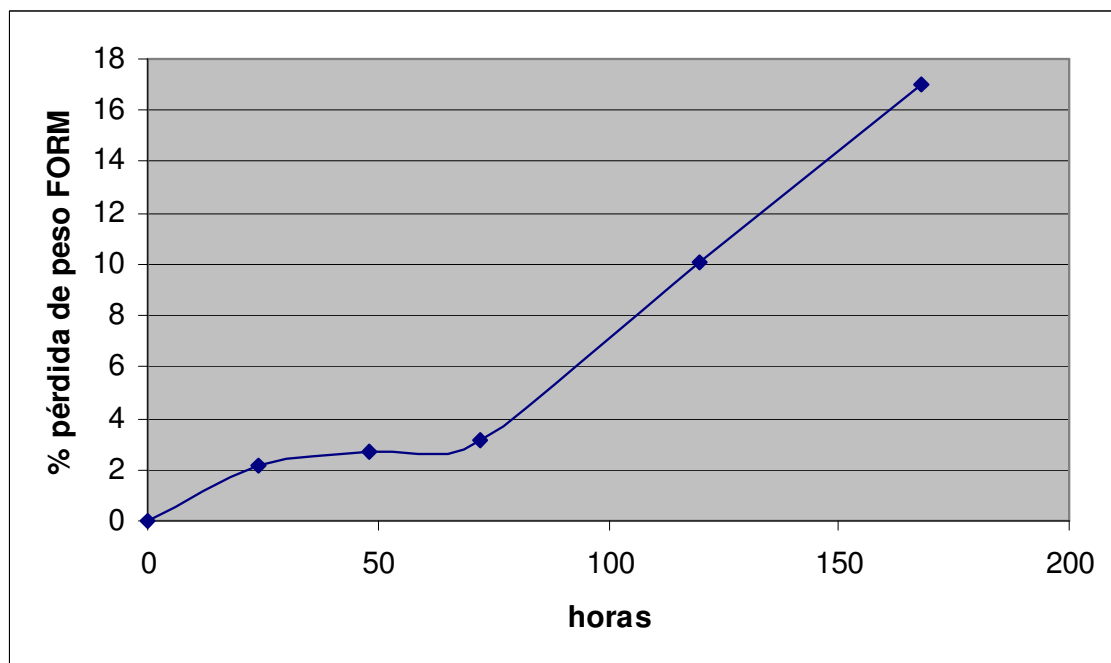


Gráfico 6.2. Pérdida de peso de la FORM del sistema ventilado (cubo aireado y bolsa compostable Mater-Bi) a lo largo de 7 días con FORM generada en el mismo momento y reconstituida.



La transpirabilidad al vapor de agua de las bolsas compostables, mucho mayor a la de las bolsas de polietileno, permite obtener los resultados antes expuestos. (Ver tabla 6.6)

Tabla 6.6. Transmisión del vapor de agua del Mater-Bi y el polietileno.

Material	WVTR (ASTM E96) 38°C – 90% H.R. (g*30µm/m <sup>2</sup> *24h)
Mater-Bi	940
LDPE	25

Fuente: Novamont SpA

Una FORM reconstituida es muy homogénea y eso es positivo para eliminar variables del experimento ahora bien no es FORM real y los resultados lo señalan con comportamientos no esperados. Por lo tanto en el estudio se ha trabajado con las pérdidas de peso obtenidas con la FORM doméstica acabada de recoger.

La frecuencia de recogida de la FORM más habitual en el modelo puerta a puerta es de tres veces por semana (aproximadamente cada 56 h), por lo tanto la pérdida media de peso según el gráfico 6.1 será del 4,3%. Y para recogidas en contenedores, si se supone que de media el residuo orgánico se saca cada 36h, la pérdida de peso de este se situaría en el 3,3%.

En el capítulo 5 ya se han analizado las repercusiones económicas que puede representar esta pérdida de peso de la FORM en el sistema aireado sobre el retorno de los cánones, sobre los costes de tratamiento de la FORM y de disposición del resto.

Desde el punto de vista logístico y de organización del circuito de recogida, y suponiendo que no hay un aumento de la participación ciudadana en la separación de la FORM, la reducción de la cantidad de esta recogida no influye de manera apreciable en su estructura.

Incluso cuando se utilizan camiones de caja abierta de menor capacidad de carga que un camión compactador dicha reducción no permitiría eliminar ninguna descarga intermedia. Por ejemplo si consideramos que la capacidad de carga de un camión de caja abierta es de 900 kg de FORM, para un municipio de 4.999 habitantes las descargas diarias siempre serán 5 (ver tabla 6.7).

Tabla 6.7. Número de descargas de la FORM sistema tradicional versus sistema aireado.

kg/día de recogida sistema tradicional	kg/día de recogida sistema aireado	Descargas sistema tradicional	Descargas sistema aireado
3.888,12	3.720,93	4,32	4,13

La pérdida de peso de la FORM en el sistema aireado tampoco afecta significativamente al porcentaje de recogida selectiva alcanzado por el municipio con el sistema de cubos tradicional (ver tabla 6.8).

Tabla 6.8. Porcentaje de recogida selectiva total, en base a la recogida de FORM (sistema tradicional versus sistema aireado).

	Municipio	Padrón 2009	Total recogida selectiva (toneladas)		Total fracción Resto (toneladas)	% Recogida selectiva	
			FORM recogida			FORM recogida	
			sistema tradicional	sistema aireado		sistema tradicional	sistema aireado
Recogida puerta a puerta	Malla	255	140,94	137,66	42,50	76,83	76,41
	Tona	7.955	3.087,90	3.042,37	507,79	85,88	85,70
Recogida en contenedores	Campins	390	153,96	151,37	104,18	59,64	59,23
	Manlleu	20.647	6.374,01	6.300,40	2.844,28	69,15	68,90
	Mollet	52.484	7.553,10	7.481,74	9.166,34	45,18	44,94
	Reus	107.118	11.956,20	11.834,12	35.639,50	25,12	24,93

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ARC

El PROGEMIC 2007-2012 establece un objetivo de reducción del 10% de la generación por cápita de los residuos municipales, pasando de los 1,64 kg/habitante/día en el 2006 a 1,48 kg/habitante/día en el 2012; fija también un objetivo de reducción para diversas fracciones de los residuos municipales para alcanzar el objetivo global de prevención del 10% de los residuos generados por cápita. El objetivo de reducción establecido para el flujo de materia orgánica es del 2%. Por lo tanto, si toda la FORM de Cataluña se recogiera con el sistema aireado (bolsa compostable y cubo aireado) se contribuiría significativamente (entre el 60 y el 77% del 2% de reducción de materia orgánica, dependiendo de la frecuencia de vaciado del cubo) a alcanzar estos objetivos de reducción propuestos en el PROGEMIC.

Además, en el caso de que el sistema aireado comportara un aumento de la participación de los ciudadanos en la separación de la fracción orgánica, se ayudaría al cumplimiento de los objetivos de reducción de deposiciones de residuos biodegradables en los depósitos controlados (Directiva de vertederos).

En cuanto a otros resultados obtenidos en el estudio en el laboratorio, tanto las temperaturas alcanzadas como el IRD, considerados un reflejo directo de la actividad biológica, también son superiores en la combinación cubo aireado + bolsa compostable. No se han observado emisiones significativas en ningún caso de ninguno de los gases de efecto invernadero estudiados. Y, finalmente, no se han observado problemas de resistencia en las bolsas compostables, al menos a nivel visual.

### **6.3.2. Estudios a escala real en diferentes municipios (ensayo cualitativo)**

Este trabajo consistía en probar las cuatro combinaciones ensayadas previamente en el laboratorio (cubo aireado con bolsa compostable, cubo aireado con bolsa de polietileno, cubo no aireado con bolsa compostable y cubo no aireado con bolsa de polietileno) en 100 familias voluntarias de diferentes municipios de Cataluña.

Se propusieron cuatro municipios (Sant Antoni de Vilamajor, Artesa de Lleida, Vilajuïga y Miravet) de las cuatro provincias catalanas que realizan recogida modelo puerta a puerta<sup>44</sup> y se les pidió a 25 familias voluntarias que durante 8 semanas probaran las cuatro combinaciones, a razón de dos semanas por combinación.

Durante estas pruebas, una persona contratada a tal efecto para cada municipio, y bajo la coordinación de la Universidad Autónoma de Bellaterra y de la Comisionada de la Associació de Municipis Catalans per a la Recollida Selectiva Porta a Porta, hizo el seguimiento cualitativo de los experimentos, centrando la atención en aspectos claves como incidencias de la separación en origen, nivel de satisfacción, aparición o no de problemas (molestias por olores, comportamiento de la bolsa), etc.

Durante la experiencia se hizo una encuesta entre todos los participantes en la prueba piloto. De los resultados de esta encuesta destaca sobre todo el sistema aireado (cubo aireado y bolsa compostable) como el que más ha gustado con mucha diferencia respecto al resto. De este sistema se comentan algunas carencias menores, como la aparente fragilidad de la bolsa compostable (que queda desmentida con el uso cotidiano), en algunos casos un tamaño insuficiente y la dificultad de sacarla del cubo aireado y de atarla ya que no tiene asas. Algunos de los encuestados expresaron sus dudas sobre el funcionamiento del sistema con temperaturas más altas, que no se han dado durante la realización del estudio (intervalo de 10 °C a 25 °C), efectuado en el periodo abril-junio de 2010.

---

<sup>44</sup> Se escogió este modelo ya que, generalmente, el tiempo de permanencia en casa del residuo orgánico es mayor y por lo tanto representaría la situación más crítica.



## 7. CONCLUSIONES

Debido a las características particulares de la FORM (alta densidad, una humedad alrededor del 80%, alta fermentabilidad de la materia orgánica), se hace necesario que esta fracción se recoja y gestione lo antes posible y en unas condiciones que eviten al máximo la aparición de lixiviados y de malos olores.

Por este motivo, desde las primeras experiencias de recogida selectiva de la FORM, en 1993, la manera de recoger la FORM y de entregarla al sistema de recogida establecido ha sido motivo de análisis y mejora continua.

Sea cual sea la modalidad o sistema de entrega/recogida de la FORM en los diversos municipios, todos ellos tienen en común una primera etapa de segregación en origen, en los hogares, donde en la mayoría de los casos se utiliza un cubo y una bolsa. La capacidad de los cubos para la recogida selectiva de la FORM es de entre 7 y 10L. Y en cuanto a la bolsa, las administraciones suelen recomendar el uso preferente de la bolsa de plástico compostable ante cualquier otra opción, sin renunciar a dejar de hacer la recogida selectiva por motivo de la elección de la bolsa (bolsa de polietileno versus bolsa compostable).

La bolsa de plástico compostable es semitransparente; esta baja opacidad permite efectuar una inspección visual del contenido de su interior en el momento de efectuar la recogida. Por este motivo, por la alta corresponsabilización del ciudadano que utiliza estas bolsas y por el hecho de no utilizar bolsas de polietileno (consideradas a todos los efectos como impropios), la FORM recogida es de alta calidad y con muy bajo porcentaje de impropios.

Esta buena calidad de la FORM debería comportar un importante beneficio ambiental y económico, facilitando la recogida, permitiendo un tratamiento más simple (con menos necesidades de equipamientos para sacar impropios) y con un menor coste, llegando a producir un compuesto de excelente calidad. Pero la realidad, salvo algunas experiencias singulares y muy importantes, no es exactamente así. El hecho de que la FORM de buena o muy buena calidad continúe siendo tratada en las instalaciones disponibles conjuntamente con la FORM de no tan buena calidad o en algunos casos de calidad deficiente, daña la posibilidad de poder apreciar y disfrutar de los beneficios mencionados. Ante esta situación se plantean dos opciones, no contradictorias sino más bien complementarias. En primer lugar, continuar invirtiendo los esfuerzos necesarios (pedagógicos pero también fiscales) para la mejora continua de la calidad de la FORM. Y en segundo lugar, facilitar y promover el tratamiento diferenciado de la FORM de buena o muy buena calidad, cuando sea posible en las mismas instalaciones de tratamiento que gestionan FORM de no tan buena calidad, o bien a través del establecimiento de pequeñas plantas de compostaje descentralizadas de máxima simplicidad tecnológica, donde el territorio lo requiera y lo demande, pero garantizando un tratamiento ambientalmente adecuado de esta FORM.

Los municipios que han implantado el uso obligatorio de la bolsa compostable para la recogida selectiva de la FORM, prácticamente todos ellos mediante el modelo de recogida puerta a puerta, tienen una media de impropios del 1,53%, mientras que la media de impropios de la FORM en Cataluña se sitúa en un 10,34%. De acuerdo con los criterios de retorno de los cánones sobre la disposición del rechazo para el año 2010 y considerando los costes actuales de la adquisición de bolsas compostables, la diferencia positiva de retorno de canon, al situarse el % de impropios por debajo del 5%, se podría invertir en la compra, por parte de los municipios, de bolsas compostables para cubrir las necesidades de más de 3 meses del año.

Otro rasgo característico de las bolsas compostables es su transpirabilidad, que utilizadas junto con el cubo aireado permite reducir buena parte de la humedad de la FORM, hecho que se traduce en la pérdida de un 3 a 4% del peso del residuo orgánico, contribuyendo a alcanzar entre un 60 y un 77% del objetivo de reducción del 2% de los Residuos Municipales establecido en el PROGEMIC 2007-2012, para la materia orgánica.

Desde el punto de vista del usuario es ciertamente importante la resistencia de la bolsa compostable, evitar las rupturas, las acumulaciones de vapor de agua que condensa en el cubo o la aparición de malos olores, mohos, moscas, etc. Con el sistema aireado se reducen casi al mínimo estas molestias y esto posibilita una mayor participación ciudadana en la separación de la FORM, elemento central en todo programa de gestión de residuos.

En cuanto a la bolsa compostable cuando ésta se utiliza con el cubo aireado (sistema aireado) la preocupación era que supusiera un perjuicio económico para los ayuntamientos al recibir menos retorno de los cánones justamente al hacer la recogida de la FORM con el sistema más óptimo. Tras el análisis realizado, tan sólo con pequeños incrementos de la participación de los ciudadanos en la separación de la FORM gracias al confort que genera el sistema aireado la pérdida económica queda compensada. Es interesante fomentar la participación de la población ya que incrementos elevados de los niveles de captación de la FORM provoca balances económicos positivos que se pueden invertir también en la compra de bolsas compostables para el mantenimiento del sistema.

El principal interés del ayuntamiento de Malla, mantener y mejorar en cantidad y calidad la recogida selectiva de la FORM con el uso de la bolsa compostable se alcanza en este estudio dando a conocer además los beneficios del sistema aireado totalmente extrapolable a todos los municipios catalanes, independientemente del sistema de recogida empleado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Agència de Residus de Catalunya. (2010) “Guia d’orientació als ens locals sobre l’aplicació del retorn dels canons sobre la disposició del rebuig dels residus municipals per a l’any 2010”.

Agència de Residus de Catalunya. (2007) “Programa de Gestió de Residus Municipals a Catalunya 2007-2012”.

Aasen, R. (2004) “Mold development on food waste in Biobags – a photo documentation”. Norwegian Centre for Soil and Environmental Research.

Bresolin, M., Guarnieri, M. (2007) “Sperimentazione sull’utilizzo dei sacchetti in carta e Mater-Bi”. Consorzio Azienda Treviso Tre.

Colombo, A., Tosin, M., Bertani, R., Garaffa, C. (2005). “Dossier L’efficienza del sistema areato nella raccolta differenziata della frazione organica”. Novamont Informa Raccolta differenziata. (Novamont).

Departament de Medi Ambient i Habitatge (2009). Resolució MAH/2064/2009, de 29 d’abril, por el cual se establecen los criterios ambientales para el otorgamiento del distintivo de garantía de calidad ambiental de los productos de material compostable.

Coll, E., Giró, F., Martín, P., Puig, I., Álvarez, L., Colomer, J., Salvans, C., Codina, E., Segalés, D., Aymemí, A., Llopart, S. (2008) “Manual Municipal de Recollida Selectiva PORTA A PORTA”. Associació de municipis catalans per la recollida selectiva porta a porta.

ENT Environment and Management (2010) “Guia pràctica per a la recollida porta a porta en municipis de fins a 5.000 habitants”. Associació de municipis catalans per la recollida selectiva porta a porta.

Huerta, O.; López. M.; Pijoan, J.; Soliva, M. (2005) “Contingut en metalls de diferents bosses de plàstic” Escola Superior d’Agricultura de Barcelona (UPC).

Huerta, O., López, M., Soliva, M., Zaloña, M. (2010) “Compostatge de Residus Municipals. Control del procés, rendiment i qualitat del producte”. Escola Superior d’Agricultura de Barcelona (UPC), ISBN:978-84-693-3037-1.

Insam H., Klammer S. (2002) “Are there weight reductions and hygienic benefits through the ventilated bioMat® - Combi- system and Mater-Bi Biobags?” Institute of Microbiology University of Innsbruck.

Martín, P. (2002) “La bolsa biodegradable de Mater-Bi en el sistema aireado”. (Novamont) Inèdit.

Puig, I., Freire, J. (2009). "Metodologia per a la identificació de les causes dels impropis a la FORM i propostes per a la seva reducció" Proyecto Singular de Interés General promovido por el Ayuntamiento de Igualada y subvencionado por l'Agència de Residus de Catalunya.

Rodger, C., Reeve, S., Cameron-Beaumont, C., Didsbury, S., Pughe, P. (2005) "Bexley aerobic bin system trial 2004/5". Network Recycling. Bexley Council.

Scuola Agraria del Parco di Monza. Gruppo di Studio sul Compostaggio e Gestione Integrata dei Rifiuti. (2006) "Analisi delle performance di sacchi in carta riciclata, Mater-Bi e polietilene per il conferimento dell'umido domestico. Report".

Shen, L., Haufe, J., Patel, M.K. (2009) "Product overview and market projection of emerging bio-based plastics, PRO-BIP 2009". Group Science, Technology and Society (STS). Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation. Utrecht University.

Vola, La (2009). "Estudi de la implantació del compostatge de la fracció orgànica de residus municipals a petita escala" (La Vola, 2009). Proyecto Singular de Interés General promovido por la Mancomunitat La Plana i subvencionado por l'Agència de Residus de Catalunya.

## 9. ANEXOS

## **9.1. Informe UAB**

---

# **Determinación de la eficiencia de los cubos aireados en la recogida de la Fracción Orgánica de Residuos Municipales**

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA**



M. Belén Puyuelo  
Joan Colón  
Dr. Antonio Sánchez

Grupo de compostaje de residuos sólidos orgánicos  
Departamento de Ingeniería Química

Bellaterra, 1 de Julio del 2010

## **Determinación de la eficiencia de los cubos aireados en la recogida de la Fracción Orgánica de Residuos Municipales**

### **1. Objetivos y antecedentes**

Se trata de un proyecto singular subvencionado por la Agencia de Residuos de Cataluña (ARC) al Ayuntamiento de Malla (Osona, Barcelona) para probar a nivel técnico las mejoras que puede aportar el uso de cubos aireados y bolsas compostables en la recogida de la Fracción Orgánica de Residuos Municipales (FORM) que existe en los municipios en la modalidad puerta a puerta.

El proyecto consta de dos partes:

PARTE 1: Estudios a escala laboratorio (cuantitativos).

PARTE 2: Estudios a escala real en diferentes municipios (cualitativos).

### **2. Tipo y cantidad de muestras (Parte 1)**

Las muestras de FORM se recogieron en el inicio del experimento, por parte de Grupo de Compostaje de la UAB, en la Mancomunitat la Plana, que realiza el modelo de recogida puerta a puerta y donde la FORM había sido recientemente recogida.

Este material de partida se utilizó en toda la serie de experimentos y fue el mismo para todos los casos.

### **3. Diseño de experimentos a escala de laboratorio (Parte 1)**

Se probaron todas las condiciones posibles de la FORM, es decir, las siguientes combinaciones:

- 1) Cubo aireado con bolsa compostable (Mater-Bi, Novamont, Italia)
- 2) Cubo aireado con bolsa de polietileno
- 3) Cubo no aireado con bolsa compostable (Mater-Bi, Novamont, Italia)
- 4) Cubo no aireado con bolsa de polietileno

Estos experimentos se realizaron de la siguiente forma:

- a) Cada cubo se llenaba aproximadamente con una cuarta parte de su volumen cada día con FORM fresca. Cuando el cubo estaba lleno, al cabo de cuatro días, se consideraba que el experimento había acabado. Con este procedimiento, se intentaba simular la situación real de la generación y deposición en el cubo que se hace en los hogares, al contrario de otros ensayos de tipo estático.
- b) Cada experimento se realizó por triplicado, para poder hacer una validación estadística (test de la t de Student y de análisis de varianzas).
- c) Durante el experimento se registraron los pesos de cada cubo, para evaluar las pérdidas. También se hicieron medidas de temperatura.



- d) Finalmente, el material de cada combinación se mezcló en una única muestra final sobre la que se realizaron los ensayos de humedad, materia orgánica total e Índice Respirométrico Dinámico (IRD). Estos tres parámetros también se realizaron en el material (FORM) de partida.
- e) Se realizó un reportaje fotográfico de todo el proceso remarcando las incidencias más destacables que se pudieran producir.
- f) Al mismo tiempo, se dejó un único cubo durante 7 días en el exterior del laboratorio que se fue llenando hasta el cuarto día y se dejó 3 días más. Sobre este cubo se midieron las pérdidas de peso y los tres parámetros comentados en el apartado d). Se trataba de un cubo aireado con bolsa compostable, para ver el efecto máximo que podía detectarse en las pérdidas de peso para esta situación específica, y que fueron monitorizadas diariamente.
- g) Se incluyó una bolsa de papel para ver el posible efecto de este material, así como una bolsa de material Biotec (también biodegradable, producida por la empresa francesa Sphere. Estas pruebas se realizaron por duplicado.
- h) Se determinaron las concentraciones y perfiles de emisión de cuatro gases concretos: metano, N<sub>2</sub>O y amoníaco y el grupo de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) como conjunto. Para realizarlo, se aisló cada cubo durante 30 minutos y después se determinaron las concentraciones de gas en el aire que rodeaba el cubo y la velocidad de aire emitido, de forma que se podía conocer el caudal emitido por unidad de tiempo con una estimación del área de emisión de cada cubo. Estos valores han de considerarse aproximados. De todas formas, estos aspectos, juntamente con el análisis respirométrico, son completamente innovadores y pueden aportar datos hasta ahora desconocidos en este tipo de estudios como el impacto ambiental del sistema de recogida de la FORM y la evolución de la actividad biológica.

#### **4. Trabajos a escala real (Parte 2)**

Esta parte consistía en probar las cuatro combinaciones explicadas en el Punto 3 en 100 familias voluntarias de diferentes municipios de Cataluña. Se propusieron 4 municipios (Sant Antoni de Vilamajor, Artesa de Lleida, Vilajuïga y Miravet) de las cuatro provincias catalanas que realizan el modelo de recogida puerta a puerta y se pidió a 25 familias voluntarias que durante 8 semanas probaran las cuatro combinaciones, a razón de dos semanas por combinación. Durante estas pruebas, una persona contratada a tal efecto hizo el seguimiento cualitativo de los experimentos y se centraba en aspectos clave como incidencias de la separación en origen, nivel de satisfacción, aparición o no de problemas (molestias por olor, comportamiento de la bolsa), etc. Durante la experiencia se realizaron los respectivos reportajes fotográficos remarcando las incidencias más destacables y finalmente se hizo una encuesta entre todos los participantes de la prueba (Anexo 10.2). La encuesta utilizada en esta parte se recoge en el Anexo 10.3.

#### **5. Métodos analíticos**

Se propuso la realización de los siguientes métodos analíticos sobre cada una de las muestras recogidas:

**Índice respirométrico dinámico (IRD):** determinado a 37°C y expresado como mg O<sub>2</sub> consumido por g de materia orgánica (o materia seca) y hora. Representa la velocidad de consumo medio de oxígeno durante las 24 horas de máxima actividad de la muestra (IRD<sub>24</sub>), obtenido en unas condiciones de suministro continuo de oxígeno.

El resto de parámetros (humedad, materia orgánica, etc.) se realizaron mediante los protocolos estandarizados.

En el diseño del ensayo se consideraba que si se disponía de la información de estos parámetros ya se podía tener una evidencia real de la eficiencia del tipo de bolsa o cubo en el comportamiento de la FORM y de las primeras evoluciones de la materia orgánica biodegradable contenida en ella.

Los gases monitorizados [metano, N<sub>2</sub>O y amoníaco y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)] se analizaron mediante procedimientos estándar desarrollados por el Grupo de Compostaje de la UAB.

## 6. Calendario

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo durante el mes de abril mientras que el trabajo de campo se realizó en los meses de mayo-julio de 2010.

## 7. Resultados (Parte 1)

En primer lugar, la nomenclatura utilizada en este apartado corresponde a:

### NOMENCLATURA:

#### *Bolsas:*

**Mater-Bi:** Bolsa compostable (almidón de maíz)  
**B Biotec:** Bolsa compostable de Biotec (almidón de patata)  
**B Papel:** Bolsa de papel  
**BNC:** Bolsa no compostable (polietileno)

#### *Cubos:*

**CA:** Cubo aireado  
**CnoA:** Cubo no aireado

En el Anexo 10.1 se recogen imágenes de las bolsas utilizadas.

### 7.2. Pérdidas de peso

En la Tabla 1 se recoge el peso inicial y las reducciones de peso obtenidas diariamente para cada experimento. Los resultados se presentan como un promedio de los replicados estudiados con la desviación estándar (excepto el estudio en el exterior donde sólo había un experimento). En la Tabla 2 se presentan los resultados de reducción de peso global determinada al cabo de 4 días y/o 7 días para el caso del cubo situado en la zona exterior del laboratorio. Los resultados se presentan como un promedio de los replicados realizados con la desviación estándar (excepto en el caso del cubo exterior).

**Tabla 1:** Peso inicial y reducciones de peso obtenidas diariamente para cada experimento. Los resultados se presentan como un promedio de los replicados realizados con la desviación estándar (excepto en el caso del cubo exterior).

	Peso inicial (g)	día 1		día 2		día 3		día 4		día 7	
		Reducción (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción (%)	Reducción acumulada (%)
<b>Mater-Bi + CA</b>	704 ± 4.0	2.5 ± 1.0	2.5 ± 1.0	2.9 ± 0.5	4.1 ± 0.9	2.0 ± 0.4	4.7 ± 0.9	2.0 ± 0.3	5.5 ± 1.0	-	-
<b>Mater-Bi + CnoA</b>	704 ± 3.1	0.8 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.6 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.9 ± 0.0	0.3 ± 0.1	1.0 ± 0.1	-	-
<b>BNC + CA</b>	703 ± 3.1	1.4 ± 0.8	1.4 ± 0.8	1.4 ± 0.4	2.1 ± 0.7	0.9 ± 0.3	2.3 ± 0.8	0.8 ± 0.1	2.5 ± 0.6	-	-
<b>BNC + CnoA</b>	704 ± 2.0	0.5 ± 0.3	0.5 ± 0.3	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.5	0.2 ± 0.1	0.9 ± 0.3	0.1 ± 0.0	0.8 ± 0.2	-	-
<b>B papel + CA</b>	701 ± 1.4	3.7 ± 0.4	3.7 ± 0.4	4.7 ± 0.8	6.5 ± 0.9	3.8 ± 0.4	7.9 ± 1.0	4.2 ± 0.4	9.9 ± 1.1	-	-
<b>B Biotec + CA</b>	703 ± 1.4	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.4	3.1 ± 0.2	3.8 ± 0.0	2.1 ± 0.1	4.6 ± 0.1	1.8 ± 0.4	5.2 ± 0.4	-	-
<b>Mater-Bi + CA Ext.</b>	710	1.7	1.7	0.6	2.4	1.2	2.8	1.2	3.3	8.1	11.2

**Tabla 2:** Reducción de peso global determinada al cabo de 4 días y/o 7 días para el caso del cubo exterior. Los resultados se presentan como un promedio de los replicados realizados con la desviación estándar (excepto en el caso del cubo exterior).

	Reducción peso 4 días (%)	Reducción peso 7 días (%)
<b>Mater-Bi + CA</b>	5.5 ± 1.0	-
<b>Mater-Bi + CnoA</b>	1.0 ± 0.1	-
<b>BNC + CA</b>	2.5 ± 0.6	-
<b>BNC + CnoA</b>	0.8 ± 0.2	-
<b>B papel + CA</b>	9.9 ± 1.1	-
<b>B Biotec + CA</b>	5.2 ± 0.4	-
<b>Mater-Bi + CA (Exterior)</b>	3.3	11.2

Como se puede observar, el cubo aireado provoca reducciones de peso bastante importantes, y estadísticamente diferentes de aquellas pruebas donde se usa el cubo no aireado, en las cuales las pérdidas de peso son prácticamente despreciables. También es importante remarcar que el cubo exterior (al cabo de 7 días) presenta unas pérdidas cercanas al 10%.

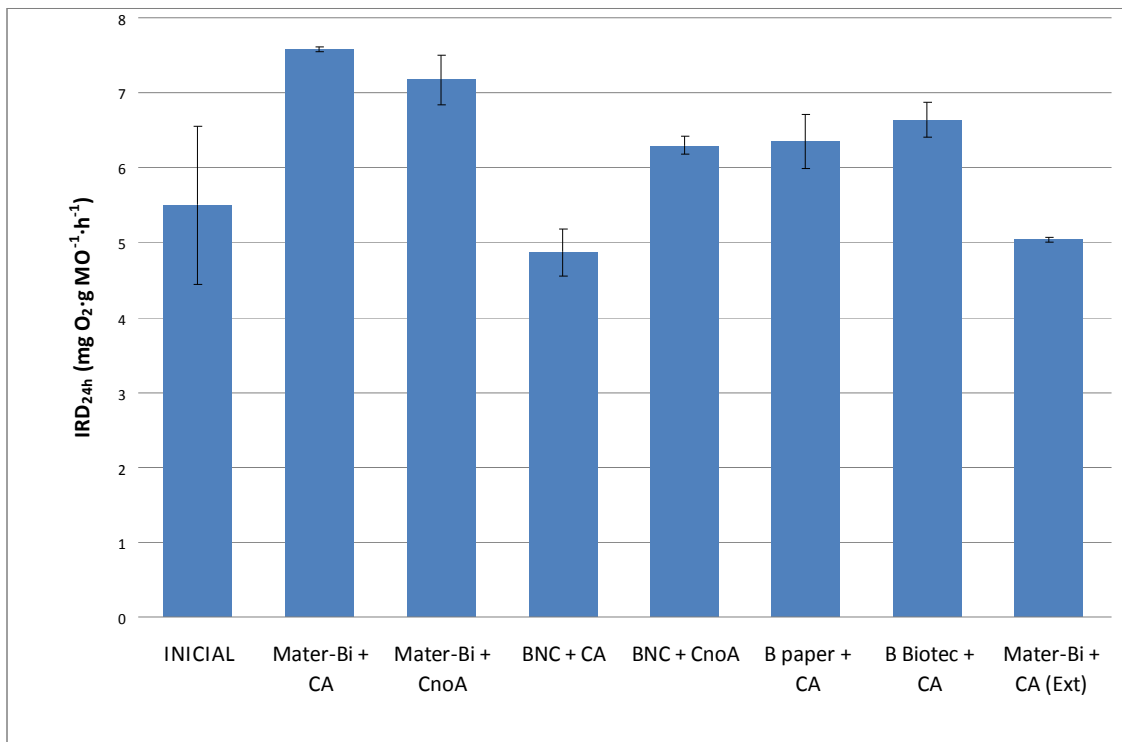
## 7.2. Índice respirométrico, Materia seca y Contenido de Materia Orgánica

En la Tabla 3 se presentan los valores de materia seca, materia orgánica e índice respirométrico dinámico (IRD) a lo largo de los experimentos. En la Figura 1 se muestran los valores del IRD para todos los experimentos.

**Tabla 3:** Materia seca (% MS), materia orgánica (% MO) e índice respirométrico dinámico determinados para las diferentes muestras. Los resultados se presentan como un promedio de los replicados realizados con la desviación estándar

	Inicial			Final		
	IRD <sub>24h</sub> (mg O <sub>2</sub> · g MO <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	MS (% bh)	MO (% bs)	IRD <sub>24h</sub> (mg O <sub>2</sub> · g MO <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	MS (% bh)	MO (% bs)
<b>Mater-Bi + CA</b>	5.5 ± 1.0	31.7 ± 2.3	85.9 ± 5.5	7.6 ± 0.03	25.6 ± 0.9	80.5 ± 0.1
<b>Mater-Bi + CnoA</b>				7.2 ± 0.3	28.1 ± 0.1	88.6 ± 9.6
<b>BNC + CA</b>				4.9 ± 0.3	32.5 ± 6.3	90.8 ± 3.1
<b>BNC + CnoA</b>				6.3 ± 0.1	29.5 ± 0.3	92.7 ± 5.2
<b>B papel + CA</b>				6.3 ± 0.4	33.8 ± 1.6	88.4 ± 0.4
<b>B Biotec + CA</b>				6.6 ± 0.2	30.0 ± 4.5	84.2 ± 1.5
<b>Mater-Bi + CA (Exterior)</b>				5.0 ± 0.03	30.9 ± 2.1	87.6 ± 1.6

Nota: IRD<sub>24h</sub>: índice respirométrico dinámico máximo promedio de 24 horas; %, bh: porcentaje en base húmeda; %, bs: porcentaje en base seca.



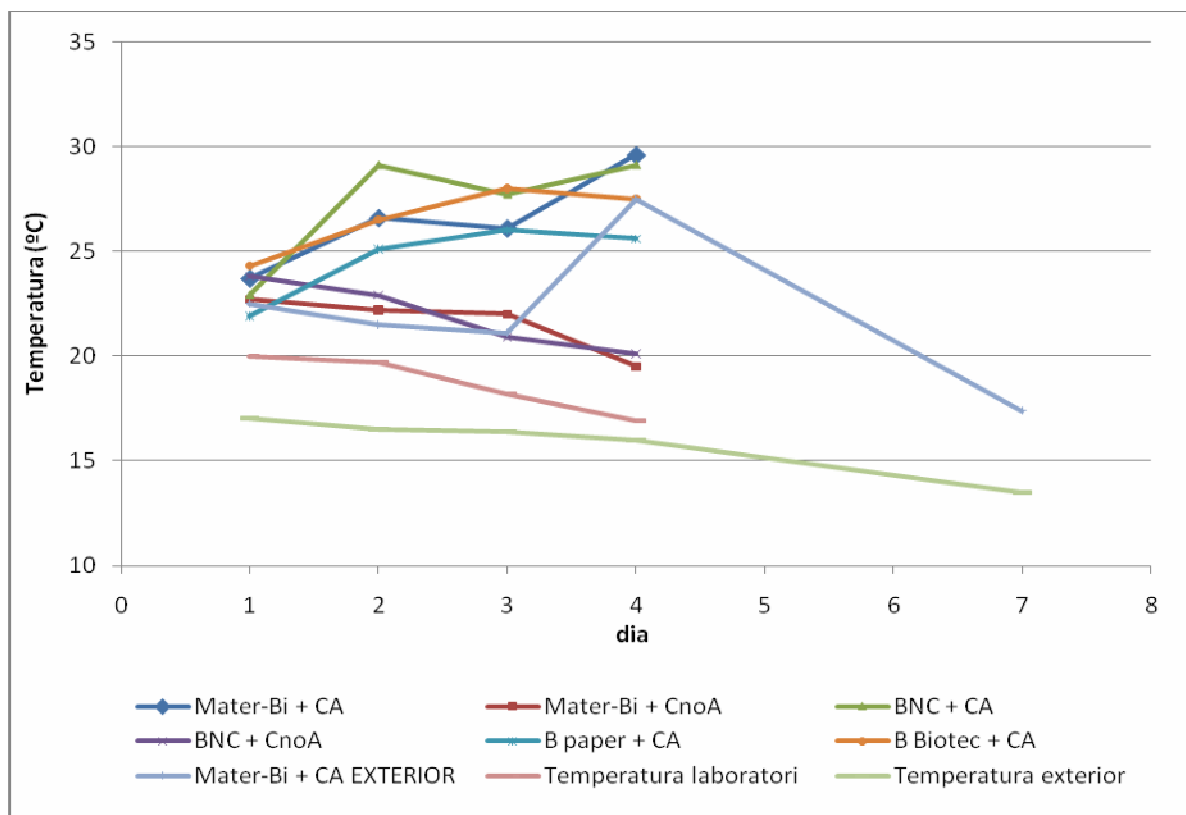
**Figura 1:** IRD<sub>24h</sub> obtenidos del material inicial y de los diferentes materiales finales obtenidos. Las barras de error corresponden a la desviación estándar obtenida.

Con respecto al IRD, parece claro que la combinación cubo aireado y bolsa compostable hace aumentar el IRD, cosa que podría significar que el material ya está iniciando el proceso de compostaje, aunque hay excepciones a esta observación. Esta observación es bastante típica de los procesos de compostaje, donde el IRD inicial de la FORM suele ser menor que el que presenta en los momentos iniciales de descomposición. En el caso del cubo exterior, es probable que exista una influencia de la temperatura exterior, que es sensiblemente inferior al ambiental, como se ve en el siguiente apartado. Aunque el efecto de la temperatura exterior en el IRD no se puede conocer con exactitud, dado que no se dispone de un experimento en el exterior con temperatura alta, una posible hipótesis sería que las poblaciones responsables de la degradación microbiana sufran un periodo de adaptación mayor (hay que recordar que el IRD es una medida puntual de actividad biológica y que se realiza a 37°C).

En cuanto al contenido en materia orgánica, éste presenta tan pocas variaciones que se encuentran dentro del error del método.

### 7.3. Temperaturas

En la Figura 2 se muestran los valores de temperatura alcanzados en los días del experimento. En este caso también se intuye que la combinación cubo aireado y bolsa compostable favorece las condiciones del proceso de compostaje, registrándose temperaturas más altas.



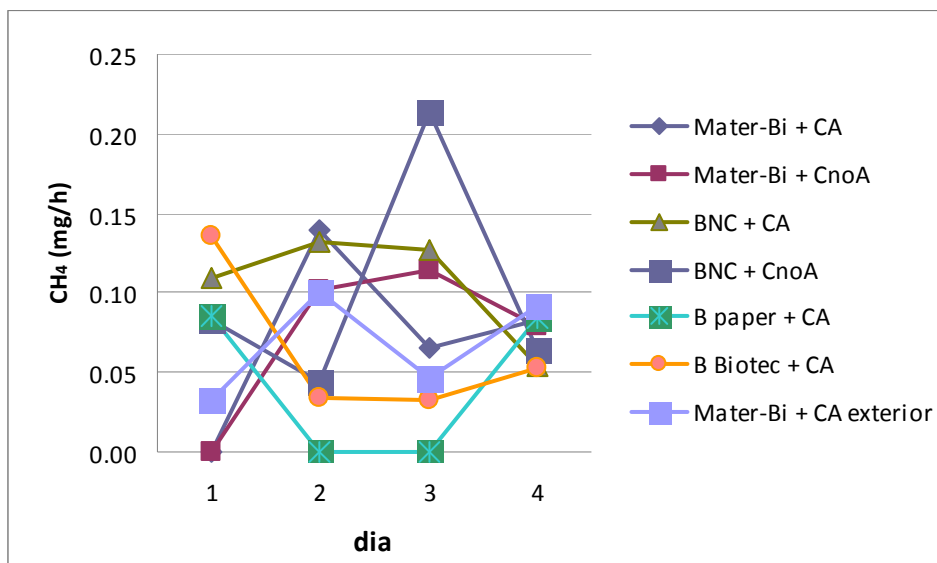
**Figura 2:** Evolución de las temperaturas medidas en el interior de cada cubo y alrededores (interior y exterior del laboratorio).

De nuevo, la Figura 2 parece indicar que aquellos procesos donde se usa el cubo aireado y bolsa compostable empiezan el proceso de compostaje en el propio recipiente, si bien no en todos los casos esta tendencia se alarga en el tiempo. La compactación y la falta de porosidad típica de la FORM podrían ser las causas, una vez el cubo se encuentra completamente lleno.

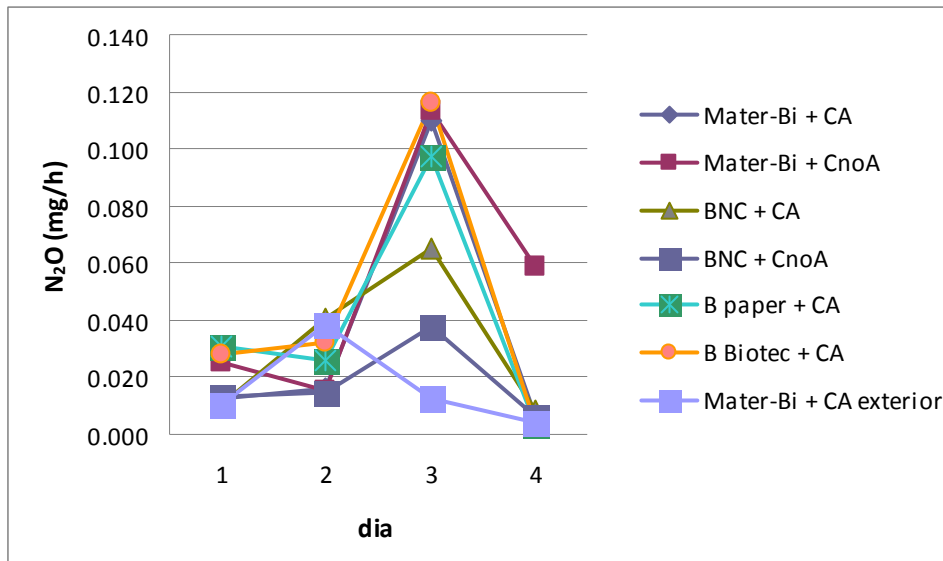
#### 7.4. Emisiones a la atmosfera

En las Figuras 3-6 se presentan los perfiles de emisión de los gases considerados para todos los experimentos expresados en mg de contaminante emitido por hora. En general, se puede observar que las emisiones son muy pequeñas si se comparan a procesos industriales de compostaje (que sería el sistema más análogo posible) aunque hace falta tener en cuenta que la emisión de estos gases normalmente tiene lugar en condiciones de temperaturas y pH lo suficiente diferentes.

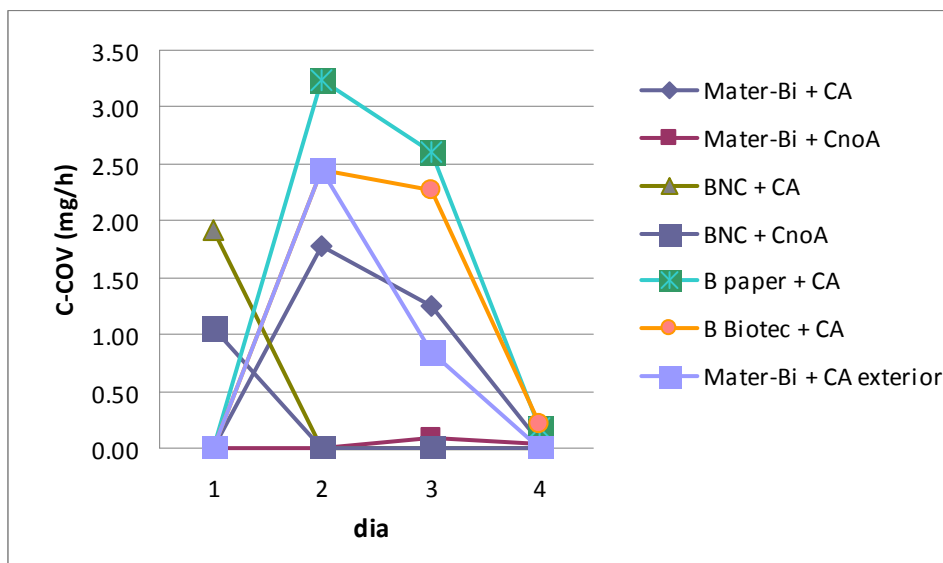
Sin embargo, no se han encontrado datos en la literatura para hacer una posible comparación con sistemas parecidos, y las presentadas podrían ser la base para la realización de un Análisis de Ciclo de Vida que considerara también la etapa de recolección de la FORM en los hogares como una etapa más.



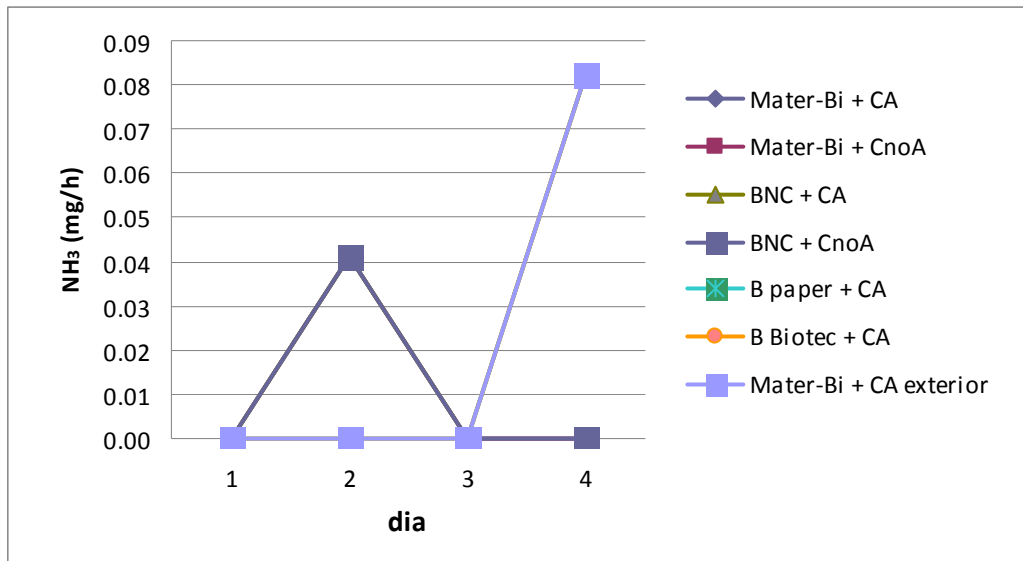
**Figura 3:** Evolución de las emisiones de metano obtenidas en todos los experimentos.



**Figura 4:** Evolució de les emissions de òxid nítric obtenides en tots els experiments.



**Figura 5:** Evolució de les emissions de COVs obtenides en tots els experiments.



**Figura 6:** Evolució de les emissions de amoníac obtenides en tots els experiments (aquells no representats equivalen a una emissió no detectable).

Hay que tener en cuenta que cuando las emisiones presentadas son equivalentes a cero, ello implica que el nivel de concentración en el aire atmosférico era muy parecido al encontrado en torno al cubo. En la mayoría de los casos, las emisiones de los gases analizados se encontraban próximas a este umbral.

En el Anexo 10.4 se presentan los datos completos de emisiones en forma de concentración en torno al cubo y también como perfil de emisión.

### 7.6. Experimentos con FORM totalmente fresca

Una de las dudas surgidas al hacer los experimentos anteriores en el laboratorio con respecto principalmente a la pérdida de peso era el hecho de que la FORM hubiera podido sufrir ya pérdidas antes de los experimentos, ya que se trataba de FORM recogida y no acabada de generar. Para aclarar este punto, se hizo una pequeña ampliación del trabajo que consistía en repetir los cuatro casos de estudio (combinaciones entre bolsa compostable o no y cubo aireado o no, sin replicados por problemas de espacio, ya que se almacenaban en una cocina) durante 7 días con seguimiento de las pérdidas de peso de manera idéntica a la que se había hecho en la parte anterior. En este caso, sin embargo, la FORM era generada en el mismo momento y reconstituida a partir de sus componentes principales, en concreto: 17% Pasta cocida, 7% Pan, 17% Componentes ensalada, 17% Tomates, 17% Manzanas, 17% Naranjas, 7% Carne cocida y 1% Servilletas de Papel (porcentajes en peso).

Los resultados se muestran a continuación:



**Tabla 4:** Peso inicial y reducciones de peso obtenidas diariamente para cada experimento con FORM fresca.

Combinación	Peso inicial (g)	día 1		día 2		día 3		día 5		día 7	
		Reducción peso (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción peso (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción peso (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción peso (%)	Reducción acumulada (%)	Reducción peso (%)	Reducción acumulada (%)
CNA - BNC	992	0.00	0.00	0.10	0.10	0.13	0.20	0.60	0.80	0.54	1.34
CNA - BC	998	0.20	0.20	0.10	0.20	0.13	0.27	0.60	0.87	0.54	1.40
CA - BNC	988	0.81	0.81	0.40	0.81	0.27	0.81	1.69	2.49	2.14	4.57
CA - BC	1002	2.20	2.20	1.64	2.74	1.38	3.19	7.14	10.10	7.69	17.02

**Tabla 5:** Temperaturas obtenidas diariamente para cada experimento con FORM fresca.

Combinación	TEMPERATURA (°C)				
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 5	DIA 7
CNA - BNC	25.9	26.0	28.1	27.2	26.6
CNA - BC	25.7	26.1	27.7	27.1	27.0
CA - BNC	25.4	26.8	27.9	27.3	33.1
CA - BC	25.2	26.5	28.7	31.5	33.7
Ambiente	25.0	25.8	28.0	26.3	26.4

**Taula 6:** Concentración de oxígeno obtenida diariamente para cada experimento con FORM fresca.

Combinación	OXÍGENO				
	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 5	DIA 7
CNA - BNC	19.8	10.0	3.8	1.5	1.4
CNA - BC	17.1	12.1	3.7	1.2	0.7
CA - BNC	14.8	17.9	9.0	0.8	1.5
CA - BC	18.7	17.8	4.7	5.0	3.2

Como se puede observar, en este caso las pérdidas de peso, especialmente en la combinación cubo aireado+bolsa compostable son mayores, aunque a tiempos largos (Tabla 4). A tiempos cortos, las diferencias entre las dos FORMs ensayadas son pequeñas. Por otra parte, es de destacar que esta combinación es la que consigue mantener un nivel oxígeno más alto, aunque bajo en relación con el ambiental (Tabla 6). La temperatura también registra un incremento superior a la de las otras combinaciones (Tabla 5). Ambos motivos pueden ser la causa de la mayor reducción de peso por evaporación.

## 8. Resultados (Parte 2)

Los municipios estudiados fueron: **Miravet**, **Artesa de Lleida**, **Vilajuïga** y **Sant Antoni de Vilamajor**. A continuación se presenta una ficha resumen de los datos más interesantes, en términos cualitativos, suministrados por cada municipio:

### Miravet:

Características generales de las familias	En este municipio encontramos todas las tipologías de familias posibles, desde matrimonios con uno y dos hijos a ancianos que viven solos.
Localización del cubo	En la mayoría de los casos (más del 90%) éste se sitúa dentro de un armario en la cocina, y existe algún caso en que se sitúa en el exterior.
Tipos de residuos recogidos	Prácticamente todas las tipologías de la FORM, con diferencias entre las familias, pero con un conocimiento evidente de lo que puede ir y no puede ir al cubo de la FORM.
Cantidades aproximadas	Aquí existen discrepancias debidas al número de miembros de la familia y al número de comidas que se hacen. Se encuentran casos extremos en que el cubo se llena cada día o casos en que se tarda casi una semana. La media se encuentra en llenar el cubo cada 2-3 días.
Presencia de insectos, hongos, líquidos, etc.	No existen evidencias, excepto unos 2 casos en que se habla de presencia (menor) de líquidos (con cubo no aireado normalmente)
Malos olores	Sólo se detecta un caso que detecta olores en todas las combinaciones.
Sistema preferido	Mayoritariamente el cubo aireado con bolsa compostable, con más de un 85% de respuestas. El resto son para la bolsa compostable y el cubo no aireado prácticamente en su totalidad.
Puntuación del sistema preferido	Entre 9 y 10
Frecuencia de recogida de FORM	Lunes-miércoles-viernes
Obligatorio o no el uso de bolsa compostable	Uso recomendado
Otras observaciones	No se dan observaciones entre los participantes.
Comentarios de los autores	Se trata de un caso lo bastante representativo y muy similar a los resultados del resto de municipios.

**Artesa de Lleida:**

Características generales de las familias	Aquí también se encuentran todas las tipologías de familias, aunque la gran mayoría se encuentran entre 2 y 3 miembros.
Localización del cubo	Como en los otros municipios, la mayoría de participantes (más del 90%) lo tienen dentro de un armario en la cocina. De hecho, unos cuantos participantes (15%) se quejan del tamaño del cubo, que dicen que es demasiado grande para ponerlo en armarios normales de cocina.
Tipos de residuos recogidos	De nuevo, toda la tipología de residuos orgánicos, sin detectarse impropios.
Cantidades aproximadas	En la mayoría de los casos, el cubo se llena cada 2-3 días, existiendo también los típicos casos extremos de un día o de una semana.
Presencia de insectos, hongos, líquidos, etc.	Aquí, unos cuantos participantes (20%) hablan de la presencia de la mosca de la fruta, en todos los sistemas que han utilizado.
Malos olores	Casi nunca, excepto algún participante que se queja de los olores en el caso del pescado (para todos los sistemas).
Sistema preferido	En este municipio, se puede hablar de un empate entre el sistema de cubo aireado y bolsa compostable y el sistema de cubo no aireado con bolsa compostable, siendo los otros dos sistemas totalmente descartados. Por contra, muchos se quejan de la humedad que queda con el cubo no aireado, y en algunos casos se ponen papeles debajo la bolsa e incluso un caso utiliza dos bolsas compostables.
Puntuación del sistema preferido	8-9
Frecuencia de recogida de FORM	Lunes-miércoles-viernes
Obligatorio o no el uso de bolsa compostable	Uso obligatorio
Otras observaciones	Existen diversas opiniones entre los participantes, en algunos casos dirigidas a la aparente debilidad de la bolsa compostable y el hecho de que cueste bastante sacar del cubo y atarlo, con algún caso excepcional de ruptura de la bolsa utilizando el cubo no aireado (5%). Hay que remarcar que este municipio distribuye bolsas compostables tipo shopper (con asas) que facilitan la

	manipulación, el cierre de la bolsa y su entrega.
Comentarios de los autores	Se trata de un caso bastante diferente a los otros municipios analizados, y quizás la gente ya estaba muy acostumbrada al uso de bolsas compostables y cubos no aireados. Uno de los participantes dispone de compostador.

### Vilajuïga:

Características generales de las familias	Aquí también se encuentran familias de diferente tipología, de 1 a 7 miembros en el caso más extremo y 3-4 personas por término medio.
Localización del cubo	Normalmente se guarda dentro de un armario en la cocina, aunque en este municipio se encuentran más casos (un 15% aproximadamente) donde el cubo se localiza en el exterior.
Tipos de residuos recogidos	Prácticamente todos los materiales orgánicos se encuentran en uno u otro caso. No se detecta ninguno impropio aunque la cantidad de papel en algunos casos es destacable (papel sucio de restos de comida).
Cantidades aproximadas	Existen casos donde en 1 día se llena el cubo y otros que tardan 6 días, que serían los extremos. La media se sitúa en unos 2 días para llenar el cubo de 10 litros.
Presencia de insectos, hongos, líquidos, etc.	No se detectan en general, aunque en algún caso se habla de cierta humedad en el cubo no aireado y la bolsa compostable mayoritariamente.
Malos olores	En general, en ningún sistema, excepto cuando la cantidad de pescado es importante.
Sistema preferido	De nuevo el sistema cubo aireado y bolsa compostable es el preferido (en un 80% aproximadamente), aunque en algunos casos se critica la aparente debilidad de la bolsa compostable, aunque sólo hay una ruptura referenciada. Algunas personas critican que cuesta sacar la bolsa compostable cuando el cubo está lleno en el caso del cubo aireado.
Puntuación del sistema preferido	8-10
Frecuencia de recogida de FORM	Lunes-miércoles-viernes-domingo
Obligatorio o no el uso de bolsa compostable	Uso recomendado (según la mayoría, se habla poco)

Otras observaciones	En general, existe un nivel de concienciación lo bastante alto, con participantes que defienden el uso de bolsa compostable y cubo aireado por el medio ambiente, aunque algunos (20%) también dicen que el sistema con bolsa compostable no es muy práctico (sin dar motivos, sin embargo).
Comentarios de los autores	Se trata de un caso con la población muy implicada en la experiencia, y que hacen críticas y observaciones de todos los sistemas.

### Sant Antoni de Vilamajor:

Características generales de las familias	Se encuentran todas las tipologías de familias, al igual que en el resto de municipios.
Localización del cubo	En mayoría de los casos (más del 90%), en un armario de la cocina.
Tipos de residuos recogidos	Toda la tipología de residuos orgánicos y no se detectan impropios. En algún caso puntual, se pone césped que, obviamente, no cabe en el compostador. En general, sin embargo, el césped se recoge aparte según la mayoría de los usuarios.
Cantidades aproximadas	El término medio se sitúa al llenar el cubo cada dos días, aunque en algún caso la frecuencia es menor. En otros casos, se piden cubos mayores. De todas formas, éstos son los casos extremos.
Presencia de insectos, hongos, líquidos, etc.	Sólo se detectan líquidos en los sistemas con cubo no aireado y en algún caso con cubo aireado y bolsa compostable. En algún caso, pequeños insectos sin atribuirlo a ningún caso de estudio.
Malos olores	Sólo se detectan en el momento de apertura del cubo.
Sistema preferido	En este caso, la mayoría de encuestas prefiere el sistema de cubo aireado y bolsa compostable (80%) y alguna familia destaca que a largo tiempo, los residuos se secan. Aun así, se comenta la aparente fragilidad de la bolsa compostable y algún caso de ruptura por elementos duros (por ejemplo, conchas de mejillón). En general, sin embargo, se destaca la resistencia. Se recomiendan asas.
Puntuación del sistema preferido	8-9
Frecuencia de recogida de FORM	Martes-jueves-sábado (se detectan algunas

	quejas del sistema de recogida, básicamente de poca frecuencia)
Obligatorio o no el uso de bolsa compostable	Uso obligatorio, de acuerdo con la ordenanza municipal, aunque se habla muy poco. Uno de los encuestados comenta que sólo en un establecimiento del pueblo venden bolsas compostables.
Otras observaciones	Se destaca que el tamaño de la bolsa compostable es en algún caso insuficiente, y entonces se prefiere la bolsa de polietileno (en un 50%).
Comentarios de los autores	El encuestador comenta que ha observado que la gente que deja la tapa abierta tiene algún problema de pequeños insectos y que notan poco las diferencias entre cubo aireado o no aireado. Una familia tiene compostador y usa menos el cubo.

## 9. Conclusiones

En la Parte 1 del proyecto se pueden extraer una serie de conclusiones:

- Tanto las temperaturas alcanzadas como el IRD, considerados un reflejo directo de la actividad biológica, son superiores en la combinación cubo aireado+bolsa compostable.
- No se han observado emisiones significativas en ningún caso de los gases de efecto invernadero estudiados.
- No se han observado problemas de resistencia en las bolsas compostables, al menos a nivel visual. Como anécdota, me gustaría añadir que el autor de este informe tuvo en casa suya una combinación cubo aireado+bolsa compostable durante unos quince días, con un peso considerable, y no observó ni presencia de insectos, ni de malos olores y la bolsa compostable mantuvo su resistencia a lo largo de estos 15 días.
- La mejor combinación en términos de pérdida de peso y potenciación del índice respirométrico se da en la combinación cubo aireado+bolsa compostable. Las reducciones de peso son muy notables cuando el tiempo de permanencia en casa del residuo (menos frecuencia de recogida) aumenta.
- En los otros sistemas que incluyen bolsa compostable o de papel, ésta se moja y también puede mojar el cubo, mientras que el sistema de bolsa de polietileno, a pesar de ser cómodo para el usuario, implica la introducción de un impropio en el circuito de la FORM.

Respecto a la Parte 2, se puede concluir que:

- El sistema cubo aireado y bolsa compostable ha sido aceptado plenamente y, a nivel global, es lo que más ha gustado con mucha diferencia respecto del resto.
- De este sistema se comentan algunas carencias menores, como la aparente fragilidad de la bolsa compostable (que queda desmentida con el uso cotidiano),

en algunos casos un tamaño insuficiente y la dificultad de sacarla del cubo aireado y de atarla ya que no tiene asas.

- Algunos de los encuestados han expresado sus dudas sobre el funcionamiento del sistema con temperaturas más altas, de las que se han dado durante la realización del estudio (intervalo de 10 en 25°C).

Como conclusión general, los autores del estudio creemos que la experiencia, por el volumen de familias encuestadas y por las evidencias del trabajo de laboratorio certifica el uso del sistema cubo aireado y bolsa compostable para la recogida de la FORM en Cataluña, como una mejora sustancial respecto de los otros sistemas utilizados.

Bellaterra, a 1 de julio de 2010



Antonio Sánchez Ferrer  
Grupo de Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos  
Departamento de Ingeniería Química  
Universidad Autònoma de Barcelona

## 10. Anexos

*10.1a. Reportaje fotogràfic (Parte 1, primer experimento, FORM Mancomunitat la Plana)*

**Imagen 1:** FORM de partida.





**Imagen 2.** Imagen bolsa compostable (día 4, fin de la prueba).



**Imagen 3.** Imagen bolsa papel (día 4, final de la prueba).



**Imagen 4.** Imagen bolsa compostable Biotec. La imagen corresponde al vaciado de la bolsa el día 4 (fin del experimento).



**Imagen 5.** Imagen bolsa no compostable (día 4, fin de la prueba).



*10.1b. Reportaje fotogràfic (Parte 1, segundo experimento, FORM reconstituida)*

**Imágenes 1 y 2: FORM reconstituida (día 0).**



**Imágenes 3 y 4:** FORM reconstituida (3 días).

*Cubo aireado + bolsa compostable*



*Cubo no aireado + bolsa compostable*



**Imágenes 5-8:** FORM reconstituida (7 días).

*Cubo aireado + bolsa compostable*



*Cubo no aireado + bolsa compostable*



*Cubo aireado + bolsa no compostable*



*Cubo no aireado + bolsa no compostable*



*10.2. Reportaje fotogràfic (Paret 2)*

**Vilajuïga:** no se dispone de reportaje fotogràfic por problemas técnicos.

**Artesa de Lleida:**

*Cubo no aireado y bolsa de polietileno (sin problemas de lixiviación):*



*Cubo no aireado y bolsa compostable (con formación de líquidos):*





*Cubo no aireado y bolsa compostable (con formación de líquidos):*



*Cubo aireado y bolsa no compostable (sin problemas de lixiviación):*



*Cubo aireado y bolsa compostable (sin problemas de lixiviación):*



**Miravet:**

*Cubo no aireado y bolsa de polietileno (sin problemas de lixiviación):*



*Cubo no aireado y bolsa compostable (con problemas de lixiviación):*



*Cubo no aireado y bolsa compostable (con problemas de lixiviación):*



*Cubo aireado y bolsa compostable (sin problemas de lixiviación):*



*Cubo no aireado y bolsa compostable (sin problemas de lixiviación):*



**Sant Antoni de Vilamajor:**

*Cubo aireado y bolsa compostable (sin problemas de lixiviación):*



*Cubo no aireado y bolsa no compostable (sin problemas de lixiviación, aunque bolsa húmeda):*



10.3. Encuesta realizada (Parte 2) (los resultados de todas las encuestas se adjuntan en papel)

## Primera parte (inicio de la experiencia)

### 1. Características de la unidad familiar

<b>Municipio:</b>				
<b>Familia:</b>				
<b>Teléfono de contacto:</b>				
<b>Correo electrónico:</b>				
<b>Día inicio:</b>				
<b>Día final:</b>				
<b>Número total de miembros de la familia:</b>				
<b>Ancianos (&gt;65 años):</b>				
<b>Adultos (20-65 años):</b>				
<b>Adolescentes (15-20 años):</b>				
<b>Niños (&lt; 15 años):</b>				

### 2. Comidas que suelen hacer en casa y número de persona que la hacen para cada día de la semana

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Desayuno							
Comida							
Merienda							
Cena							



## Segunda parte (durante y al final de la experiencia)

### 3. Localización del cubo y porqué:

- Encima del mármol de la cocina
- En el suelo de la cocina
- En un armario de la cocina
- En el exterior
- Otros \_\_\_\_\_

### 4. Comentarios aspecto externo (incluir imágenes):

### 5. Comentarios aspecto interno (incluir imágenes):

### 6. Tipos y cantidad (en %) de residuos recogidos:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Pieles de fruta      | <input type="checkbox"/> Pieles de verdura     |
| <input type="checkbox"/> Restos de pescado    | <input type="checkbox"/> Restos de carne       |
| <input type="checkbox"/> Restos de comida     | <input type="checkbox"/> Cáscaras de huevo     |
| <input type="checkbox"/> Huesos y espinas     | <input type="checkbox"/> Cáscaras frutos secos |
| <input type="checkbox"/> Restos de café       | <input type="checkbox"/> Bolsas infusiones     |
| <input type="checkbox"/> Serrín               | <input type="checkbox"/> Restos de pan         |
| <input type="checkbox"/> Conchas marisco      | <input type="checkbox"/> Papel de cocina       |
| <input type="checkbox"/> Servilletas sucias   | <input type="checkbox"/> Tapones de corcho     |
| <input type="checkbox"/> Cerillas             | <input type="checkbox"/> Ramos de flores       |
| <input type="checkbox"/> Hojarasca            | <input type="checkbox"/> Césped                |
| <input type="checkbox"/> Excrementos animales | <input type="checkbox"/> Comida en mal estado  |
| <input type="checkbox"/> Otros _____          |  |

### 7. Cantidades de residuos recogidos (% de llenado diario): O bien: cuantos días se tarda de media, en llenar el cubo de 10 litros.

### 8. Presencia de insectos, hongos, líquidos, etc.:

### 9. Problemas de malos olores:

10. Observaciones del usuario (resistencia de la bolsa): agujeros, signes de biodegradación, roturas, etc.
  
11. Frecuencia de entrega de la FORM por parte de las familias, si se saca todos los días de las FORM, si acumulan en cubo de 25 litros o usan áreas de emergencia, etc.
  
12. Cual de los 4 sistemas prefiere:
  
13. Nivel de satisfacción (0-10) por sistema:  
Cubo aireado + Bolsa compostable:  
Cubo aireado + Bolsa no compostable:  
Cubo no aireado + Bolsa compostable:  
Cubo no aireado + Bolsa no compostable:
  
14. Observaciones generales (voluntario):

Fecha	Comentario

## **Tercera parte (general)**

Para cada Municipio que participe en la experiencia:

**15. Frecuencia de recogida de FORM:**

**16. Horario de recogida y de entrega:**

**17. Es obligatorio el uso de bolsa compostable o sólo recomendable.**

#### 10.4. Emisiones detectadas (Parte 1)

a) En forma de concentraciones (mg de contaminante detectado por unidad de volumen):

dia	CH4 (mg/m3)			
	1	2	3	4
materBi + CA	0.00	2.32	1.09	1.38
materBi + CnoA	0.00	1.70	1.90	1.31
BNC + CA	1.83	2.19	2.11	0.91
BNC + CnoA	1.37	0.74	3.56	1.07
B paper + CA	1.42	0.00	0.00	1.40
B biotec + CA	2.26	0.57	0.54	0.87
materBi + CA ext	0.54	1.67	0.77	1.52

dia	N2O (mg/m3)			
	1	2	3	4
materBi + CA	0.21	0.27	1.83	0.11
materBi + CnoA	0.42	0.26	1.89	0.98
BNC + CA	0.18	0.67	1.09	0.14
BNC + CnoA	0.22	0.25	0.63	0.11
B paper + CA	0.52	0.44	1.62	0.05
B biotec + CA	0.46	0.54	1.93	0.05
materBi + CA ext	0.18	0.64	0.21	0.07

dia	COV (mg/m3)			
	1	2	3	4
materBi + CA	0	29.496	20.911	0.845
materBi + CnoA	0	0	1.55	0.493
BNC + CA	31.85	0	0	0
BNC + CnoA	17.63	0	0	0
B paper + CA	0	53.8	43.449	3.04
B biotec + CA	0	40.667	37.786	3.551
materBi + CA ext	0	40.66	14.176	0

dia	NH3 (mg/m3)			
	1	2	3	4
materBi + CA	0.00	0.69	0.00	0.00
materBi + CnoA	0.00	0.69	0.00	0.00
BNC + CA	0.00	0.69	0.00	1.37
BNC + CnoA	0.00	0.69	0.00	0.00
B paper + CA	0.00	0.00	0.00	1.37
B biotec + CA	0.00	0.00	0.00	1.37
materBi + CA ext	0.00	0.00	0.00	1.37

b) Como perfil de emisiones (mg de contaminante emitido por unidad de tiempo) (Figuras 3-6):

	CH4 (mg/h)			
dia	1	2	3	4
materBi + CA	0.00	0.14	0.07	0.08
materBi + CnoA	0.00	0.10	0.11	0.08
BNC + CA	0.11	0.13	0.13	0.05
BNC + CnoA	0.08	0.04	0.21	0.06
B paper + CA	0.09	0.00	0.00	0.08
B biotec + CA	0.14	0.03	0.03	0.05
materBi + CA ext	0.03	0.10	0.05	0.09

	N2O (mg/h)			
dia	1	2	3	4
materBi + CA	0.013	0.016	0.110	0.007
materBi + CnoA	0.025	0.015	0.114	0.059
BNC + CA	0.011	0.040	0.065	0.009
BNC + CnoA	0.013	0.015	0.038	0.006
B paper + CA	0.031	0.026	0.097	0.003
B biotec + CA	0.028	0.032	0.116	0.003
materBi + CA ext	0.011	0.039	0.013	0.004

	COV (mg/h)			
dia	1	2	3	4
materBi + CA	0.00	1.77	1.25	0.05
materBi + CnoA	0.00	0.00	0.09	0.03
BNC + CA	1.91	0.00	0.00	0.00
BNC + CnoA	1.06	0.00	0.00	0.00
B paper + CA	0.00	3.23	2.61	0.18
B biotec + CA	0.00	2.44	2.27	0.21
materBi + CA ext	0.00	2.44	0.85	0.00

	NH3 (mg/h)			
dia	1	2	3	4
materBi + CA	0.00	0.04	0.00	0.00
materBi + CnoA	0.00	0.04	0.00	0.00
BNC + CA	0.00	0.04	0.00	0.08
BNC + CnoA	0.00	0.04	0.00	0.00
B paper + CA	0.00	0.00	0.00	0.08
B biotec + CA	0.00	0.00	0.00	0.08
materBi + CA ext	0.00	0.00	0.00	0.08

### *10.5. Encuestas completas*

Dada la imposibilidad de incluir en este documento todas las encuestas disponibles, éstas se entregaran a los técnicos encargados del estudio en formato papel.

### *10.6. Fotografías completas*

Se adjunta un CD-ROM con todas las imágenes disponibles, tanto de los experimentos de laboratorio de la UAB como de los efectuados en las distintas poblaciones.