

VIABILITAT DE LA RECOLLIDA I EL TRACTAMENT DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS A CATALUNYA

Febrer de 2009



environment and management

Aquest estudi és un encàrrec efectuat per la **Mancomunitat La Plana** a:



coordinacio@ent.cat

www.ent.cat

Autors:

Ignasi Puig Ventosa (coord.)

Aina González Puig

El Grup de compostatge de residus sòlids orgànics de la Universitat Autònoma de Barcelona ha elaborat el capítol 5 i els annexos 1, 2 i 3 d'aquest document.

El projecte ha comptat amb el finançament de l'Agència de Residus de Catalunya

Ent, environment and management

És una marca registrada de:

Serveis de Suport a la Gestió, S.L.

CIF: B62795372

C/Pàdua 31, bxos. dreta

08800 Vilanova i la Geltrú

VIABILITAT DE LA RECOLLIDA I EL TRACTAMENT DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS A CATALUNYA

Índex

1. INTRODUCCIÓ.....	5
2. PROBLEMÀTICA AMBIENTAL RELACIONADA AMB ELS BOLQUERS D'UN SOL ÚS	6
3. SITUACIÓ ACTUAL DELS BOLQUERS A CATALUNYA.....	9
3.1. Estimació de la generació de bolquers actual a Catalunya i de la seva component orgànica.....	9
3.2. Estimació del cost actual de recollida i tractament dels bolquers ..	13
3.2.1. Costos de recollida	13
3.2.2. Costos de tractament.....	16
3.2.3. Resum	18
4. EXPERIÈNCIES INTERNACIONALS DE TRACTAMENTS NO FINALISTES DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS	19
4.1. Tractaments mecànic-biològics (MBT)	19
4.2. Tractament mecànic i reciclatge de les diferents fraccions.....	20
4.3. Metanització	21
4.4. Compostatge	24
4.4.1. Estudis científics i proves pilot sobre el compostatge de bolquers .	24
4.4.2. Experiències de compostatge de bolquers a nivell regional	26
4.5. Altres experiències no finalistes de tractaments de bolquers.....	27
5. ESTUDI TÈCNIC SOBRE EL COMPOSTATGE DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS	28
5.1. Objectiu de l'estudi	28
5.2. Metodologia experimental	28
5.3. Resultats i conclusions més significatives	31
5.3.1. Escala laboratori	31
5.3.2. Escala pilot	32
5.3.3. Escala real	34
5.4. Conclusions finals	41
6. PROPOSTA DE GESTIÓ DELS BOLQUERS D'UN SOL ÚS.....	43
6.1. Propostes per a la gestió dels bolquers en els municipis amb recollida selectiva porta a porta	44
6.2. Propostes per a la gestió dels bolquers a la resta de municipis	45
6.3. Resum de les propostes de recollida i tractament del bolquers d'un sol ús	45
6.4. Estimació de costos	47
6.4.1. En el marc actual	47

6.4.2.	En el marc del desenvolupament del PROGREMIC 2007-2012	49
6.5.	Introducció d'un Sistema Integrat de Gestió per als bolquers d'un sol ús	50
7.	AVALUACIÓ DE LA INCIDÈNCIA DEL MODEL DE GESTIÓ PROPOSAT.	53
7.1.	Estimació del potencial d'estabilització i de la incidència en les plantes de tractament.....	53
7.2.	Estimació de les millores ambientals assolibles	54
8.	CONCLUSIONS.....	56
	REFERÈNCIES.....	58
	ANNEXOS.....	60
	Annex 1. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part I: escala laboratori)	60
	Annex 2. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part 2: escala pilot)...	71
	Annex 3. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part 3: escala real)....	85

Índex de Taules i Figures

Índex de Taules

Taula 1. Impacte ambiental dels bolquers d'un sol ús	8
Taula 2. Població d'entre 0 i 3 anys a Catalunya (2004)	9
Taula 3. Població infantil amb bolquers per edat a Catalunya (2004)	9
Taula 4. Composició d'un bolquer infantil d'un sol ús sense usar (2006)	10
Taula 5. Generació d'excrements sòlids i líquids de nens segons diferents autors (kg/dia).....	11
Taula 6. Costos unitaris mitjans de recollida de la fracció resta per als sistemes de contenidors en superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica (€/tona).....	14
Taula 7. Costos de la recollida de la fracció resta que corresponen als bolquers d'un sol ús per a la recollida amb contenidors de superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica.....	14
Taula 8. Variables per al càlcul de costos de la recollida de bolquers a la Mancomunitat La Plana	15
Taula 9. Costos de recollida atribuïbles als bolquers d'un sol ús recollits en les mateixes rutes que la fracció FORM i els reciclables a la Mancomunitat La Plana i a tots els municipis PaP de Catalunya.....	16
Taula 10. Costos de recollida atribuïbles als bolquers d'un sol ús inclosos a la fracció resta a la Mancomunitat La Plana i a tots els municipis PaP de Catalunya	16
Taula 11. Costos mitjans del tractament de la fracció resta al 2007.....	17
Taula 12. Cost del tractament i del pagament del cànon de residus corresponents als bolquers d'un sol ús al 2004.....	17
Taula 13. Resum de costos de la recollida i el tractament de bolquers a Catalunya	18
Taula 14. Resum de treballs científics referents a la biodegradació de bolquers.....	25
Taula 15. Caracterització dels materials finals en la prova de compostatge a escala real	35
Taula 16. Valors de referència per a l'ús de fertilitzants definits pel <i>Real Decreto 824/2005</i>	36
Taula 17. Resum de propostes per al tractament de bolquers d'un sol ús	46
Taula 18. Costos de la recollida de bolquers en bosses separades de la fracció resta a Catalunya i a la Mancomunitat La Plana	47
Taula 19. Diferència dels costos estimats de tractament actuals i amb el sistema de tractament proposat per als municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya	48
Taula 20. Diferència dels costos actuals i a mitjà termini del tractament de bolquers a Catalunya.....	49

Taula 21. Diferència dels costos actuals i a mitjà termini del tractament de bolquers a la Mancomunitat La Plana	50
Taula 22. Costos totals, unitaris i per tona de la recollida i tractament de bolquers actualment, amb la implantació del PROGEMIC i diferència entre els dos escenaris.....	52
Taula 23. Resum de generació de bolquers a la Mancomunitat La Plana i als municipis amb recollida porta a porta de Catalunya	53

Índex de Figures

Figura 1. Aportació mitjana d'impropis procedents dels bolquers a la recollida selectiva de FORM, considerant l'orina com a matèria orgànica.....	12
Figura 2. Aportació mitjana d'impropis procedents dels bolquers a la recollida selectiva de FORM, considerant l'orina com a impropí.....	13
Figura 3. Procés de tractament de residus a la planta Brecht II (Bèlgica)	23
Figura 4. Muntatge experimental	29
Figura 5. Mescles inicials de FORM amb proporcions creixents de bolquers	29
Figura 6. Bolquers triturats	30
Figura 7. Mòdul de descomposició (FORM amb bolquers triturats).....	31
Figura 8. Imatge de les dues piles de maduració a la part final del procés (front: sense bolquers; darrere: amb bolquers).....	31
Figura 9. Imatges del material final (fangs de depuradora amb bolquers).....	32
Figura 10. Imatge del material final (FORM amb bolquers).....	33
Figura 11. Imatge del material final (FORM amb bolquers, detall del material)	34
Figura 12. Material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers	38
Figura 13. Material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers	38
Figura 14. Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers.....	39
Figura 15. Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers	39
Figura 16. Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers	40
Figura 17. Comparativa de rebutjos	40
Figura 18. Compost final procedent del garbellat de la pila amb bolquers	41
Figura 19. Compost final procedent del garbellat de la pila sense bolquers..	41

VIABILITAT DE LA RECOLLIDA I EL TRACTAMENT DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS A CATALUNYA

1. INTRODUCCIÓ

L'augment continuat de la generació de residus a Espanya, com a la resta d'Europa, s'ha convertit en els últims anys en un dels principals problemes ambientals que ha d'afrontar la societat. La creixent consciència ambiental de la població, juntament amb la cada vegada major dificultat de localitzar en el territori noves plantes d'incineració o abocadors, ha portat a les diferents administracions a buscar vies alternatives per al tractament dels residus, com el compostatge o reciclatge.

La Unió Europea va aprovar el 26 d'abril de 1999 la Directiva 1999/31/CE, relativa a l'abocament de residus, en la que es fixen importants restriccions respecte a les aportacions de materials biodegradables en abocadors. Segons la Directiva aquestes aportacions haurien de reduir-se progressivament fins al 35% en pes dels aportats al 1999. Els materials biodegradables o matèria orgànica són la fracció més abundant entre els residus urbans generats a Catalunya i Espanya, suposant un 78% en pes del total l'any 1995.

Enfront aquesta situació, alguns municipis i organismes locals han implementat sistemes per a la recollida selectiva de la matèria orgànica i posterior compostatge. La Mancomunitat La Plana realitza, a més, la recollida de residus porta a porta, el que possibilita l'obtenció d'un compost de qualitat elevada a causa de la baixa presència d'impropis. La recollida porta a porta comporta també una alta participació en el reciclatge de la resta de fraccions, aconseguint minimitzar la fracció destinada a tractaments finalistes (abocador o incineració). No obstant això, els bolquers d'un sol ús, amb un elevat contingut en matèria orgànica es destinen a aquesta última fracció, suposant un dels seus elements majoritaris i un dels principals frens a l'augment dels nivells de reciclatge.

La Mancomunitat La Plana ha impulsat el present projecte amb l'objectiu d'estudiar vies alternatives per al tractament dels bolquers d'un sol ús. Com es veurà en els apartats següents, en el present projecte s'assaja la compostabilitat d'aquests residus en diferents concentracions i amb diferents cosubstrats (fracció orgànica dels residus municipals o FORM i fangs de depuradora). Una possibilitat seria recollir aquests residus separadament o juntament amb la matèria orgànica recollida selectivament per a seguir posteriorment un tractament de compostatge, eliminant-los per tant de la fracció resta. Una altra possibilitat seria garantir la seva estabilització abans de la seva disposició final.

2. PROBLEMÀTICA AMBIENTAL RELACIONADA AMB ELS BOLQUERS D'UN SOL ÚS

La utilització de bolquers d'un sol ús es va generalitzar a Europa, Estats Units i Japó als anys 70, aconseguint una ràpida expansió fins a arribar al 95% de la població en aquests països als anys 90. En altres països d'Amèrica Llatina i Àsia (especialment la Xina) les vendes de bolquers d'un sol ús estan experimentant un espectacular creixement en els últims anys.¹ El desplaçament dels bolquers de tela tradicionals s'ha produït sobretot degut a la major comoditat que representa no haver de rentar-los, a les millores pel que fa a absorbència i comoditat aconseguides pels fabricants de bolquers d'un sol ús i a les efectives campanyes de publicitat promogudes pels mateixos.

Des dels anys 80, però, les problemàtiques ambientals relacionades amb els bolquers d'un sol ús, sobretot pel que fa a la generació de residus, es van fer evidents. A partir dels anys 90, van aparèixer a alguns països del centre i nord d'Europa, moviments socials que promovien, mitjançant Anàlisis de Cicle de Vida i altres estudis relacionats amb els beneficis ambientals i per a la salut, el retorn als bolquers de tela. L'estudi més complert actualment és l'encarregat l'any 2005 per l'Environment Agency del Regne Unit, que compara l'Anàlisi del Cicle de Vida dels bolquers d'un sol ús amb els bolquers reutilitzables.²

Segons els estudis mencionats, els impactes ambientals més importants generats pels bolquers d'un sol ús serien principalment els derivats del seu procés de fabricació i els impactes causats per la seva deposició, ja sigui en abocador o per incineració. Els impactes causats per la seva comercialització, transport i ús es consideren poc importants. A continuació es descriuen breument aquests impactes:

A) En el procés de fabricació:

- El component majoritari dels bolquers és la cel·lulosa en flocs o *fluff* (35% en bolquers per a nens i 62% en bolquers per a incontinència),³ que prové de la polpa de coníferes. Els impactes ambientals associats són la desforestació (si la cel·lulosa prové de boscos naturals) i l'empobriment del sòl (si prové de plantacions, degut a les espècies de creixement ràpid que s'utilitzen). Les plantes d'obtenció de cel·lulosa són també molt contaminants i consumeixen grans quantitats d'aigua.

¹ The Diaper Industry Source. <http://disposablediaper.net/content.asp?2> [6 de febrer de 2009].

² Aumônier, Collins, 2005.

³ EDANA, 2008.

- El SAP (Super Absorbent Polymer) suposa el 12% dels bolquers per a incontinència i el 33% dels bolquers per a nens.⁴ Aquest component està format per cristalls de poliàcrilat sòdic, el procés de fabricació dels quals és el més contaminant de tots els processos de fabricació dels materials que componen els bolquers. La seva producció requereix grans quantitats d'aigua, petroli i gas natural; per altra banda, és la principal responsable de les emissions de CO₂, CH₄, SO₂ i NO₂ en la producció de bolquers d'un sol ús.
- Els altres components dels bolquers d'un sol ús (polipropilè, poliestirè, gomes, adhesius, plàstic d'empaquetament) són derivats del petroli. Els principals impactes associats són les emissions de CO₂, CH₄, SO₂ i NO₂, així com el consum d'un recurs no renovable com el petroli.
- Globalment, en la fabricació de bolquers d'un sol ús per nen es consumeixen 1.167,82 kg de materials manufacturats, 440 litres d'aigua i 723,9 kWh per a cada tona de bolquers, generant també uns 100 kg de residus.⁵

B) Durant el període de comercialització i d'ús:

- Els impactes sobre el medi degut al transport, comercialització i ús dels bolquers es redueixen a les despeses energètiques i les emissions de gasos degudes als desplaçaments i al manteniment de les infraestructures.

C) En la seva deposició i tractament:

- Es calcula que cada nen genera uns 1.129 kg de residus de bolquers durant els seus 2,5 primers anys de vida. Les persones amb incontinència poden generar entre 550 i 1.207 kg de residus de bolquers a l'any, segons el tipus i grau d'incontinència.⁶
- A Catalunya, el 72,8% dels residus municipals tingueren com a destí final l'abocador l'any 2006. Els principals impactes associats són en aquest cas l'ocupació de sòl,⁷ l'emissió de metà i la possible lixiviació dels components

⁴ EDANA, 2008.

⁵ Aumônier, Collins, 2005

⁶ Suposant que les persones amb incontinència lleu utilitzen tres compreses, un bolquer i un reforç al dia; i que les persones amb incontinència severa/doble utilitzen quatre bolquers i un reforç al dia.

⁷ Tot i que cal tenir en compte que Light *et al.*, 1995, suggereixen que la presència de bolquers als abocadors en menys d'un 10% en pes no afegeixen un volum "real", sinó que reomplen els espais que d'altra manera romandrien buits. L'estudi va ser finançat en part per Procter and Gamble Company, multinacional del sector dels bolquers i altres productes d'higiene personal.

orgànics a les aigües subterrànies. La deposició de les restes orgàniques sense tractament previ també pot comportar un risc per a la salut humana.

- Els residus incinerats, que a l'any 2006 suposaren a Catalunya un 22,4%, tenen com a principal impacte sobre el medi l'emissió de gasos i partícules a l'atmosfera. Els principals gasos emesos per la incineració dels bolquers serien els d'efecte hivernacle; però tenint el compte que es tracta de productes mixtes formats per diversos polímers i que contenen diferents components orgànics, la seva incineració també és susceptible d'ocasionar altres tipus de substàncies més problemàtiques.

Segons l'Anàlisi de Cicle de Vida encarregat per l'Environment Agency (Aumônier, Collins, 2005), els impactes causats pels bolquers d'un sol ús per a nens es poden esquematitzar en la següent taula:

Taula 1. Impacte ambiental dels bolquers d'un sol ús

Categoria	Unitats	Escenari Mixt*	Escenari Geigy*
Esgotament de recursos naturals	Kg Sb eq	4,82	4,85
Escalfament global	Kg CO ₂ eq	626,0	602,0
Impacte sobre la capa d'ozó	Kg CFC-11 eq	0,000261	0,000202
Oxidació fotoquímica	Kg C ₂ H ₂ eq	0,174	0,163
Acidificació	Kg SO ₂ eq	3,78	3,79
Eutrofització	Kg PO ₄ eq	0,338	0,337
<i>Toxicitat humana</i>	<i>Kg 1,4-DB eq</i>	<i>49,4</i>	<i>48,9</i>
<i>Ecotoxicitat de les aigües naturals</i>	<i>Kg 1,4-DB eq</i>	<i>7,01</i>	<i>5,98</i>
<i>Ecotoxicitat terrestre</i>	<i>Kg 1,4-DB eq</i>	<i>1,92</i>	<i>1,9</i>

*: L'estudi analitza dos escenaris pel que fa a les excrements dels nens de 0 a 24 mesos segons diferents autors.

Nota 1: Impacte causat pels bolquers portats per un nen durant 2,5 anys, amb una mitjana de 4,16 canvis diaris.

Nota 2: Les lletres en cursiva indiquen metodologies d'estudi d'impacte ambiental menys desenvolupades.

Font: Aumônier, Collins, 2005.

3. SITUACIÓ ACTUAL DELS BOLQUERS A CATALUNYA

3.1. Estimació de la generació de bolquers actual a Catalunya i de la seva component orgànica

La generació de bolquers a Catalunya ha estat estimada mitjançant dades bibliogràfiques, de població i dades empíriques proporcionades pel servei per la Mancomunitat La Plana. Els paràmetres utilitzats han estat els següents:

- Població d'entre 0 i 3 anys a Catalunya: segons dades de l'INE, l'any 2004 existia la següent estructura de població infantil:

Taula 2. Població d'entre 0 i 3 anys a Catalunya (2004)

Mesos	Població
De 0 a 12	69.080
De 12 a 24	68.826
De 24 a 36	67.997

Font: Instituto Nacional de Estadística.

- Percentatge de la població infantil amb bolquers: l'edat en què els nens deixen de portar bolquers pot variar molt d'un nen a un altre, però segons les dades de l'Environment Agency del Regne Unit als 3 anys menys d'un 5% dels nens porten bolquers:

Taula 3. Població infantil amb bolquers per edat a Catalunya (2004)

Edat	Percentatge amb bolquers	Nens amb bolquers a Catalunya
Menys de 6 mesos	100,0%	69.080
De 6 a 12 mesos	95,7%	
De 12 a 18 mesos	82,8%	
De 18 a 24 mesos	45,6%	44.186
De 24 a 30 mesos	17,6%	
De 30 a 36 mesos	4,8%	
De 36 a 42 mesos	1,8%	2.770
De 42 a 48 mesos	0,1%	
De 48 a 54 mesos	0,1%	
De 54 a 60 mesos	0,1%	
De 60 a 66 mesos	0,1%	
TOTAL		120.535

Font: elaboració pròpia a partir de Environment Agency, 2004.

- S'ha considerat que entre els nens usuaris, entre els 0 i els 12 mesos es realitzen 7 canvis diaris de bolquers de mitjana, i dels 12 als 36 mesos se'n realitzen 5.
- Un bolquer d'un sol ús per a nen pesa com a mitjana 0,041 kg sense usar⁸ i 0,21 kg, un cop usat.⁹

Segons aquestes dades a Catalunya s'usen cada any uns 271 milions de bolquers, i per tant es generen unes 57.400 tones d'aquest residu. Això suposa l'1,5% en pes dels residus municipals generats a Catalunya.

Aquesta estimació, realitzada en base a les dades de població infantil de Catalunya i a la densitat dels bolquers, concorda amb les dades de caracterització de la brossa incloses a l'Annex 4 del PROGEMIC 2007-2012, en què els residus tèxtils sanitaris representaven un 3,20% al 2004 i un 3,17% al 2005. Dins aquesta categoria s'inclouen tant els bolquers per nens com els d'incontinència, així com els productes d'higiene femenina.

A efectes del seu tractament com a residu, és important considerar la composició dels bolquers i, en especial, la presència de matèria orgànica. Segons càlculs realitzats en base a dades de composició dels bolquers la component orgànica (cel·lulosa i excrements) suposarien el 87,4% del pes del bolquer:

Taula 4. Composició d'un bolquer infantil d'un sol ús sense usar (2006)

Material	% en pes
Cel·lulosa	35%
Polímers superabsorbents (SAP)	33%
Polipropilè	17%
Polietilè	6%
Adhesius	4%
Altres	4%
Elàstics	1%

Font: EDANA, 2008.

Cal tenir en compte, però, que una part molt important de la matèria orgànica del bolquer és líquida (orina) i queda retinguda temporalment pels SAP, formant una massa gelatinosa. A efectes del seu tractament com a residu, aquest líquid podria ser comptabilitzat com a impropí en lloc de com a matèria orgànica compostable (per exemple, si es separés el SAP en una fase inicial del procés també s'eliminaria el líquid retingut). En aquest cas, la matèria orgànica a considerar es

⁸ EDANA, 2008.

⁹ Dades recollides pel servei de recollida de residus de la Mancomunitat La Plana en el marc d'aquest projecte.

limitaria i a la cel·lulosa i als excrements sòlids. Les dades referents a la generació d'excrements de nens varien considerablement segons diferents autors:

Taula 5. Generació d'excrements sòlids i líquids de nens segons diferents autors (kg/dia)

Edat	Dades Campbell & McIntosh		Dades Goellner <i>et al.</i>		Dades Lenter	
	orina	femta	orina	femta	orina	femta
0-3 mesos	0,42	0,028	0,47	-	0,19	0,084
3-6 mesos	0,42	0,031	0,47	-	0,19	0,111
6-12 mesos	0,47	0,031	0,67	-	0,26	0,111
12-24 mesos	0,58	0,031	0,84	-	0,29	0,111
24-30 mesos	0,57	0,031	0,81	-	0,43	0,111

Font: elaboració pròpia a partir de Campbell & McIntosh, 1998, Goellner *et al.*, 1981 i Lenter, 1981.

Segons aquestes dades la part orgànica dels bolquers (tenint en compte només la part sòlida dels excrements i la cel·lulosa) suposaria de l'11,4 al 30,3% del seu pes.

Per altra banda, cal considerar també les característiques especials que presenten els bolquers degut a la presència del SAP:

- Tot i que l'orina és un material orgànic, a efectes visuals s'hauria de considerar com a impropí, ja que en els bolquers usats es troba associat amb el SAP formant un compost gelatinós.
- El SAP hidratat presenta una elevada adherència, pel que la seva separació mitjançant els sistemes habituals de separació d'impropis de les plantes de compostatge no resultaria prou efectiva.
- Una de les formes orgàniques del SAP (poliacrilamida) s'utilitza en alguns casos en agricultura i horticultura per a retenir aigua al sòl. La forma de SAP utilitzada als bolquers d'un sol ús (poliacrilat) no s'utilitza normalment per a horticultura degut a què la molècula es trenca més ràpidament, alliberant el líquid en períodes massa curts. Segons altres estudis, el poliacrilat funcionaria bé com a fertilitzant un cop tractat amb nitrogen i fòsfor, ja que alliberaria aquests nutrients als sòl alhora que funcionaria com a estructurant.¹⁰

Segons les últimes dades de composició de la brossa, la fracció orgànica representa el 31% dels residus municipals,¹¹ i en la recollida selectiva aquesta matèria orgànica conté com a mitjana ponderada un 23,8% d'impropis.¹² Si es

¹⁰ Conway, Anderson, 2000,

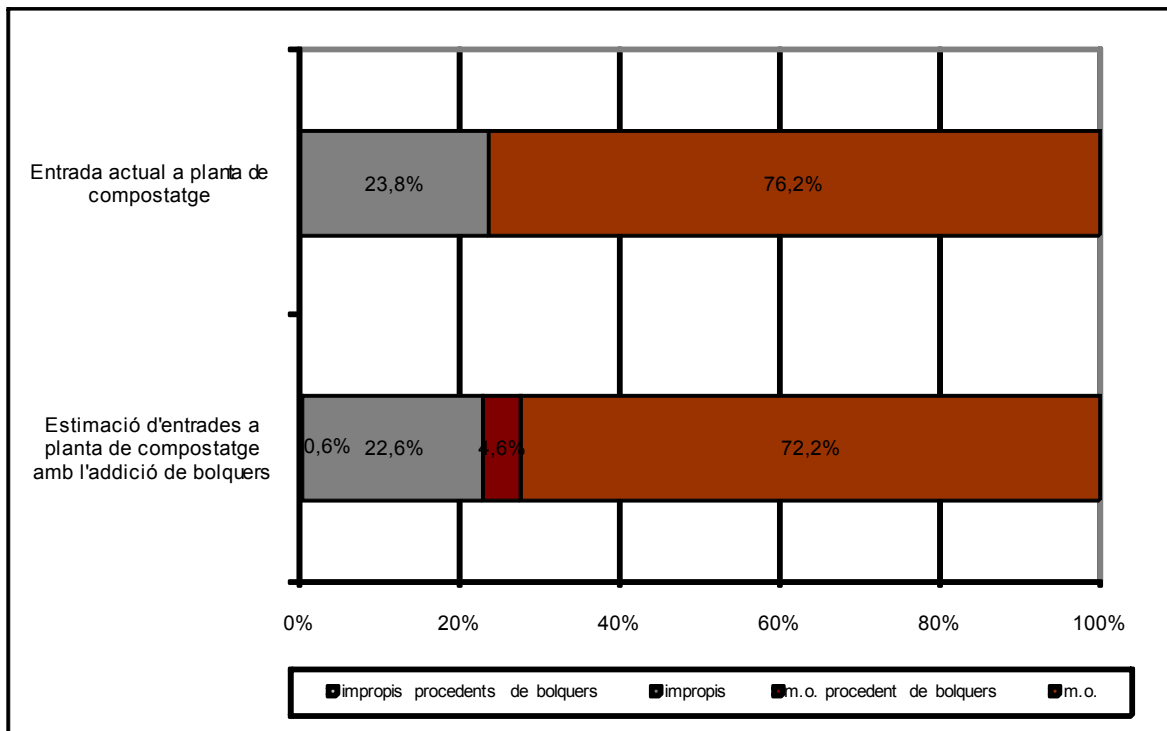
¹¹ Annex 4 del PROGREMIC 2007-2012.

¹² Agència de Residus de Catalunya.

www.arc-cat.net/ca/publicacions/pdf/estadistiques/val_rm_2005.pdf. [6 de febrer de 2009].

considera que els bolquers d'un sol ús contenen un 87,4% de matèria orgànica, i es suposa un nivell de recollida de bolquers igual als nivells de recollida de FORM, l'addició de bolquers a la FORM no hauria de suposar en terme mig un empitjorament de l'aportació d'impropis:

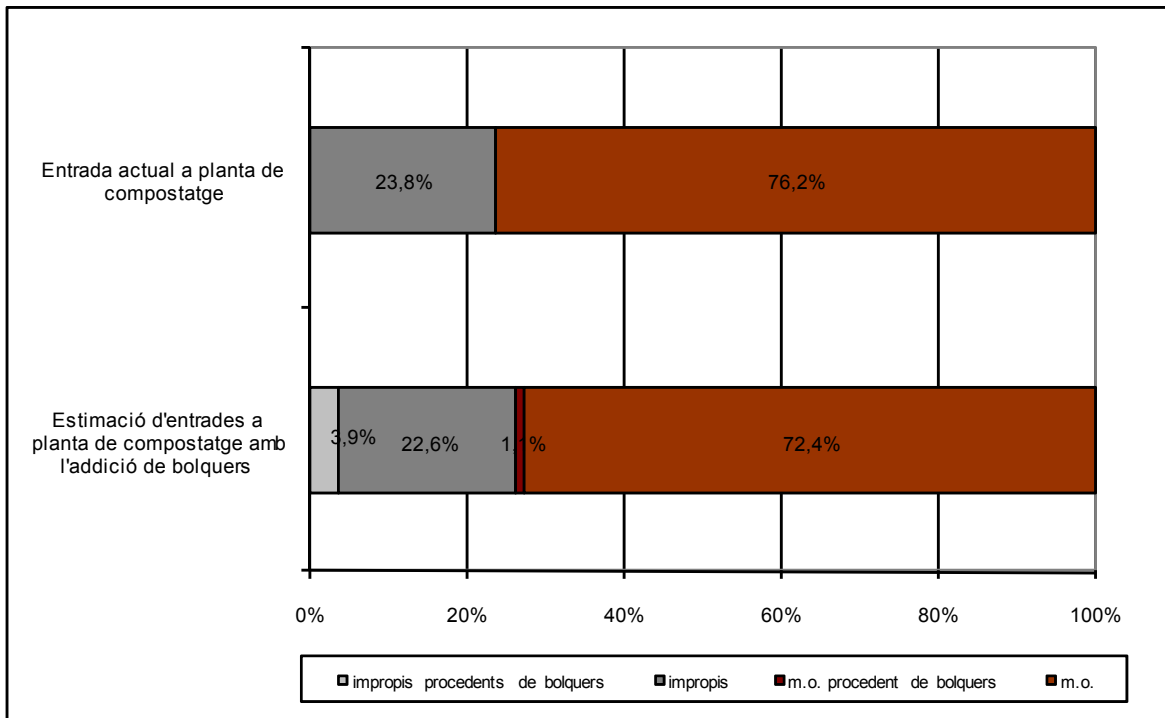
Figura 1. Aportació mitjana d'impropis procedents dels bolquers a la recollida selectiva de FORM, considerant l'orina com a matèria orgànica



Font: elaboració pròpia.

Com s'ha vist, però, el SAP reté la major part de la matèria orgànica present als bolquers. Això comporta que, abans del procés de compostatge, la part líquida de la matèria orgànica es podria considerar com impropis, augmentant el percentatge d'impropis presents als bolquers fins a un 60-90% del total (orina, SAP, plàstics, adhesius i gomes). Aquest percentatge seria molt superior al que normalment conté la matèria orgànica provinent de recollida selectiva, pel que la inclusió dels bolquers dins aquesta fracció suposaria un empitjorament de la qualitat dels materials d'entrada:

Figura 2. Aportació mitjana d'impropis procedents dels bolquers a la recollida selectiva de FORM, considerant l'orina com a impropí



Font: elaboració pròpia.

Cal considerar, tanmateix, que segons Cook *et al.* (1997), el procés de compostatge degrada els enllaços responsables de la formació del gel, amb el que l'orina queda alliberada i es degrada normalment amb la resta de matèria orgànica. Pel contrari les molècules de SAP es degraden només en un 8%. Per tant, a efectes del procés de compostatge només s'haurien de considerar impropis aquestes molècules no degradades.

Per altra banda, cal també tenir en compte la presència de SAP no degradat i el possible augment de la concentració de metalls pesants com el zinc, possiblement present en els excrements infantils i/o derivat de l'ús de cremes per a la pell dels nadons (veure apartat 5.3). Tot i que són poc importants a nivell quantitatiu, poden suposar impediments importants per a la utilització del compost resultant en determinats camps.

3.2. Estimació del cost actual de recollida i tractament dels bolquers¹³

3.2.1. Costos de recollida

A Catalunya existeixen actualment diversos sistemes de recollida de residus, com la recollida amb contenidors en superfície, la recollida amb contenidors soterrats,

¹³ Tots els costos es presenten sense IVA i a preus del 2007.

la recollida pneumàtica o la recollida porta a porta. Els costos associats a cadascun d'aquests sistemes varien considerablement, tant pel que fa a la implantació com als costos d'explotació.¹⁴ Entre diferents municipis amb un mateix tipus de recollida el cost també pot variar, depenent de factors com la densitat i morfologia urbanes, tipus i densitat de contenidors, nivells de recollida selectiva, etc.

a) Contenidors i recollida pneumàtica

En la majoria de casos (contenidors en superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica) els costos de la recollida dels bolquers no es troben desagregats atès que es recullen conjuntament amb la fracció resta. En aquest cas podem considerar que els costos se situen dins un rang. En un extrem podem considerar que els costos fixos són molt elevats, i que la disminució d'un nombre de tones relativament petit com és la fracció dels bolquers no es percebria com una disminució del cost.

En l'altre extrem, es poden considerar els costos de la recollida de bolquers d'un sol ús com la fracció dels costos corresponent al percentatge que aquests suposen en la fracció resta. El càlcul s'ha realitzat en base als costos unitaris de recollida de residus publicats a l'Annex 9 del PROGREMIC 2007-2012:

Taula 6. Costos unitaris mitjans de recollida de la fracció resta per als sistemes de contenidors en superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica (€/tona)

Tipus de recollida	Costos d'explotació	Costos d'amortització	Costos totals
Contenidors de superfície	64,62	4,95 ¹	69,57
Contenidors soterrats	73,59	25,31 ¹	98,90
Recollida pneumàtica	62	94	156

1. Mitjana entre el cost màxim i el mínim.

Font: elaboració pròpia a partir del l'Annex 9 del PROGREMIC 2007-2012.

Taula 7. Costos de la recollida de la fracció resta que corresponen als bolquers d'un sol ús per a la recollida amb contenidors de superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica

Nombre estimat de nens amb bolquers als municipis amb recollida amb contenidors o pneumàtica	114.519,69
Tn de bolquers recollides/any	54.567
Costos mitjans de recollida (explotació i amortització) ¹	71 €/tona
Costos totals anuals	3.874.224 €

¹⁴ Annex 9 del PROGREMIC 2007-2012.

1. S'ha calculat ponderant els costos per a cada tipus de recollida (contenidors de superfície, contenidors soterrats, recollida pneumàtica i recollida porta) amb estimacions de la població servida amb cadascuna d'aquestes recollides.

Font: elaboració pròpia a partir dels costos unitaris publicats a l'Annex 9 del PROGEMIC 2007-2012.

Així, la recollida de bolquers d'un sol ús en els municipis amb recollida amb contenidors o pneumàtica es podria considerar entre un rang que aniria dels 0 als 3.874.224 euros anuals.

b) Recollida porta a porta

Per als municipis que realitzen recollida porta a porta, la recollida de bolquers sí que implica un augment específic dels costos, ja que aquesta fracció es recull separatament de les altres la majoria dels dies¹⁵ i s'ha de transportar a plantes de tractament diferents després de la seva recollida.

Per al càlcul de l'increment dels costos que suposa la recollida de bolquers s'ha partit dels costos unitaris per vehicle i per treballador de la Mancomunitat La Plana per a realitzar la recollida de les fraccions de FORM i reciclables. L'augment del cost que suposa la recollida de bolquers d'un sol ús s'ha estimat com el 3% del cost de recollida de la fracció de FORM i reciclables:

Taula 8. Variables per al càlcul de costos de la recollida de bolquers a la Mancomunitat La Plana

Temps extra de recollida de bolquers (segons/família amb recollida de bolquers) ¹	15
Nombre de famílies amb recollida de bolquers ²	259
Cost recollida bolquers (€/any)	6.582
Cost/habitant/any (€)	0,45

1. Estimat per tècnics de la Mancomunitat La Plana.

2. Estimat en base al percentatge de població amb bolquers (veure apartat 3.1).

Font: elaboració pròpia.

Amb aquestes dades s'ha estimat el cost atribuïble a la recollida de bolquers d'un sol ús tant per la Mancomunitat La Plana com per a tots els municipis de Catalunya amb recollida porta a porta:

¹⁵ En general, la recollida de bolquers d'un sol ús es realitza un cop a la setmana juntament amb la fracció resta; mentre que la resta de dies que hi ha servei es recull també però amb bosses separades.

Taula 9. Costos de recollida atribuïbles als bolquers d'un sol ús recollits en les mateixes rutes que la fracció FORM i els reciclables a la Mancomunitat La Plana i a tots els municipis PaP de Catalunya

Concepte	Mancomunitat La Plana	Municipis PaP de Catalunya
Habitants	14.665	340.000
Bolquers recollits amb fracció FORM i reciclables (tones/any)	90	2.093
Cost atribuïble a la recollida de bolquers (€/hab/any)	0,45	0,54 ¹
Costos totals (€/any)	6.582	184.998

1. S'ha multiplicat el cost/hab/any de la Mancomunitat La Plana per un coeficient de 1,21, resultant de dividir els costos de recollida a la Mancomunitat La Plana entre els costos de recollida als municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya (segons el PROGEMIC 2007-2012).
Font: elaboració pròpia.

A aquest cost es podria afegir el percentatge corresponent als bolquers dins la fracció resta, ja que amb aquesta fracció es recullen també bolquers. Suposant que els bolquers recollits en la fracció resta són una quarta part del total de bolquers recollits, els costos corresponents serien:

Taula 10. Costos de recollida atribuïbles als bolquers d'un sol ús inclosos a la fracció resta a la Mancomunitat La Plana i a tots els municipis PaP de Catalunya

Concepte	Mancomunitat La Plana	Municipis PaP de Catalunya
Bolquers recollits amb fracció resta (tones/any)	33	773
Cost unitari (€/tona)	63.03 ¹	116,35 ²
Costos totals (€/any)	2.103	89.990

1. Costos unitaris de recollida per la Mancomunitat La Plana.

2. Costos mitjans per Catalunya segons l'Annex 9 del PROGEMIC 2007-2012.

Font: elaboració pròpia.

Els costos de recollida dels bolquers en els municipis PaP es trobarien per tant dins un rang, que aniria des dels 184.998 €/any, si es consideren nuls els costos de recollida dels bolquers amb la fracció resta, als 274.987 €/any si es computa com a cost dels bolquers la part proporcional del cost de recollida de la resta que significa aquesta fracció.

3.2.2. Costos de tractament

El tractament donat als bolquers un cop esdevenen residus és el mateix que el de la fracció resta: poden ser portats a abocadors controlats, a incineradores o a plantes de tractament mecànic-biològic, on s'estabilitza la matèria orgànica, es recupera una part dels materials i posteriorment es transporta el rebuig a una

instal·lació finalista. D'acord amb el PROGEMIC 2007-2012 el cost mig per tona per a cadascun d'aquests tractaments és el següent:

Taula 11. Costos mitjans del tractament de la fracció resta al 2007

Tractament	Cost (€/tona)
Disposició en abocadors	30
Incineració	40-50
Tractament mecànic-biològic ¹	45,84

1. Inclou el cost d'abocament o incineració del rebuig i el cànon de residus (balanç net entre pagament estimat de 10 €/tona i ingrés en concepte de reducció del rebuig de 5 €/tona).

Font: adaptació a partir del PROGEMIC 2007-2012.

A més, els ens municipals que porten els residus a dipòsits controlats han d'abonar un cànon de 10 €/tona de residus, mentre que el cànon per la incineració de residus és de 5 €/tona.¹⁶

Amb les dades anteriors s'ha fet una estimació de cost dels tractament dels bolquers d'un sol ús a Catalunya, suposant que el percentatge de bolquers destinat a cada tipus de tractament és el mateix que per a la fracció resta.

Taula 12. Cost del tractament i del pagament del cànon de residus corresponents als bolquers d'un sol ús al 2004

Tractament	Disposició en abocadors	Incineració	Tractament mecànic biològic
Tones de bolquers	40.160	13.370	3.902
Cost tractament (€)	1.204.805	534.816-668.520	178.867
Cànon de residus (€)	401.602	66.852	Cànon i retorn inclosos en el cost de tractament
Cost total (€)	1.606.406	601.668-735.372	178.867

Font: elaboració pròpia.

El cost total del tractament de bolquers i el pagament del corresponent cànon de residus per a tota Catalunya seria d'entre 2.386.942 i 2.520.646 euros anuals.

Per a la Mancomunitat La Plana, els costos de disposició en abocador i de pagament del cànon de les 124 tones de bolquers generades a l'any serien de 10.421 €.

¹⁶ Aquests canons s'incrementen fins als 20 i 15 €/tona respectivament en el cas que el municipi no hagi iniciat el procés de desplegament de recollida selectiva de matèria orgànica (Llei 8/2008, de 10 de juliol, de finançament de les infraestructures de gestió dels residus i dels canons sobre la disposició del rebuig dels residus).

3.2.3. Resum

Segons s'ha vist en els apartats anteriors, la definició dels costos per la recollida dels bolquers d'un sol ús presenta un rang ampli segons el tipus de recollida realitzada i les consideracions per al seu càlcul.

Els costos de tractament dels bolquers depenen directament de la seva destinació, que pot ser la incineració, el dipòsit controlat o el tractament mecànic biològic.

Els costos estimats per a la recollida i tractament de bolquers segons les consideracions anteriors es presenten a la Taula 13. Es presenta també el cost de la recollida i tractament per bolquer, resultat de dividir el cost total pel nombre d'unitats generades:

Taula 13. Resum de costos de la recollida i el tractament de bolquers a Catalunya

		€/bolquer	€/tona	Cost per Catalunya (€/any)
Recollida	Contenidors i pneumàtica	0-0,015	0-71	0-3.874.224
	Recollida PaP	0,014-0,020	65-96	184.998-274.251
	Disposició en abocadors	0,008	40	1.606.406
Tractament	Incineració	0,010-0,012	45-55	601.668-735.372
	Tractament mecànic-biològic	0,010	45,84	178.867
Total		0,008-0,032*	40-154*	2.571.939-6.669.857

* S'ha calculat sumant per una banda els costos unitaris de recollida més baixos amb els costos unitaris de tractament més baixos i per l'altra, els costos unitaris de recollida més alts amb els costos unitaris de tractament més alts.

Font: elaboració pròpia.

4. EXPERIÈNCIES INTERNACIONALS DE TRACTAMENTS NO FINALISTES DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS

Com s'ha vist a l'apartat anterior, a Catalunya, com a la pràctica totalitat de països, els bolquers d'un sol ús segueixen tractaments finalistes (incineració o abocador controlat). La diferent naturalesa dels materials que es troben en els bolquers usats (cel·lulosa, materials sintètics, plàstics, matèria orgànica) fa que sigui tècnicament complex el seu reciclatge, fins al punt que a l'Estat espanyol mai s'ha fet cap intent d'abordar-lo.

Tot i així, els reptes plantejats per als impactes ambientals mencionats anteriorment, han provocat que a tant a nivell nacional com internacional s'hagin assajat algunes vies de gestió alternatives. El sistema de tractament més comú, del que existeixen exemples a Catalunya, és el tractament mecànic-biològic (MBT) juntament amb la fracció resta. Altres sistemes de tractament menys estesos, com la metanització amb la FORM o la separació de les diferents fraccions i posterior reciclatge s'han implantat només a alguns municipis d'Europa i Amèrica. El compostatge dels bolquers juntament amb la fracció orgànica s'ha assajat només a nivell experimental.

En els següents apartats s'expliquen amb més detall les característiques d'aquestes experiències i els resultats obtinguts.

4.1. Tractaments mecànic-biològics (MBT)

Els tractaments mecànics biològics s'utilitzen majoritàriament en zones on la recollida selectiva de matèria orgànica no s'ha implantat. El seu objectiu principal, especialment des de l'entrada en vigor de la *Directiva 99/31/CE, de 26 d'abril de 1999, relativa a l'abocament de residus*, és la reducció del volum i del pes dels residus destinats a l'abocador, especialment pel que fa a la fracció orgànica.

Els tractaments mecànics biològics consten de dues fases diferenciades: en primer lloc se sotmet als residus a una separació mitjançant diferents mètodes dels elements més fàcilment valoritzables o que podrien dificultar el procés posterior (tractament mecànic: separació manual, garbellat mecànic, imantació, corrents d'aire). En aquesta fase se solen separar els metalls, fustes i voluminosos, així com també els plàstics i envasos en algun cas. Segons la seva naturalesa i valor al mercat, aquests materials són reciclats, valoritzats energèticament o dipositats en abocador. En la segona fase, els materials restants –principalment orgànics– se sotmeten a un tractament biològic, que pot constar de fases aeròbies i anaeròbies. En finalitzar aquesta fase la matèria orgànica resta estabilitzada i amb un volum i nivell d'humitat reduïts.

El compost resultant dels tractaments mecànic-biològics són normalment de baixa qualitat i troben dificultats per a ser comercialitzats. Tot i així, aconsegueixen reduir considerablement el volum i les problemàtiques associades a la fracció resta (olors, lixiviació, reactivitat) abans de ser portada a abocador.

Els MBT s'estan realitzant des de fa anys arreu del món. A Europa els països on aquest sistema ha estat més àmpliament implantat són Espanya, Itàlia i Alemanya. A Catalunya es troben en funcionament tres ecoparcs, situats a Barcelona, Montcada i Reixac i Sant Adrià del Besòs, amb una capacitat de tractament de 800.000 tones/any de residus.

El tractament dels bolquers amb MBT ofereix la considerable avantatge que aquests no han de ser recollits separatament, sinó que poden ser llençats juntament amb la fracció resta, com és habitual a nostre país. A més, la proporció elevada de components orgànics que presenten els bolquers usats (cel·lulosa, excrements) fan que siguin susceptibles de ser tractats biològicament per a reduir-ne el volum i la reactivitat. *EDANA, International Association serving the Nonwovens and Related Industries*, recomana aquesta opció com la més adequada per al seu tractament.¹⁷

4.2. Tractament mecànic i reciclatge de les diferents fraccions

La separació de les diferents fraccions reciclables dels bolquers (matèria orgànica, plàstic, cel·lulosa, SAP) ha estat introduïda en alguns municipis d'Amèrica i Europa per l'empresa Knowaste. El procediment consta de les següents fases:¹⁸

- En primer lloc, cal que els bolquers siguin recollits separatament i portats a la planta de tractament.
- Les bosses de bolquers són triturades i sotmeses a un tractament físico-químic per a higienitzar els materials i desactivar el SAP.
- Els components plàstics són separats, filtrats i higienitzats novament. Finalment es compacten en bales i es comercialitzen per a la seva reutilització.
- Els materials restants són filtrats per a eliminar restes de plàstics dels materials orgànics.
- Els SAP desactivats són separats de les fibres de cel·lulosa mitjançant un altre procés de neteja. Aquest material pot ser utilitzat pel posterior procés de compostatge un cop tractat.

¹⁷ EDANA, 2005.

¹⁸ www.knowaste.com [11 de febrer de 2009].

- Les fibres de cel·lulosa se sotmeten a consecutius processos mecànics, de filtració i neteja per finalment ser compactades i comercialitzades.
- La matèria orgànica recollida en cada fase del procés és deshidratada i compostada, o recirculada al sistema de depuració municipal.

Segons la companyia explotadora, aquest procés pot evitar que el 98% en pes dels bolquers siguin destinats a tractaments finalistes, recuperant els materials i convertint-los en matèries primeres. A més, les estacions de tractament poden ser de mida molt variable, de manera que es poden ajustar a diferents escales: des de regions o àrees metropolitanes a petites poblacions.

El principal inconvenient d'aquest sistema de tractament és el seu elevat cost. Fins el moment, dues de les comunitats que van implantar aquest sistema de reciclatge de bolquers (concretament el municipi de Santa Clarita a Califòrnia i 11 municipis de Bèlgica) l'han abandonat per considerar que la relació cost-benefici era insostenible. Pel contrari al municipi d'Arnhem (Holanda) està operant una planta de reciclatge de bolquers des de 1999, donant servei a més de 100 municipis i amb capacitat per a tractar 100.000 tones anuals de bolquers. Els bolquers es recullen als centres sanitaris, residències geriàtriques i centres de dia i són portats a la planta de tractament. La companyia està estudiant actualment la manera d'introduir també la recollida de bolquers per a nens.

A Canadà, Knowaste oferia també un servei de recollida de bolquers a domicili i posterior reciclatge mitjançant la seva filial Smallplanet. Aquest servei es va posar en funcionament al 2003 a la ciutat de Toronto. Els usuaris pagaven entre 13 i 25 \$ al mes, a canvi de la recollida dels bolquers usats a domicili, el seu reciclatge a la planta de Knowaste, i el lliurament de bolquers nets. Smallplanet va finalitzar la seva activitat a principis de març del 2008 degut a la iniciativa del govern local de recollir els bolquers d'un sol ús juntament amb les restes orgàniques per a la seva posterior metanització, tal i com s'explica a l'apartat següent.

4.3. Metanització

La metanització de bolquers juntament amb la resta de residus orgànics municipals s'està portant a terme a la ciutat de Toronto (Canadà). La recollida selectiva de matèria orgànica (o *Green Bin Program*) es va iniciar l'any 2002 al barri d'Etobicoke i s'ha estès posteriorment a altres barris d'habitatges unifamiliars, com Scarborough, Toronto, East York, York i North York. Actualment es realitza la recollida selectiva de restes orgàniques a més de mig milió d'habitatges cada setmana, el que representa el 90% dels habitatges unifamiliars de la ciutat. En les zones on predomina una arquitectura més compacta no es realitza aquesta recollida selectiva.

Al *Green Bin* es poden dipositar tot tipus de restes de menjar, embolcalls de menjar i vaixel·la de paper, plantes petites, bolquers, productes d'higiene femenina i excrements d'animals.

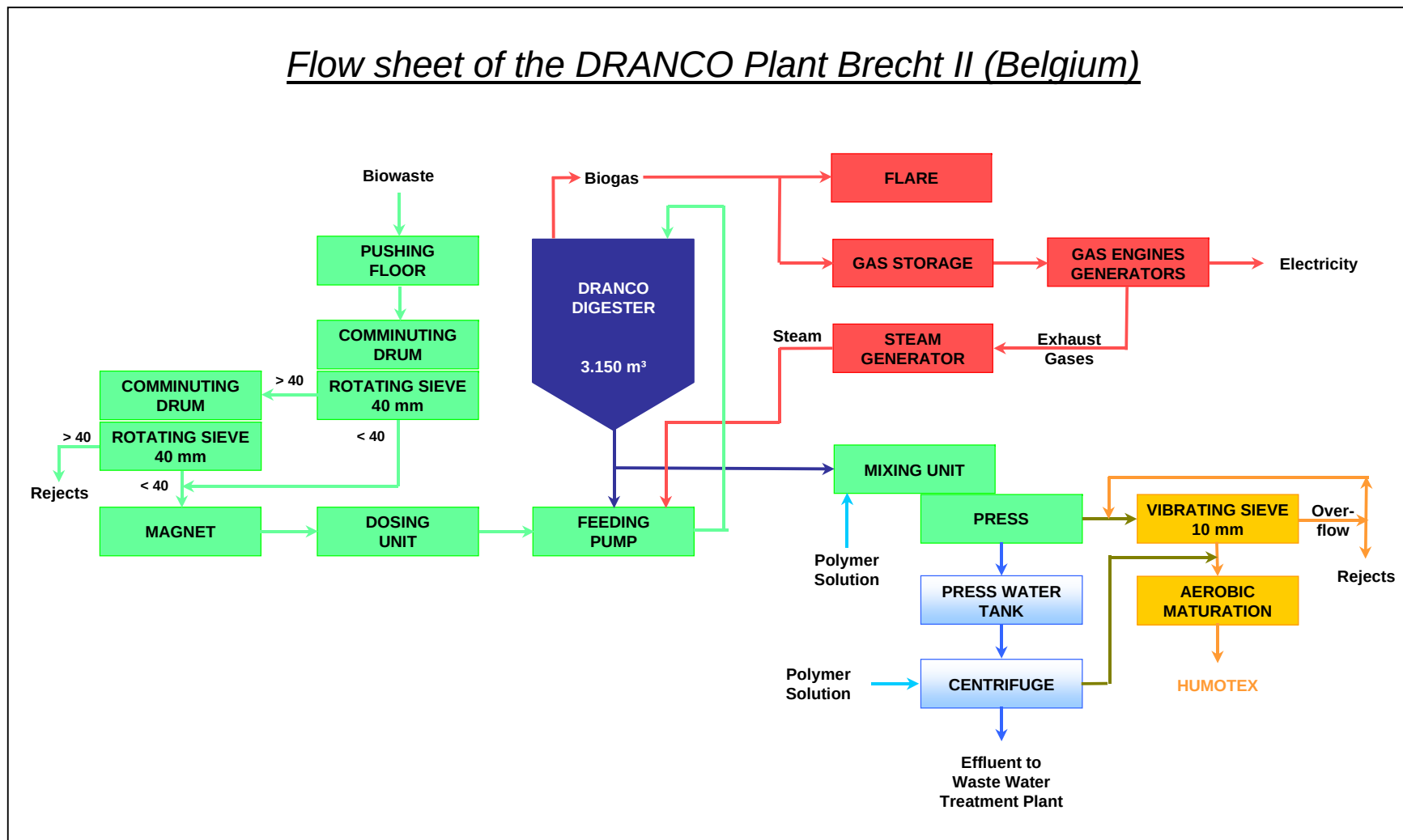
En el procés de metanització es poden diferenciar quatre fases:

1. En primer lloc els residus són inspeccionats visualment i s'eliminen els objectes voluminosos que hi pugui haver.
2. A continuació es realitza un pre-tractament de la matèria orgànica per eliminar les bosses de plàstic i altres impropis. Els residus són mesclats amb aigua i centrifugats, fins convertir-los en un líquid orgànic. Una rastelladora elimina els plàstics i altres impropis d'aquest líquid, que són enviats a l'abocador.
3. La matèria orgànica es trasllada a un digestor anaerobi. Actualment s'està planificant la construcció d'un co-generador annex per a transformar el biogàs generat en el procés de fermentació anaeròbia en electricitat. Abans del seu trasllat al digestor aerobi s'elimina l'excés d'aigua de la matèria orgànica mitjançant un premsat.
4. Finalment, la matèria orgànica és transportada al digestor aerobi, on després d'uns sis mesos finalitza la transformació en compost.

Un altre exemple de metanització de bolquers juntament amb els residus orgànics municipals és el de Brecht (Bèlgica).¹⁹ En aquest municipi es recull el paper no reciclable (tovallons de paper, mocadors d'un sol ús, etc.) i els bolquers juntament amb les restes de poda i les restes de menjar, conformant la fracció anomenada "biowaste+", que conté fins a un 10% d'impropis. El procés de tractament biològic es realitza a la planta Brecht II, amb la tecnologia de tractament DRANCO, desenvolupada per Organic Waste Systems i posada en funcionament el gener del 2000.

¹⁹ Gellens et all., 1995

Figura 3. Procés de tractament de residus a la planta Brecht II (Bèlgica)



Font: www.ows.be.

Amb una entrada de materials d'aproximadament 55.000 tones/any, es generen unes 2.500 tones/any de rebuig, 22.000 tones/any de compost i 1,3 MW d'electricitat, de la que un 70% és exportada a la xarxa general. El compost produït compleix els requisits de la normativa belga com a corrector del sòl.²⁰

4.4. Compostatge

4.4.1. Estudis científics i proves pilot sobre el compostatge de bolquers

Des dels anys 90 s'han realitzat a nivell de laboratori diversos estudis sobre el compostatge dels bolquers d'un sol ús, així com alguns dels seus components. Tot i que l'escala de les proves realitzades és petita i la majoria dels estudis estan enfocats a aspectes molt concrets del procés, en general les conclusions són positives. En el quadre següent es resumeixen les principals conclusions d'aquests estudis:

²⁰ De Baere, 2008.

Taula 14. Resum de treballs científics referents a la biodegradació de bolquers

Autors	Any	Objectiu	Conclusions
Stegmann <i>et al.</i>	1993	Estudiar el comportament del SAP hidratat en abocadors i procés de compostatge.	El SAP no representa un impediment per al procés de degradació dels bolquers. La major part del material queda retingut amb la matèria orgànica, mentre que una petita part (menys d'un 6,4%) es biodegrada i un 2% apareix al lixiviat.
Gerba <i>et al.</i>	1995	Estudiar la presència d'agents patògens en residus urbans.	No es detecten virus o àcid nucleic intacte després d'un procés de compostatge de 175 dies.
Cook <i>et al.</i>	1997	Estudiar el procés de compostatge del SAP juntament amb RM.	Durant el procés de compostatge només es degraden les partícules de baix pes molecular (un 8% del total), que són les que presenten major mobilitat. La resta conserva la seva estructura molecular al final del procés.
MacLeod <i>et al.</i>	1998	Comprovar els efectes de compost realitzat amb i sense bolquers en cultius de civada i patata, farratges.	L'augment de la productivitat dels cultius és similar amb els dos tipus de compost utilitzats. Manquen estudis sobre l'absorció de metalls pesants en la patata.
Espinosa <i>et al.</i>	2003	Estudiar la biodegradabilitat dels bolquers.	El procés de biodegradació dels bolquers es dona en condicions aeròbies a temperatures de més de 60°C i pH inferiors a 5,8. En aquestes condicions la matèria orgànica decreix en un 56% i la concentració de nitrogen augmenta un 48%.

Font: elaboració pròpia.

4.4.2. Experiències de compostatge de bolquers a nivell regional

El SIVOM és la mancomunitat encarregada de la gestió de residus a 80 municipis rurals de la zona de Bapaume (França). Compta amb una població d'uns 30.000 habitants, repartits en habitatges unifamiliars i en petites poblacions. L'any 1998 es va iniciar una prova pilot de recollida de residus orgànics, en la que s'inclouen els bolquers d'un sol ús. Degut als resultats satisfactoris, la recollida de matèria orgànica es va estendre a la resta de la població i actualment es dona servei al 92% de la població de la regió.²¹ Les principals característiques de la implantació són:

- El programa de recollida selectiva de matèria orgànica inclou uns 20.000 habitatges.
- La recollida orgànica es realitza porta a porta un cop a la setmana per als habitatges unifamiliars (un 70% del total) en un contenidor verd de 120 litres repartit gratuïtament per la mancomunitat. Els residus vegetals s'han de portar a la deixalleria.
- La resta de materials reciclables es recullen en contenidors blaus situats a punts estratègics. El rebuig també es recull porta a porta, un cop cada dues setmanes. Els residus especials han de ser portats a la deixalleria.
- Els residus acceptats en la recollida de matèria orgànica són: restes de menjar, envasos de cartró (excepte les caixes d'embalatge), paper i bolquers.
- El compost resultant es ven a una cooperativa agrícola de la zona, que alhora el comercialitza entre els seus afiliats i els assessora en la seva utilització.
- La qualitat del compost és elevada gràcies a una bona separació en origen. La mancomunitat realitza campanyes periòdiques i difon els resultats obtinguts per augmentar la conscienciació dels ciutadans.

Un cop recollits, els residus es transporten a la planta de compostatge de Bapaume, amb una capacitat de 7.000 tones anuals. En primer lloc tots els residus són triturats, i posteriorment se sotmeten a una descomposició aeròbica en piles de 37 m de llargària i 4 m d'amplada equipades amb airejadors, durant 4 setmanes. Després d'aquest període, el compost es garbella per separar els impropis i el material groller. Finalment, se sotmet a un procés de maduració de 2 a 3 mesos fins que la seva activitat biològica s'estabilitza. Al 2006 es van recollir selectivament 8.182 tones de residus biodegradables, dels quals 1.605 es van separar i incinerar i la resta va seguir el procés de compostatge.²²

²¹ Dirección General de Medio Ambiente, 2000.

²² Syndicat Mixte de la Région de Bapaume, 2006.

4.5. Altres experiències no finalistes de tractaments de bolquers

L'elevada proporció de cel·lulosa i matèria orgànica en els bolquers d'un sol ús ha motivat que des de la Universidad Autónoma Metropolitana (Mèxic) s'hagin realitzat diverses experiències per utilitzar aquest residu com a substrat per al cultiu de fongs.²³ Aquest tractament de biotransformació permetria per una banda minimitzar tant el pes com el volum dels residus a tractar i per l'altra produiria recursos alimentaris aptes per al consum humà i animal. Tot i que els resultats obtinguts en un primer moment foren positius, obtenint reduccions del 75% en pes i del 90% en volum i fongs sense patògens humans, els canvis en la composició dels bolquers han suposat un impediment important per a desenvolupar aquest tipus de tractament.

Mentre que als anys 90 la cel·lulosa suposava entre el 85 i el 90% en pes dels bolquers, actualment només suposa el 35% del total, quedant per tant el substrat potencial considerablement reduït. A més, l'augment progressiu de la quantitat de polímers superabsorbents (SAP) han fet que les micel·les dels fongs trobin dificultats per colonitzar el substrat, de manera que la degradació no es produeix.²⁴

²³ Nava, Espinosa, 1993.

²⁴ Delfín, Durán, 2003.

5. ESTUDI TÈCNIC SOBRE EL COMPOSTATGE DE BOLQUERS D'UN SOL ÚS²⁵

5.1. Objectiu de l'estudi

Amb la idea de conèixer la viabilitat tècnica del compostatge de FORM en presència de bolquers d'un sol ús, es van planificar una sèrie d'experiments per tal d'estudiar les possibilitats d'aquest procés, amb una especial atenció a les propietats del material final que s'obtingués. En tots els casos es va considerar que els bolquers havien d'estar prèviament triturats.

5.2. Metodologia experimental

La proposta experimental constava de tres fases clarament diferenciades, les dues primeres portades a terme als laboratoris del Grup de Compostatge de la Universitat Autònoma de Barcelona i la segona a les instal·lacions de la Mancomunitat la Plana:

- *Escala laboratori:* en aquesta primera fase es pretenia veure si la presència de bolquers suposava algun problema greu en la compostabilitat de dos residus orgànics d'elevada generació: FORM i fangs de depuradora. Amb aquest objectiu, es van dissenyar una sèrie de proves amb reactors de 4,5 litres de volum (Figura 4) que contenien diferents proporcions de bolquers i els corresponents controls (Figura 5), i es va seguir essencialment la temperatura de procés.

²⁵ Aquest capítol ha estat redactat pel Grup de compostatge de residus sòlids orgànics de la Universitat Autònoma de Barcelona. Es tracta d'un resum de l'estudi tècnic realitzat per aquest grup i que es pot consultar la informació detallada als Annexos 1, 2 i 3.

Figura 4. Muntatge experimental



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 5. Mescles inicials de FORM amb proporcions creixents de bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

- *Escala pilot:* en aquesta segona etapa es va procedir a estudiar el compostatge de FORM i fangs de depuradora amb proporcions elevades de bolquers a escala pilot (100 litres de volum) i seguiment complet de totes les variables de procés. L'objectiu d'aquesta fase era

determinar les condicions adequades per tal de dur a terme la prova final a escala real.

- *Escala real*: per últim, en aquesta fase es va dur a terme un procés en paral·lel de compostatge de FORM amb i sense bolquers. Els bolquers estaven en una proporció del 3%, similar a la generació d'aquest residu a Catalunya (Figura 6). La prova es va dur a terme a la planta de compostatge de la Mancomunitat la Plana, utilitzant el sistema de compostatge compostat per una primera descomposició en mòdul airejat (Figura 7) i una segona maduració en piles voltejades (Figura 8). Els objectius fonamentals d'aquesta fase foren dos: per una banda, comprovar que el procés industrial no presentava cap problema per la presència i bolquers i, per altra banda, caracteritzar els dos materials finals en aspectes claus com estabilitat, higienització i contingut en metalls pesants, de forma que es poguessin comparar a nivell quantitatiu.

Figura 6. Bolquers triturats



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 7. Mòdul de descomposició (FORM amb bolquers triturats)



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 8. Imatge de les dues piles de maduració a la part final del procés (front: sense bolquers; darrere: amb bolquers)



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

5.3. Resultats i conclusions més significatives

5.3.1. Escala laboratori

A nivell de laboratori, la incorporació de bolquers tant a FORM com a fangs de depuradora no va suposar cap impediment per al desenvolupament habitual del procés de compostatge, i es van assolir temperatures termòfiles pràcticament en totes les proporcions assajades. Al mateix temps, els nivells d'estabilització dels materials, tot i ser a escala laboratori, foren els adequats. L'aspecte negatiu de la prova fou que visualment s'observaren parts de bolquers no degradades, i per això la recomanació final va ser continuar amb les proves a escala pilot.

5.3.2. Escala pilot

Donades les limitacions del sistema utilitzat a escala laboratori, es portaren a terme experiments a escala pilot (100 litres de volum) amb FORM i fangs, i utilitzant proporcions de bolquers relativament altes (6% en el cas de la FORM i 10% en el cas dels fangs).

En el cas dels fangs de depuradora, les evolucions de temperatura, oxigen, diòxid de carboni i cabal d'aeració subministrat en el procés de compostatge seguien perfils típics a aquesta escala. Així, el material va assolir el rang de temperatures termòfil propi del procés de compostatge, tot i que la durada del mateix va ser molt curta, cosa que va comportar un nivell d'estabilització baix. Respecte l'impacte visual, com es pot observar a la Figura 9, la utilització de percentatges elevats de bolquers provocava un impacte important en l'aparença del compost, amb evidència de fibres de plàstic que no s'han descompost.

Figura 9. Imatges del material final (fangs de depuradora amb bolquers)



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Pel que fa referència a la FORM, el procés de compostatge va tenir un comportament diferent del cas del fangs de depuradora. En aquest cas, la major

activitat i biodegradabilitat de la FORM va provocar que el procés de compostatge fos més llarg i que les temperatures en el rang termòfil es mantinguessin durant un temps més prolongat. Des d'aquest punt de vista, es podia assegurar la higienització del material amb les temperatures assolides, un aspecte important si es barregen els bolquers amb FORM.

Al mateix temps, les necessitats d'aeració per tal d'assegurar un nivell d'oxigen adequat també van ser molt superiors. Aquest fet es va traduir en una major degradació de la matèria orgànica, que s'observava especialment en la disminució de l'índex respiromètric. En general, es pot considerar que la FORM tenia un procés de compostatge típic en condicions d'escala pilot i que els bolquers no tenien cap efecte negatiu en el mateix.

Com es pot observar a la Figura 10, la degradació a nivell visual dels bolquers amb la FORM era significativa, tot i que alguns dels components dels bolquers (superabsorbent i certes fibres plàstiques) s'identificaven clarament en el compost (Figura 11).

Figura 10. Imatge del material final (FORM amb bolquers)



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 11. Imatge del material final (FORM amb bolquers, detall del material)



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Com a conclusió d'aquesta fase es pot apuntar que l'aportació de bolquers d'un sol ús al compostatge de fangs o FORM no afecta negativament cap de les variables mesurades. Respecte als dos residus considerats, sembla més adequat utilitzar els bolquers com a cosubstrat per a materials més actius com la FORM, per tal que els bolquers tinguin una degradació i integració més visibles i es puguin assegurar les condicions d'higienització del material.

Finalment, es recomanava la realització d'una prova de compostatge de FORM i bolquers a escala real (amb un control de FORM), on a més dels paràmetres fins ara analitzats es proposava fer una anàlisi de microorganismes patògens en el material final i la caracterització completa del producte final per veure si els processos de garbellat final a escala industrial són capaços d'eliminar del compost final els materials no degradats procedents dels bolquers del compost final.

5.3.3. Escala real

Com a prova final, es va realitzar un procés de compostatge complet de FORM amb bolquers al 3% en pes i un control de FORM sense bolquers seguint la metodologia que es porta a terme a la Mancomunitat la Plana.

Des del punt de vista del **procés**, les variables analitzades presentaren valors molt similars i la presència de bolquers no va tenir cap efecte significatiu en el compostatge. Així, en relació a la temperatura, a la fase de descomposició les diferències eren mínimes i en tots els casos s'assoliren valors elevats de temperatura que s'expliquen per l'elevada biodegradabilitat de la FORM i que asseguraven una correcta higienització del material en tots els casos. Per altra banda, l'evolució d'altres paràmetres a les fases de descomposició i maduració foren també les típiques, excepte en el cas de la humitat, que va esdevenir

limitant durant l'etapa de maduració, i que va provocar que no s'assolissin els nivells d'estabilització esperats. De fet, en relació a l'índex respiromètric, la part més important de reducció de l'activitat va tenir lloc durant la fase de descomposició en mòdul, on partint de valors d'entre 5 i 6 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹ (que per altra banda es poden considerar representatius d'una FORM d'elevada puresa i eminentment vegetal) s'acaben obtenint valors al voltant de 2 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹, la qual cosa implica una reducció prou important per a un temps de compostatge relativament curt (5-6 setmanes) en un mòdul airejat però estàtic. Al mateix temps, es pot observar que en la primera etapa de la maduració (entre els dies 35 i 80 aproximadament) es produeix un nou descens de l'activitat respiromètrica fins a valors propers a 1 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹, que ja es podrien considerar satisfactoris. No obstant això, també cal destacar que el darrer període de maduració (entre els dies 80 i 170) no aporta cap millora en estabilitat, fet que probablement és degut a una limitació de l'activitat biològica deguda a un dèficit d'humitat.

Respecte de la **qualitat del compost final**, a la Taula 15 es mostren amb detall les propietats mesurades dels dos materials finals, obtinguts després de garbellar les piles de maduració. Cap dels dos materials garbellats presentava evidències de materials impropis, tot i que el material recirculat de la prova amb bolquers (la part que no travessava el garbell) sí que tenia algunes parts de bolquers no degradats (tot i que en una proporció visualment petita respecte de la resta d'impropis).

Taula 15. Caracterització dels materials finals en la prova de compostatge a escala real

Paràmetre	Compost sense bolquers	Compost amb bolquers
Humitat (%)	25,7	24,0
Matèria orgànica (% base seca)	63,1	56,0
pH (extracte 1:5)	9,05	8,05
Conductivitat elèc. (extracte 1:5, mS/cm)	2,01	1,98
N- Kjeldahl (% base seca)	2,33	1,94
Índex respiromètric (mg O ₂ g ⁻¹ MO h ⁻¹)	1,40	1,57
Test <i>Rottegrade</i> de maduresa (grau)	III	III
Densitat aparent (kg/L)	0,36	0,40
Porositat (espai lliure d'aire, %)	61	57
<i>E. coli</i> (UFC/g)	<10 (Absència)	20 (Absència)
<i>Salmonella</i> (Presència/Absència en 25 g)	Absència	Absència
Crom (ppm, base seca)	9	14
Níquel (ppm, base seca)	9	14
Plom (ppm, base seca)	28	26
Coure (ppm, base seca)	44	41
Zinc (ppm, base seca)	156	200
Mercuri (ppm, base seca)	0,06	0,09

Cadmi (ppm, base seca)	0,3	0,3
Crom hexavalent (ppm)	<0,50	<0,50

Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

A la Taula 16 es presenten alguns dels valors de referència del *Real Decreto 824/2005*, que regula l'ús de fertilitzants a Espanya, tot i que la informació que se sol·licita en aquest Decret és, al nostre entendre, molt limitada:

Taula 16. Valors de referència per a l'ús de fertilitzants definits pel *Real Decreto 824/2005*

Paràmetre	Valor límit		
Humitat (%)	30-40		
Matèria orgànica (% base seca)	>35		
Relació C/N	<20		
<i>E. coli</i> (UFC/g)	<1000		
<i>Salmonella</i> (Presència/Absència en 25 g)	Absència		
Crom (ppm, base seca) Classes A/B/C	70	250	300
Níquel (ppm, base seca) Classes A/B/C	25	90	100
Plom (ppm, base seca) Classes A/B/C	45	150	200
Coure (ppm, base seca) Classes A/B/C	70	300	400
Zinc (ppm, base seca) Classes A/B/C	200	500	1000
Mercuri (ppm, base seca) Classes A/B/C	0,4	1,5	2,5
Cadmi (ppm, base seca) Classes A/B/C	0,7	2	3
Crom hexavalent (ppm) Classes A/B/C	0	0	0

Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Les conclusions generals que es poden extreure dels valors de les Taules anteriors demostren que ambdós productes estan higienitzats, estabilitzats i són de gran qualitat. Al mateix temps, les diferències entre tots dos materials són molt baixes.

A nivell més concret:

- Les **propietats generals** són adequades per a un compost, amb un elevat contingut en matèria orgànica i una certa presència de nitrogen total. Les relacions C/N estimades d'acord amb el contingut de matèria orgànica (suposant un 55% de C en la matèria orgànica) estarien al voltant de 15-16, que també són correctes per a un compost final. Com ja s'ha comentat prèviament, el punt més allunyat dels valors normals de compost és la humitat, que és força baixa però està d'acord amb l'evolució del procés, ja que els regs han estat insuficients a l'etapa de maduració. També destaca un valor del pH que sembla excessivament alcalí per al compost sense bolquers, pel qual no es té una explicació raonable, i que podria ser degut a un possible error experimental.

- Quant a l'**estabilitat**, aquesta està d'acord amb el perfil obtingut de l'índex respiromètric durant el procés. Els valors finals obtinguts corresponen a un compost gairebé estable, tot i que la darrera part de la maduració, portada a terme en condicions de limitació per humitat, no ha permès que aquest valor fos encara millor. Per altra banda, respecte de les mostres finals de procés, s'observa un lleuger augment en l'índex respiromètric en les mostres de compost, una situació que és típica d'aquest índex i que és deguda a l'efecte de concentració de la matèria orgànica més biològicament activa (el compost) respecte de la menys activa (l'agent estructurant), que es dona quan es produeix el garbellat. Per altra banda, el grau de maduresa, amb un valor de III, corrobora els resultats de l'índex respiromètric, en el sentit que manca una certa maduració del material.
- La **higienització**, en ambdós casos, ha estat molt efectiva, no detectant-se cap dels microorganismes patògens regulats a la legislació. Òbviament, els nivells de temperatura assolits i els voltejos realitzats són adequats per assegurar que es tracta d'un compost plenament higienitzat.
- Per últim, i en relació a la presència de **metalls pesants**, els nivells detectats a tots dos materials són molt baixos. En concret, tots dos entrarien en la classe A definida al Real Decreto 824/2005, que és la base de la legislació espanyola de fertilitzants. L'única excepció seria el cas del zinc per al compost amb bolquers, que dona un valor coincident amb el límit de la classe A de compost. Tot i que a nivell estadístic no es poden treure conclusions validades donat que només es disposa de dues mostres, podria ser que aquesta concentració superior en zinc fos deguda a la seva presència en els excrements infantils i/o a l'ús de cremes antisèptiques per a la pell dels nens, que solen contenir aquest metall. Per als altres metalls, les diferències entre els dos materials són poc significatives, ja que tots els valors estan molt allunyats dels límits.
- Un aspecte que no s'ha analitzat en aquest estudi és la possible presència en el compost dels **polímers superabsorbents** que s'utilitzen actualment en la fabricació de bolquers d'un sol ús. S'entén que aquests polímers són de baixa biodegradabilitat i, per tant, romandran majoritàriament al compost. De totes formes, a la prova realitzada a escala real, no es van observar restes d'aquests materials. També creiem que seria pràcticament impossible detectar-los a nivell analític ja que no es tenen dades concretes de la seva composició i que l'única forma de saber si provoquen alguna alteració en la qualitat del compost seria fent proves agronòmiques a escala real.

Per últim, a les Figures 18 i 19 es presenten els detalls dels materials finals:

Figura 12. Material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 13. Material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 14. Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 15. Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 16. Detall del rebuig del material reciclat procedent del garbellat de la pila amb bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 17. Comparativa de rebutjos



Nota: esquerra sense bolquers, dreta amb bolquers.

Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 18. Compost final procedent del garbellat de la pila amb bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

Figura 19. Compost final procedent del garbellat de la pila sense bolquers



Font: Departament d'Enginyeria Química de l'UAB.

5.4. Conclusions finals

Dels resultats obtinguts en aquest estudi tècnic es pot concloure que:

- L'aportació de bolquers en un 3% en pes sobre la FORM no té cap efecte rellevant sobre el procés de compostatge, que es desenvolupa amb total normalitat i seguint les evolucions típiques de tots els paràmetres analitzats.
- Els bolquers tampoc tenen cap efecte significatiu sobre la qualitat del compost final en els paràmetres que s'han analitzat, ja que en ambdós casos es pot considerar que s'obté un compost de qualitat, suficientment estabilitzat i higienitzat.
- Visualment, no s'han observat restes de polímers superabsorbents al producte final, tot i que s'entén que són de baixa biodegradabilitat i que majoritàriament s'incorporaran al compost final.
- Tot i que algunes parts del bolquers no queden degradades, aquestes són separades de forma efectiva en el garbellat. És evidentment que al llarg de successius períodes de compostatge, aquestes parts s'acabarien acumulant en el material recirculat, però donada la proporció d'aquest material, sembla que l'efecte seria mínim. Per tal d'assolir conclusions definitives, aquesta incorporació de bolquers a la FORM hauria de fer-se durant períodes més llargs, amb diferents recirculacions.
- En FORMs amb un contingut d'impropis més elevat, i en plantes on els sistemes de refinat són més complets, encara sembla que l'efecte dels bolquers hauria de ser menor.
- No queda clar si l'augment de zinc en el compost amb bolquers deriva de la seva presència en els excrements infantils o és una conseqüència de l'ús de certs productes que acaben als bolquers. En tot cas, s'hauria de tenir en compte aquest punt en futures decisions.

6. PROPOSTA DE GESTIÓ DELS BOLQUERS D'UN SOL ÚS

En els capítols anteriors s'ha vist com els bolquers d'un sol ús per a nens representen a Catalunya l'1,5% del total de residus generats, és a dir, unes 57.400 tones anuals, considerant dades de l'any 2004. Aquests residus són majoritàriament orgànics, amb un percentatge de materials impropis (plàstics, gomes, SAP, adhesius) inferior a la mitjana d'impropis presents a recollida selectiva de matèria orgànica. Cal tenir en compte, però, que en algunes plantes de compostatge on es tracta FORM amb un baix percentatge d'impropis, com és el cas de la Mancomunitat La Plana, la recollida conjunta de bolquers d'un sol ús amb la FORM sí que suposaria un augment relatiu dels impropis.

En les proves a escala de laboratori, escala pilot i en planta que han estat realitzades en el marc d'aquest projecte pel Grup de compostatge de residus sòlids orgànics de l'UAB, s'ha vist que l'addició de bolquers d'un sol ús a la FORM no suposa cap impediment en el procés de compostatge ni en l'estabilitat i higienització del compost (veure capítol 5).

Tanmateix, l'addició de bolquers a la FORM en el procés de compostatge implica la incorporació al compost final dels SAP, ja que segons la bibliografia analitzada, aquests polímers queden majoritàriament sense degradar després del procés de compostatge. Tot i que es tracta de compostos en principi no tòxics, es desconeix el seu comportament a llarg termini en el medi ambient i els seus possibles efectes en cas que aquest compost s'utilitzi en aplicacions agrícoles. També cal tenir en compte que en l'estudi tècnic realitzat es va detectar un augment de la concentració de zinc en el compost resultant (veure Taula 15), possiblement a causa de la seva presència en els excrements infantils i/o de la utilització d'aquest metall en cremes per a la pell dels nadons. Tot i que no es poden treure conclusions estadísticament significatives, la concentració de zinc registrada en el compost final es troba al límit del líndar de referència del *Real Decreto 824/2005* (veure Taula 16). Aquests dos elements (SAP i zinc) podrien perjudicar la qualitat del compost final i limitar la seva aplicació a l'agricultura, i conseqüentment també dificultar la seva venda al sector agrícola.

Degut a les incerteses pel que fa a les repercussions en l'agricultura de les molècules de SAP i del possible augment de la concentració de zinc, no es considera prudent la recollida dels bolquers juntament amb la FORM i el seu tractament en plantes de compostatge. Tot i així, es recomana continuar investigant els següents aspectes:

- Determinar si l'augment de la concentració de zinc i d'altres metalls pesants en el compost provinent de FORM amb bolquers és atribuïble a

aquests. Per exemple, determinant la concentració dels metalls en el bolquer usat.

- Realitzar estudis agronòmics per estudiar el comportament de les molècules de SAP en el sòl a llarg termini i la seva influència en diferents cultius.
- Estudiar el possible tractament de bolquers d'un sol ús en plantes de metanització.
- Estudiar la influència dels bolquers d'un sol ús per a adults en els tractaments mencionats als punts anteriors, ja que la seva composició i característiques varien respecte de les característiques dels bolquers per a nens.

Tenint en compte aquests resultats i els tipus de recollida selectiva i tractament de la FORM a Catalunya, s'han realitzat propostes per a la gestió dels residus de bolquers d'un sol ús. Es presenten en primer lloc propostes per als municipis amb recollida selectiva porta a porta i en segon lloc propostes per a la resta de municipis. La distinció es justifica perquè els primers disposen d'una quantitat important de bolquers recollits selectivament.

6.1. Propostes per a la gestió dels bolquers en els municipis amb recollida selectiva porta a porta

Per als municipis amb recollida selectiva porta a porta es planteja recollir separatament els bolquers d'un sol ús i portar-los a plantes de tractament mecànic-biològic, quan existeixi una planta de tractament a una distància raonable. El tractament mecànic-biològic permetria la degradació i estabilització de la matèria orgànica present en el bolquers i la seva transformació en un compost de menor qualitat però probablement apte per a certes aplicacions. El compost resultant del tractament en aquestes plantes no té com a destinació final l'agricultura, pel que la presència del SAP i el possible augment de la concentració de zinc no suposarien un impediment. A més, les plantes de tractament mecànic-biològic estan preparades per rebre un percentatge d'impropis molt superior al que representen els plàstics i altres materials no orgànics en els bolquers, i per tant l'aportació d'aquests no suposaria un empitjorament global dels materials entrants, sovint el contrari.

Actualment a la majoria de municipis amb recollida selectiva porta a porta ja es recullen separatament els bolquers alguns dies a la setmana (els dies en què es realitza la recollida de la FORM o els reciclables), però també es recullen juntament amb la fracció resta els dies que es recull aquesta fracció. Es plantejaria, per tant, que els bolquers inclosos en la fracció resta es recollissin també en bosses separades. Per als municipis que actualment ja realitzessin un tractament mecànic-biològic de la fracció resta això no tindria sentit, i es podria

continuar amb el mateix sistema de recollida actual.²⁶ Segons les previsions del PROGEMIC 2007-2012 i del Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures de Gestió de Residus Municipals 2005-2012 aquest serà el cas de la totalitat de municipis de Catalunya a mig termini.

La separació dels bolquers de la fracció resta no suposaria un gran augment dels costos de gestió ni canvis importants per a la població implicada, atès que en el seu cas l'hàbit de separar els bolquers de la resta de residus ja es troba incorporat. Altrament, en el cas que alguns municipis ho considerin més adequat, podrien continuar recollint alguns bolquers amb la fracció resta i portar a plantes de tractament mecànic-biològic només els bolquers recollits separatament.

Per disminuir els costos de transport i l'impacte ambiental associat (i segons la distància a la planta de tractament més propera i la generació de bolquers de cada municipi) s'hauria d'estudiar quina seria la freqüència més apropiada de transport dels bolquers a la planta de tractament. A l'apartat 6.4.1 es mostren els costos estimats mitjans per a Catalunya, suposant una freqüència setmanal de transport, de manera que caldria emmagatzemar temporalment els bolquers abans de transportar-los a la planta de tractament.

6.2. Propostes per a la gestió dels bolquers a la resta de municipis

En el cas dels municipis amb recollida amb contenidors en superfície, contenidors soterrats i recollida pneumàtica, es proposa continuar amb l'actual sistema de recollida dels bolquers amb la fracció resta, ja que el cost associat a la recollida segregada dels bolquers per el seu transport a plantes de tractament es considera massa elevat en relació amb els beneficis ambientals potencials. Tanmateix, l'objectiu a mig termini, d'acord amb el PROGEMIC 2007-2012 i el Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures de Gestió de Residus Municipals 2005-2012, seria que la totalitat dels residus recollits amb la fracció resta es portessin a plantes de tractament per a la seva estabilització i recuperació dels materials reciclables. En el Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures es preveu la construcció de 25 noves plantes de tractament de la fracció resta/FIRM.

6.3. Resum de les propostes de recollida i tractament del bolquers d'un sol ús

En el quadre següent s'esquematitzen les propostes explicades als apartats 6.1 i 6.2:

²⁶ Actualment només es troba en aquesta situació el municipi de Tiana.

Taula 17. Resum de propostes per al tractament de bolquers d'un sol ús

Marc actual			PROGREMIC	
	Recollida	Tractament	Recollida	Tractament
Recollida PaP	Continuar recollint per separat els bolquers que ja es recullen selectivament	Tractament mecànic-biològic	Continuar amb el sistema de recollida actual	Tractament mecànic-biològic
	En cas que existeixi una planta de TMB propera: recollida segregada de tots els bolquers (inclosos els de la fracció resta)			
	En cas que no existeixi planta de TMB propera: continuar amb el sistema de recollida actual	Abocador/Incineradora	-	-
Rest a de recollides	Continuar amb el sistema de recollida actual	Abocador/Incineradora	Continuar amb el sistema de recollida actual	Tractament mecànic-biològic

Font: elaboració pròpia.

6.4. Estimació de costos

En aquest apartat s'estimen els costos que suposaria el desenvolupament de les propostes descrites a l'apartat anterior. En primer lloc es descriuen els costos en el marc actual (amb les infraestructures disponibles actualment) i en segon lloc els costos en el moment que el PROGEMIC 2007-2012 es trobi desplegat.

6.4.1. En el marc actual

El cost d'implementació del sistema de gestió proposat vindria donat per l'augment del cost de recollida i tractament dels bolquers als municipis amb recollida selectiva porta a porta, ja que per a la resta de municipis el sistema proposat no difereix de l'actual.

En els municipis amb recollida selectiva porta a porta, existiria en primer lloc un augment del cost degut a l'increment del temps que suposaria la recollida dels bolquers separatament de la fracció resta:

Taula 18. Costos de la recollida de bolquers en bosses separades de la fracció resta a Catalunya i a la Mancomunitat La Plana

	Mancomunitat La Plana	Catalunya
Habitants	14.665	340.000
Bolquers recollits amb la fracció resta (tones/any)	33	763
Cost atribuïble a la recollida de bolquers (€/hab/any) ¹	0,23	0,28 ²
Costos totals (€/any)	3.408	95.779

1. S'ha calculat suposant una mitjana de la recollida de fracció resta d'1,55 cops per setmana i un increment del temps de recollida de 15 segons per família amb recollida de bolquers.

2. S'ha calculat multiplicant el cost per habitant i any a la Mancomunitat La Plana per un coeficient de ponderació d'1,21, corresponent a la divisió dels costos de recollida de la fracció resta als municipis amb recollida porta a porta de Catalunya pels costos de recollida a la Mancomunitat La Plana.

Font: elaboració pròpia.

A aquest cost de recollida se li hauria de restar el cost evitat de recollida de bolquers amb la fracció resta, que seria d'entre 0 i 2.103 €/any per la Mancomunitat La Plana i d'entre 0 i 89.990 €/any per a tota Catalunya (veure Taula 10).

Per altra banda, s'han de tenir en compte també els costos de transport fins a la planta de tractament mecànic-biològic dels bolquers. Actualment els municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya es troben a una distància mitjana de les plantes de tractament mecànic-biològic d'uns 95 km. Considerant un cost de transport de 47 €/hora, una velocitat mitjana del vehicle de recollida de

50 km/h²⁷ i una freqüència de transport setmanal, els costos per a tots els municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya serien de 575.806 €/any. Per al cas de la Mancomunitat La Plana, on el cost de transport és de 39 €/hora i la distància a la planta de Moncada i Reixac (la més propera de les que estan en funcionament actualment) seria d'uns 50 km, el cost per any seria de 4.056 €/any.

Finalment, s'ha d'afegir la diferència del cost entre el tractament actual dels bolquers i el tractament mecànic-biològic. Per als municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya el cost actual de tractament dels bolquers seria al voltant de 120.000 €/any i el cost de tractament mecànic-biològic seria d'uns 130.000 €/any (veure Taula 19). Per a la Mancomunitat La Plana, el cost de deposició en abocador dels bolquers d'un sol ús s'estima en 4.945 €/any, incloent el cànon de deposició, mentre que el cost del tractament mecànic-biològic seria de 5.667 €/any.

Taula 19. Diferència dels costos estimats de tractament actuals i amb el sistema de tractament proposat per als municipis amb recollida selectiva porta a porta de Catalunya

Sistemes de tractament actuals				
	Abocador	Incineració	Tractament mecànic-biològic	Total
Tones de bolquers tractades	2.350	487	29	2.866
Cost de tractament	70.504	19.489-24.361	1.314	91.307-96.179
Cànon de residus	23.501	2.436	Cànon i retorn inclosos en el cost de tractament	25.937
Total				117.244-122.116
Sistema de tractament proposat				
	Abocador	Incineració	Tractament mecànic-biològic	Total
Tones de bolquers tractades	0	0	2.866	2.866
Cost de tractament	0	0	131.378	131.378

²⁷ Per a l'estimació d'aquesta velocitat mitjana s'han tingut en compte, a més del temps de transport del punt d'origen a la planta de tractament, el temps de càrrega i descarrega i el temps d'entrada i sortida dels vehicles del garatge.

Cànon de residus	0	0	Cànon i retorn inclosos en el cost de tractament	0
Total				131.378
Diferència				14.134-9.262

Nota: cost de tractament calculat en base al costos unitaris publicats al PROGEMIC 2007-2012 (veure Taula 11).

Font: elaboració pròpia.

Amb les dades anteriors es pot calcular quina és la diferència de cost entre la recollida i el tractament actual dels bolquers d'un sol ús i la gestió proposada (resultant del major cost de la recollida separada dels bolquers en els municipis porta a porta, el seu transport a plantes de tractament i la diferència entre el tractament actual i el tractament mecànic-biològic). Per a la Mancomunitat La Plana la separació de bolquers d'un sol ús i el seu transport i tractament en plantes de tractament mecànic-biològic suposaria un increment del cost d'entre 6.083 i 8.186 €/any, mentre que per a tota Catalunya l'augment seria d'entre 590.858 €/any i 685.719 €/any.

6.4.2. En el marc del desenvolupament del PROGEMIC 2007-2012

El PROGEMIC 2007-2012 preveu que al 2012 s'hagi finalitzat la construcció de 25 noves plantes de tractament mecànic-biològic que juntament amb les 4 actuals tinguin capacitat per tractar els residus de la fracció resta de tots els municipis de Catalunya. En aquest escenari els bolquers d'un sol ús serien sotmesos a tractament juntament amb la fracció resta, tant en els municipis amb recollida porta a porta (s'hagin o no recollit selectivament) com en la resta de municipis.

La diferència del cost entre la gestió actual dels bolquers d'un sol ús i la seva gestió en l'escenari proposat pel PROGEMIC vindria donada pel major cost que suposa el seu tractament en plantes de tractament mecànic-biològic respecte dels actuals tractaments finalistes. La recollida dels bolquers s'estima que tindria aproximadament el mateix cost ja que el nombre i distribució de plantes de tractament mecànic-biològic previstes i el nombre i distribució dels abocadors coincideix en un 75%. A la Taula 20 i a la Taula 21 es mostren els costos estimats per a Catalunya i per a la Mancomunitat La Plana.

Taula 20. Diferència dels costos actuals i a mitjà termini del tractament de bolquers a Catalunya

	Actual	PROGEMIC	Diferència
Tones bolquers (Tn/any)	57.433	57.433	
Cost tractament (€/any)	1.918.488- 2.052.192	2.933.655	
Cànon de residus (€/any)	468.454	Cànon i retorn	

		inclosos en el cost de tractament	
Cost total (€/any)	2.386.942- 2.520.646	2.933.655	546.713-413.009

Nota: s'han utilitzat els costos unitaris de tractament per al 2012 previstos a l'Annex 9 del PROGEMIC 2007-2012.

Font: elaboració pròpia.

Taula 21. Diferència dels costos actuals i a mitjà termini del tractament de bolquers a la Mancomunitat La Plana

	Actual	PROGEMIC	Diferència
Tones bolquers (Tn/any)	124	124	
Cost tractament (€/any)	3.709	6.314	
Cànon de residus (€/any)	1.236	Cànon i retorn inclosos en el cost de tractament	
Cost total (€/any)	4.945	6.314	1.370

Font: elaboració pròpia.

Com es pot observar, un cop implantat el PROGEMIC, la recollida i el tractament de bolquers d'un sol ús tindria un cost estimat d'entre 3.118.652 i 7.082.866 €/any [suma dels costos de tractament (Taula 20) i dels costos de recollida i transport (Taula 7, Taula 9 i Taula 10)] per a tota Catalunya, és dir, entre un 6,19 i un 21,26% més que el cost actual.

6.5. Introducció d'un Sistema Integrat de Gestió per als bolquers d'un sol ús

La gestió dels residus mitjançant Sistemes Integrats de Gestió (SIG) es va introduir a Espanya amb la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases, que suposà la transposició de la Directiva 94/62/CE, relativa als envases i residus d'envases. Amb posterioritat, s'han aprovat altres normes de rang estatal o europeu que obliguen als productors de certs productes (com ara RAEE, fàrmacs, pneumàtics, piles o vehicles) a adherir-se a un SIG o a autogestionar els residus generats. Aquesta possibilitat es recull a la Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos, que a l'article 1.2 preveu que *"El Gobierno podrá establecer normas para los diferentes tipos de residuos, en las que se fijarán disposiciones particulares relativas a su producción i gestión"*. I posteriorment als articles 7.1 i 8 estableix:

- art. 7.1: *"Sin perjuicio de las normas adicionales de protección que, en su caso, dicten las Comunidades Autónomas, el productor, importador, o adquirente intracomunitario, agente o intermediario, o cualquier otra persona responsable de la puesta en el mercado de productos que con*

su uso se conviertan en residuo, podrá ser obligado de acuerdo con las disposiciones que reglamentariamente apruebe el Gobierno a: [...] b) Hacerse cargo directamente de la gestión de los residuos derivados de los productos, o participar en un sistema organizado de gestión de dichos residuos, o contribuir económicamente a los sistemas públicos de gestión de residuos, en medida tal que se cubran los costos atribuibles a la gestión de los mismos”.

- art. 8: *“para el cumplimiento de todas o alguna de las obligaciones previstas en el apartado 1 del artículo anterior, los responsables de la puesta en el mercado de producto que con su uso se conviertan en residuos podrán organizar sistemas propios de gestión mediante la celebración de acuerdos voluntarios aprobados o autorizados por las administraciones competentes, o mediante convenios de colaboración con éstas”.*

Pel que fa a la normativa autonòmica, la Llei 6/1993, de 15 de juliol, reguladora dels residus, estableix en el seu article 5.1 que *“Mitjançant disposició reglamentària s’ha de regular la gestió de categories determinades de residus la naturalesa, les característiques o l’especial problemàtica i la necessària adaptació al progrés científic i tècnic dels quals ho exigeixin”.*

En el cas dels bolquers d'un sol ús, la definició com a “producte que amb el seu ús es converteix en residu” (art. 7.1 de la Llei 10/1998) s’ajustaria perfectament a les característiques d’objecte que permet al Govern estatal habilitar les conseqüents mesures. Segons la normativa, per tant, els productors i comercialitzadors de bolquers d'un sol ús podrien ser obligats a participar en un Sistema Integrat de Gestió. A diferència dels envasos o altres productes, en aquest àmbit aquesta seria la millor solució, atès que les altres dues opcions que dóna la llei (gestió dels residus per part dels fabricants o participació en sistemes de dipòsit, devolució i retorn) són a la pràctica inviables en el cas dels bolquers d'un sol ús.

El SIG s’hauria de fer càrrec dels costos de recollida i tractament dels residus en plantes de tractament mecànic-biològic. Els fabricants o responsables de la primera posada al mercat dels bolquers haurien d’adherir-se al SIG, tant en cas de fabricants espanyols com en el cas d’empreses estrangeres.

A l’apartat 6.4.2 s’ha vist que el cost de la recollida i tractament dels bolquers en plantes de tractament mecànic-biològic en el marc del PROGEMIC 2007-2012 seria d’entre 3.118.652 i 7.082.866 €, entre 546.713 i 413.009 € més que el cost actual de recollida i tractament finalista (abocador o incineradora). A la següent taula es poden observar els costos unitaris i totals de gestió que haurien d’assumir els SIG:

Taula 22. Costos totals, unitaris i per tona de la recollida i tractament de bolquers actualment, amb la implantació del PROGREMIC i diferència entre els dos escenaris

Unitats	Cost actual	Cost en el marc del PROGREMIC
Cost total	2.571.939-6.669.857	3.811.652-7.082.866
Cost unitat	0,0095-0,0246	0,0115-0,0261
Cost/tona	45-116	54-123

Font: elaboració pròpia.

L'aportació per unitat que haurien de fer els fabricants per cobrir els costos de recollida i tractament dels bolquers quan es desplegui el PROGREMIC seria d'entre 0,0115 i 0,0261 € per bolquer posat al mercat.

L'obligació de participar en un SIG implicaria la internalització dels costos de la gestió dels residus per part dels fabricants i amb tota probabilitat l'augment del preu dels bolquers d'un sol ús. Actualment aquests costos són traslladats al conjunt de la societat, ja que la gestió dels residus generats per l'ús dels bolquers és assumida per l'administració pública.

Un augment de preu dels bolquers d'un sol ús degut a la internalització dels costos ambientals podria beneficiar l'ús de bolquers reutilitzables. També podria afavorir la recerca i la producció de bolquers més fàcilment reciclables, particularment si s'establissin diferents quantitats a aportar al SIG en funció de les característiques ambientals de les unitats posades al mercat.

Finalment, la introducció d'un SIG per als bolquers d'un sol ús tindria també un valor com a mitjà de conscienciació de tota la cadena productiva i de comercialització del producte, donant rellevància als residus generats al final de la seva vida útil i introduint aquesta variable en el procés.

7. AVALUACIÓ DE LA INCIDÈNCIA DEL MODEL DE GESTIÓ PROPOSAT

En aquest apartat s'avaluen els possibles efectes del model de gestió de bolquers d'un sol ús descrits en el capítol anterior, tant sobre les instal·lacions de tractament previstes com sobre el medi ambient.

7.1. Estimació del potencial d'estabilització i de la incidència en les plantes de tractament

El model de gestió proposat no persegueix la recuperació dels bolquers, sinó un tractament mecànic-biològic que en garanteixi la seva estabilització. Segons els escenaris descrits al capítol anterior (sistema de recollida i tractament actual o sistema previst al PROGEMIC), es pot estimar el potencial de bolquers d'un sol ús que podrien ser estabilitzats.

En primer lloc, per al sistema de recollida i tractament proposat considerant les instal·lacions actualment existents respecte de la situació actual s'estabilitzarien els bolquers generats i recollits selectivament en municipis amb recollida porta a porta. A la taula següent es presenten les estimacions per a Catalunya i per a la Mancomunitat La Plana:

Taula 23. Resum de generació de bolquers a la Mancomunitat La Plana i als municipis amb recollida porta a porta de Catalunya

	Mancomunitat La Plana	Catalunya
Població en municipis PaP	14.665	340.000
Nens amb bolquers en municipis PaP	259	6.015
Generació de bolquers per nen (kg/any)		476,5
Generació de bolquers total (tn/any)	124	2.866

Font: elaboració pròpia.

Com s'ha vist l'apartat 6.4.1, els costos de transport dels bolquers a plantes de tractament mecànic-biològic serien elevats en els casos en què els municipis d'origen es trobessin allunyats de l'Àrea Metropolitana de Barcelona, on actualment es troben les plantes de tractament. A més, l'impacte ambiental associat a aquest transport també seria considerable. Els municipis amb recollida porta a porta que es troben a una distància de menys de 50 km de les plantes de tractament mecànic-biològic tenen una població total de 160.000 persones, el que suposa una generació de bolquers anual estimada de 1.349 tones.

Per altra banda, s'ha calculat la quantitat de bolquers que podrien ser estabilitzats en el moment en què s'hagi desplegat el PROGEMIC 2007-2012, en el que tant

els bolquers recollits amb el sistema porta a porta com amb la resta de sistemes de recollida es portaran a tractament mecànic-biològic. Els bolquers tractats significarien unes 57.400 tones anuals, és a dir, l'1,5% del total de residus generats a Catalunya (veure apartat 3.1).

Cal tenir en compte, però, que segons les dades de composició dels bolquers exposades a l'apartat 3.1, el 12,6% dels bolquers tractats no es podrien estabilitzar, ja que es tracta de materials no orgànics que tindrien com a destinació final l'abocador o la incineradora.

Pel que fa a la incidència sobre les plantes de tractament, es considera que la introducció de bolquers d'un sol ús juntament amb la fracció resta no tindria efectes sobre les plantes actuals de tractament, degut en primer lloc al volum baix que representen aquests residus en comparació al volum total tractat, i en segon lloc, degut a que presenten una quantitat d'impropis molt inferior a la de la fracció resta d'entrada als Ecoparcs, on la matèria orgànica és un 30-40% del total.²⁸ Els mecanismes de separació d'impropis dels Ecoparcs estan preparats per funcionar amb materials d'aquestes característiques, pel que l'addició de bolquers en concentracions més elevades de les habituals²⁹ no hauria de suposar cap impediment.

7.2. Estimació de les millores ambientals assolibles

Al capítol 2 s'ha vist com les principals problemàtiques ambientals derivades de la utilització de bolquers d'un sol ús són les associades a la seva fabricació i al seu tractament.

El desenvolupament de les propostes descrites al capítol 6 incidiria principalment en els impactes generats en el tractament dels bolquers. Escapa l'abast d'aquest treball analitzar en detall l'impacte ambiental evitat per les millores proposades, ja que això requeriria l'ús de tècniques complexes com l'anàlisi de cicle de vida. Tanmateix una primera aproximació de les millores assolibles seria:

- En primer lloc, s'evitaria la incineració d'un 13.370 tones de bolquers a l'any, en el moment en què tots els bolquers generats es portessin a plantes de tractament mecànic-biològic. Això evitaria l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i d'altres possibles substàncies més problemàtiques derivades de la combustió de components orgànics i polímers presents als bolquers.

²⁸ www.amb.cat/web/emma/residus/instalacions_equipaments/Ecoparcs/Ecoparc_Mediterrani [11 de febrer de 2009].

²⁹ S'ha de tenir en compte que actualment als Ecoparcs ja es tracten els bolquers recollits conjuntament amb la fracció resta.

- S'evitaria també l'abocament de 40.160 tones a l'any de bolquers no estabilitzats per a tota Catalunya. Això comportaria evitar problemes com l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, males olors, lixiviats, etc.
- En el cas que les plantes de tractament mecànic-biològic es trobessin més allunyades dels punts de generació que les actuals instal·lacions de disposició finalista, la reducció d'emissions seria menor.
- Es generarien unes 7.232 tones a l'any de rebuig, corresponents a les parts no orgàniques dels bolquers, que haurien de ser portades a abocador o incineradora.

8. CONCLUSIONS

Els bolquers d'un sol ús representen al voltant de l'1,5% en pes del total de residus generats a Catalunya i es calcula que actualment la seva recollida i tractament té un cost anual entre 2.571.939 i 6.669.857 euros. La seva composició heterogènia fa que actualment el destí final d'aquests residus sigui l'abocador o la incineradora, tot i que la matèria orgànica en bolquers usats suposa aproximadament el 87% del pes total. En municipis amb elevats nivells de recollida selectiva, com és el cas dels municipis de la Mancomunitat La Plana o la resta de municipis amb recollida selectiva porta a porta, els bolquers d'un sol ús representen un dels materials majoritaris de la fracció resta.

En el marc d'aquest projecte s'ha estudiat la possibilitat de tractar els bolquers amb fangs de depuradora o la FORM recollida selectivament, com a possibilitat alternativa als tractaments finalistes. En proves a escala laboratori, pilot i planta de compostatge, realitzades pel Grup de Compostatge de residus sòlids orgànics de la Universitat Autònoma de Barcelona, s'ha comprovat que l'adició de bolquers d'un sol ús en percentatges en una proporció aproximada a la real en la fracció resta no comporta cap impediment pel procés de compostatge, ni en la higienització del compost final. Tot i que hi ha parts dels bolquers que no es degraden (elàstics, part impermeable), aquestes sembla que es podrien separar de manera efectiva en el garbellat. S'ha detectat però un lleuger augment de la concentració de zinc en el compost final, que podria ser deguda a la seva presència en els excrements infantils i/o a la utilització d'aquest element en cremes per a la pell dels nadons. També cal destacar que es desconeix el grau de degradació del SAP (polímers super-absorbents d'elevat pes molecular i baixa biodegradabilitat que es troben a pràcticament la totalitat dels bolquers) i el seu comportament a llarg termini en el sòl. Caldria en aquest sentit desenvolupar estudis de més abast (com per exemple estudis agronòmics i introducció de bolquers en plantes de compostatge en períodes més llargs) que aclarissin aquestes incerteses.

Tenint en compte aquests resultats no es recomana en aquest moment la recollida dels bolquers d'un sol ús amb la FORM per al seu compostatge conjunt. Com a alternativa, i amb l'objectiu de estabilitzar la matèria orgànica present en els bolquers, es proposa la recollida segregada dels bolquers en els municipis amb recollida selectiva porta a porta (en què de fet ja es recullen separatament els dies de recollida de materials reciclables) i el seu transport a plantes de tractament mecànic-biològic per al seu tractament. Es calcula que això implicaria un augment de costos d'entre 590.858 i 685.719 euros anuals per a tota Catalunya. En els casos en que no existeixi una planta de tractament propera, o bé el tractament diferenciat de la fracció bolquers i la fracció resta impliqui una notable complicació en la logística, així com en municipis amb recollida en

contenidors o pneumàtica, es creu que els beneficis ambientals assolibles no justificarien els costos d'implantació d'aquesta mesura. A mig termini, amb el desenvolupament del PROGEMIC 2007-2012 i el Pla Territorial Sectorial d'Infraestructures de gestió de residus municipals 2005-2012, tota la fracció resta serà tractada en plantes de tractament mecànic-biològic, pel que la seva recollida segregada no serà necessària. El tractament de la totalitat de bolquers en plantes de tractament mecànic-biològic suposarà un augment de costos d'entre 413.009 i 546.713 euros anuals respecte del cost actual de recollida i tractament finalista (abocador o incineradora). Aquest increment de costos no seria exclusiu de la fracció bolquers, sinó que es donaria per a qualsevol quantitat de resta que passés de tenir un tractament finalista a ser destinada a plantes de tractament mecànic-biològic.

Altres possibilitats que es podrien estudiar serien el compostatge de bolquers amb fangs de depuradora a escala real, o la metanització dels bolquers.

Per altra banda, es proposa l'anàlisi de l'establiment d'un sistema integrat de gestió en el que s'integrin els productors i comercialitzadors de bolquers. La participació en un SIG implicaria la internalització dels costos de la gestió dels residus per part dels fabricants i amb tota probabilitat l'augment del preu dels bolquers d'un sol ús. Actualment aquests costos són traslladats al conjunt de la societat, ja que la gestió dels residus generats per l'ús dels bolquers és assumida per l'administració pública. L'import que haurien d'abonar els productors i comercialitzadors de bolquers per cobrir les despeses de la seva recollida i tractament s'ha calculat entre 0,0115 i 0,0261 euros per unitat posada en el mercat.

Les propostes mencionades contribuirien a reduir l'impacte ambiental dels bolquers d'un sol ús al final del seu cicle de vida. Tanmateix, no s'ha d'oblidar que existeixen alternatives com els bolquers reutilitzables, que minimitzen la generació de residus i el consum de recursos per a la seva fabricació, o els bolquers compostables, que poden ser compostats amb la FORM. Aquestes opcions precisen d'una anàlisi detallada i, donat el seu caràcter encara molt incipient a Catalunya, requereixen del suport de l'administració en la seva fase inicial de desenvolupament.

REFERÈNCIES

Agència de Residus de Catalunya. *Programa de Gestió de Residus Municipals de Catalunya (PROGREMIC) 2007-2012*. Consell de Direcció de l'ARC de 29 d'octubre de 2007. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Generalitat de Catalunya.

Aumônier, S., Collins, M. *Life Cycle Assessment of Disposable and Reusable Nappies in the UK*. Environment Agency. Maig de 2005.

Conway, M., Anderson, W. A. Sodium polyacrylates in Horticulture- Agrilizer Time Release Fertilizers. *Canadian Chemical News*, 52 (5). Maig de 2000.

Cook, B. D., Bloom, P. R., Halbach, T. R. *Fate of a Polyacrylate Polymer during Composting of Simulated Municipal Solid Waste*. Journal of Environmental Quality, 26 (1997): 618-625.

Campbell, A., MacIntosh, N. *Forfar and Arneil's Textbook of Pediatrics*, 5a edició. Churchill Livingstone. 1998.

De Baere, L. *The DRANCO Process: a Dry Continuous System for Solid Organic Waste and Energy Crops*. Presentat al Symposium on Anaerobic Dry Fermentation, IBBK/IBBCC Conference. Berlin, 21-22 de febrer de 2008.

Delfín, I., Durán, C. Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por pletorus. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 1: 37-45. 2003.

Dirección General de Medio Ambiente. *Ejemplos de buenas prácticas de compostaje y recogida selectiva de residuos*. Comisión Europea, 2000. Disponible a: http://ec.europa.eu/environment/waste/publications/pdf/compost_es.pdf [6 de febrer de 2009]

EDANA. *Sustainability Report: Baby diapers and incontinence products*. EDANA, 2005.

EDANA. *Sustainability Report 2007-2008. Absorbent Hygiene Products*. EDANA, 2008. Disponible a: www.edana.org/documents_sections/edana_sustainability/SusReport_LV_final.pdf [6 de febrer de 2009]

Environment Agency. *Time to change? An Environment Agency study of parental habits in the use of disposable and reusable nappies*. Environment Agency, 2004.

Espinosa, R. M., Delfín-Alcalá, I., Turpin, S., Contreras, J. L. *Kinetic Study of Batch Biodegradation of Diapers*. International Journal of Chemical Reactor Engineering, 1, note S6. 2003.

Gellens, V., Boelens, J., Verstraete, W. *Source separation, selective collection and in reactor digestions biowaste*. Antonie van Leeuwenhoek, 67(1): 79-89. 1995.

Gerba, C., Huber, M. S., Naranjo, J., Rose, J. B., Bradford, S. *Waste Management & Research*, 13: 315-324. 1995.

Goellner, M.H. *et al.* Urination during the first three years of Life. Nephron, 28 (1981): 174-178.

Lenter, C. *Geigy Scientific Tables, Volume 1: Units of Measurement, Body Fluids, Composition of Body, Nutrition*. International Medical and Pharmaceutical Information. Ciba-Geigy Limited, 1981.

Light, K. L., Chirmuley, D. G., Ham, R. K. *A laboratory study of the compaction characteristics of disposable diapers in a landfill*. Resources, Conservation and Recycling, 13: 89-96. 1995.

MacLeod, J. A., Sanderson, J. B., Douglas, B., Henry, R. *Use of municipal compost in potato rotation*. National Agricultural Compost Trials-Results of Year III. Composting Council of Canada, 1998.

Nava, L.E., Espinosa, V.R.M. *Tratamiento de pañales desechables empleando un cultivo de hongos comestibles*. Memorias del VIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Capítulo V. Desechos sólidos, s/pp. Cocoyoc Morelos, México. 1993.

Stegmann, R., Lotter, S., King, L., Hopping, W.D. *Fate of an absorbent gelling material for hygiene paper products in landfill and composting*. Waste Management & Research, 11: 155-170. 1993.

Syndicat Mixte de la Région de Bapaume (SMRB). *Rapport annuel sur le prix et la qualite du service public d'elimination des dechets*. SMRB, 2006.

ANNEXOS

Annex 1. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part I: escala laboratori)

Grup de compostatge de residus sòlids orgànics.
Departament d'Enginyeria Química. Universitat Autònoma de Barcelona.

Proposta de treball

L'estudi es compon d'una part experimental que consta d'experiments de compostatge a petita escala amb bolquers i altres residus, proves d'escala pilot amb el millor o millors residus complementaris per als bolquers i una prova final a escala real en les millors condicions obtingudes en les proves anteriors.

L'objecte d'aquest informe preliminar són les proves inicials a petita escala en les quals bolquers de nadons d'un sol ús triturats van ser cocompostats amb dos residus complementaris: FORM de la Mancomunitat la Plana i fangs de depuradora.

Muntatge i seguiment experimental

Com a sistema de compostatge, es van utilitzar vasos Dewar de 4.5 litres de capacitat, equipats amb aeració temporitzada i monitoratge continu de temperatura i puntual de la concentració d'oxigen (per comprovar que no existissin limitacions d'oxigen en la mescla). Les mescles utilitzades en ambdós experiments van ser: FORM com a residu base i un percentatge en pes de bolquers del 0% (experiment blanc o control), 3%, 6% i 9% i fangs de depuradora com a residu base i un percentatge en pes de bolquers del 0% (experiment blanc o control), 5%, 10% i 15%. Les mescles resultants van ser complementades amb una proporció en volum 1:1 en tots els casos de material estructurant (poda triturada de la Mancomunitat la Plana), d'acord amb l'experiència del Grup de Compostatge de residus sòlids orgànics de la UAB. Els experiments van tenir lloc entre l'1 de juliol i el 10 d'agost de 2007.

Les mostres inicials i finals de cada experiment van ser analitzades per tal de determinar els següents paràmetres: Índex Respiromètric Estàtic (IRE), percentatge d'humitat i percentatge de matèria orgànica. Aquestes mostres van ser també fotografiades per observar la presència dels bolquers en el material de base.

A la Imatge 1 es pot observar l'aspecte de muntatge experimental i a la Imatge 2 l'aspecte dels bolquers triturats:



Imatge 1: Muntatge experimental.



Imatge 2: Bolquers triturats.

Resultats

Cocompostatge amb FORM

A la Imatge 3 es pot observar l'aspecte de les diferents mostres de FORM amb un percentatge creixent de bolquers, que tenen un impacte visual important:



Imatge 3: Mescles inicials.

Per altra banda, a la Figura 1 es mostren les evolucions de temperatura en el procés de compostatge de les diferents mescles. Com es pot observar, la majoria de mescles van assolir el rang de temperatures termòfil propi del procés de compostatge, a excepció del cas del 9%, on possiblement la porositat d'aquesta mescla era massa elevada. Al mateix temps, cal assenyalar que en aquesta prova, l'experiment control (amb un 0% de bolquers) es va haver de realitzar en un vas de Dewar de capacitat superior (10 litres), cosa que explica la llarga durada de l'etapa termòfila en aquesta mescla. En qualsevol cas, es pot concloure que mescles de bolquers amb FORM en proporcions mitjanes-baixes no tenen un efecte significatiu en l'assoliment de condicions termòfiles, necessàries per a la higienització del material (per sobre de 55°C).

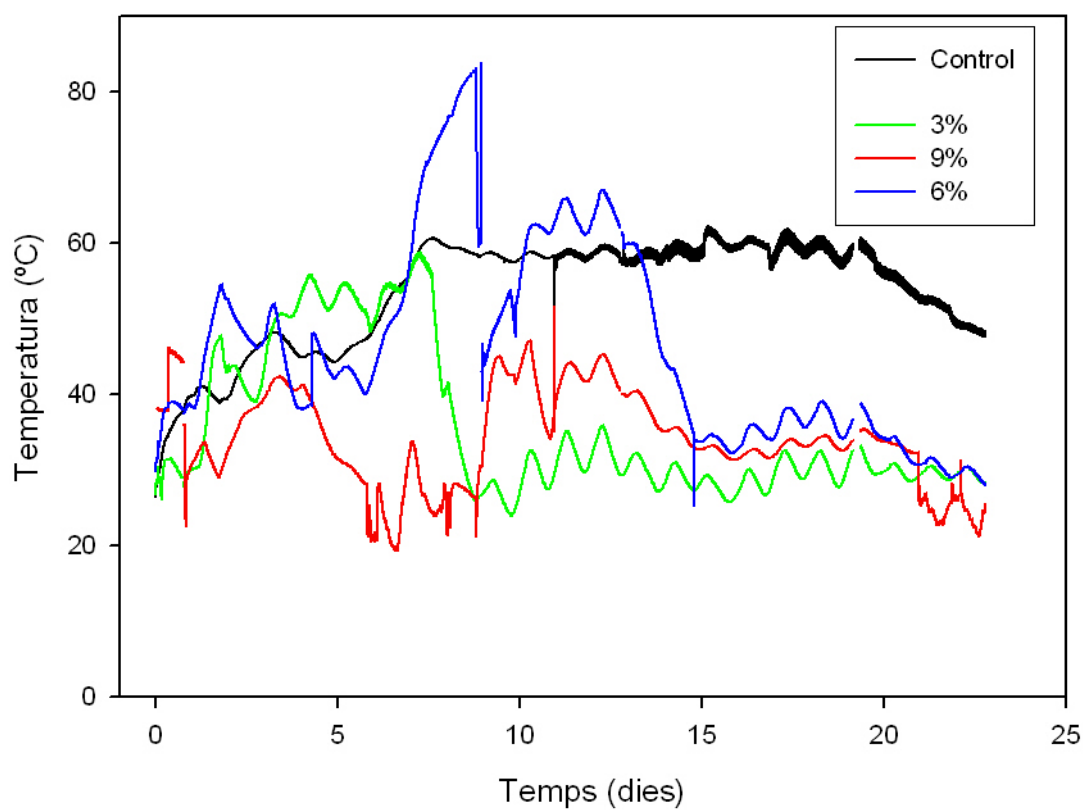


Figura 1: Corbes de temperatura en el procés de cocompostatge de FORM i bolquers en diferents proporcions.

A la Taula 1 es recullen els resultats analítics d'aquests experiments.

Taula 1: Resum analític del cocompostatge de FORM amb bolquers (comparativa entre mostres inicials i finals).

Material	Humitat (%)	Matèria orgànica (%)	IRE (g O ₂ /Kg MO h)
FORM inicial	57.8	81.9	4.5 ± 0.3
FORM + 0% bolquers (control)	68.6	79.9	2.0 ± 0.1
FORM + 3% bolquers	65.3	80.3	0.8 ± 0.1
FORM + 6% bolquers	65.0	78.2	1.1 ± 0.1
FORM + 9% bolquers	62.8	77.1	1.6 ± 0.1

En qualsevol cas, i donat que es tracta d'experiments a molt petita escala, es pot constatar un nivell d'estabilització adequat i prou significatiu del material, que de nou és més elevat per al experiments amb percentatges mitjans-baixos de bolquers, tal com es veu en l'índex respiromètric. El valor relativament elevat de l'índex respiromètric en la mostra control es pot atribuir de nou a la major quantitat de material i al fet que l'etapa termòfila encara no havia finalitzat completament en el moment de decidir l'aturada dels experiments.

Per altra banda, l'increment d'humitat és típic del compostatge de FORM en vasos Dewar hermèticament tancats.

Per últim, i donat que un dels objectius del treball és comprovar l'impacte visual que suposen els bolquers en el compost final, es mostren diverses imatges dels materials finals obtinguts (Taula 2).

Taula 2: Imatges dels materials finals.

Material	Detall general	Ampliació
FORM+0%		
FORM+3%		



Com es pot observar en les imatges anteriors, la utilització de percentatges elevats de bolquers provoca un impacte visual important en l'aparença del compost, amb evidència de fibres que no s'han descompost. Tanmateix, cal tenir en compte que es tracta d'un procés de compostatge en una situació estàtica i amb poc material, cosa que es pretén estudiar en les proves a escala pilot i real.

Cocompostatge amb fangs de depuradora

A les imatges 4 i 5 es pot observar l'aspecte de les diferents mostres de fangs de depuradora amb un percentatge creixent de bolquers. Cal assenyalar que aquí es va decidir treballar amb percentatges de bolquers superiors, ja que no es tenia cap valor de referència (a diferència del valor del 3% que es va assumir per a la FORM, segons la Mancomunitat la Plana). Tot i així, com es pot veure a les imatges següents, el nivell d'integració entre bolquers, fangs i agent estructurant va ser molt bo, de forma que l'impacte visual era menor que en el cas de la FORM.



Imatge 4: Mescles inicials.



Imatge 5: Detall de la mescla inicial de fangs amb un 15% de bolquers.

Per altra banda, a la Figura 2 es mostren les evolucions de temperatura en el procés de compostatge de les diferents mescles. Com es pot observar, la totalitat de les mescles van assolir el rang de temperatures termòfil propi del procés de compostatge, amb evolucions pràcticament paral·leles. El perfil de temperatura és, per altra banda, típic del compostatge de fangs a escala de laboratori, amb un pic pronunciat d'alta temperatura i de baixa duració.

En qualsevol cas, es pot concloure que mescles de bolquers amb fangs de depuradora composten correctament en totes les proporcions provades.

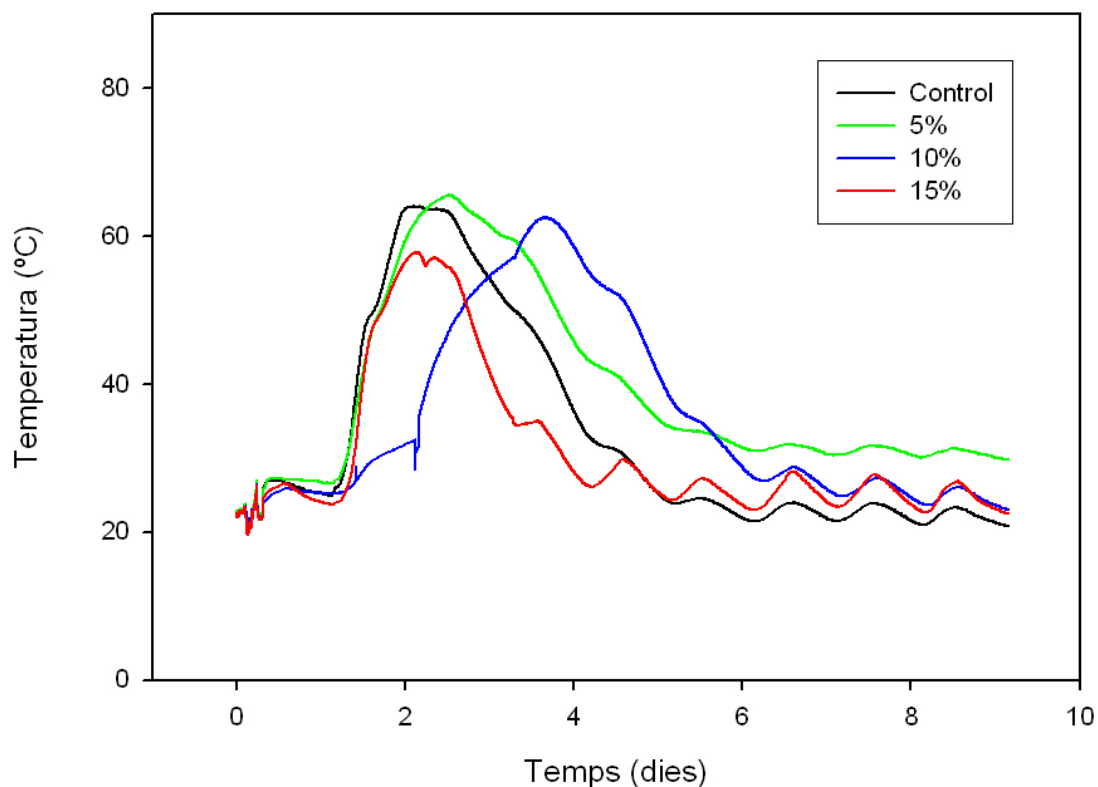


Figura 2: Corbes de temperatura en el procés de cocompostatge de fangs de depuradora i bolquers en diferents proporcions.

A la Taula 3 es recullen els resultats analítics d'aquests experiments.

Taula 3: Resum analític del cocompostatge de fangs de depuradora amb bolquers (comparativa entre mostres inicials i finals).

Material	Humitat (%)	Matèria orgànica (%)	IRE (g O ₂ /Kg MO h)
Fangs inicial	63.8	75.6	1.6 ± 0.1
Fangs + 0% bolquers (control)	61.2	72.4	0.85 ± 0.01
Fangs + 5% bolquers	62.2	74.4	0.80 ± 0.07
Fangs + 10% bolquers	63.1	65.5	0.74 ± 0.05
Fangs + 15% bolquers	65.5	74.4	1.0 ± 0.1

De nou es pot constatar un nivell d'estabilització adequat del material, que és semblant en totes les proporcions de bolquers. El valor relativament baix de l'índex respiromètric en la mostra inicial de fangs (menor que el de la FORM) és també típic dels fangs de depuradora.

Per últim, es mostren diverses imatges dels materials finals obtinguts (Taula 4).

Taula 4: Imatges dels materials finals.

Material	Detall general	Ampliació
Fangs+0%		
Fangs+5%		
Fangs+10%		



Com es pot observar en les imatges anteriors, fins i tot els percentatges elevats de bolquers tenen un impacte visual menys important en l'aparença del compost que en el cas de la FORM, tot i que encara hi ha evidències de fibres que no s'han descompost.

Conclusions preliminars

Dels resultats continguts, es pot concloure que:

- El cocompostatge de FORM amb bolquers en quantitats mitjanes-baixes i el cocompostatge de fangs de depuradora en proporcions relativament altes de bolquers es desenvolupa correctament i els bolquers no tenen un efecte significatiu en el procés de compostatge.
- El nivell de estabilització dels materials finals en presència de bolquers és adequat.
- L'aparença visual dels bolquers en el material final és més elevada en el cas de la FORM que en el cas dels fangs.
- Donades les limitacions del sistema utilitzat, es recomana portar a terme experiments a escala pilot (100 litres de volum) amb FORM i fangs, i utilitzant proporcions de bolquers relativament altes (6% en el cas de la FORM i 10% en el cas dels fangs). Aquests experiments seran l'objecte de les properes parts de l'estudi.

A Bellaterra, a 28 d'agost de 2007

María Luz Ruggieri
Antoni Sánchez Ferrer

Annex 2. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part 2: escala pilot)

Grup de compostatge de residus sòlids orgànics.
Departament d'Enginyeria Química. Universitat Autònoma de Barcelona.

Proposta de treball

L'estudi es compon d'una part experimental que consta d'experiments de compostatge a petita escala amb bolquers i altres residus, proves d'escala pilot amb el millor o millors residus complementaris per als bolquers i una prova final a escala real en les millors condicions obtingudes en les proves anteriors.

En un primer informe preliminar presentat en data 28 d'agost de 2007 es van presentar els resultats a petita escala del procés de compostatge de FORM i fangs de depuradora en diferents proporcions, i una de les conclusions fou que calia fer proves a una escala més representativa (escala pilot, que ja simula unes condicions properes a les reals, sobretot en referència a la temperatura assolida) del cocompostatge de bolquers amb aquests dos residus i en unes proporcions relativament altes (6% en el cas de la FORM i 10% en el cas dels fangs). L'objecte d'aquest segon informe tècnic preliminar és la presentació dels resultats obtinguts a escala pilot.

Muntatge i seguiment experimental

Com a sistema de compostatge es va utilitzar un compostador de 60 litres de capacitat amb monitoratge continu de la temperatura, els gasos de sortida i la porositat del material. Les mescles utilitzades en ambdós experiments van ser: FORM com a residu base i un percentatge en pes de bolquers del 6% i fangs de depuradora com a residu base i un percentatge en pes de bolquers del 10%. Les mescles resultants van ser complementades amb una proporció en volum 1:2 (mescla:estructurant) en tots els casos de material estructurant (poda triturada de la Mancomunitat la Plana), d'acord amb l'experiència del Grup de Compostatge de residus sòlids orgànics de la UAB. Els experiments es van realitzar durant el període setembre-novembre de 2007.

Les mostres inicials i finals de cada experiment van ser analitzades per tal de determinar els següents paràmetres: Índex Respiromètric Estàtic (IRE), percentatge d'humitat i percentatge de matèria orgànica. Aquestes mostres van ser també fotografiades per observar la presència dels bolquers en el material de base.

A la Imatge 1 es pot observar l'aspecte de muntatge experimental i a la Imatge 2 l'aspecte dels bolquers triturats:



Imatge 1: Muntatge experimental.



Imatge 2: Bolquers triturats.

Resultats

Cocompostatge amb Fangs de depuradora

A la Imatge 3 es pot observar l'aspecte de la mostra de fangs amb un percentatge del 10% de bolquers, que tenen un impacte visual important:



Imatge 3: Mescla inicial de fangs and bolquers.

Per altra banda, a la Figura 1 es mostren les evolucions de temperatura, oxigen, diòxid de carboni i cabal d'aeració subministrat (que és una mesura de les necessitats d'oxigen que té el material en condicions aeròbies) en el procés de compostatge. Com es pot observar, el material va assolir el rang de temperatures termòfil propi del procés de compostatge (que es considera per sobre de 50°C), tot i que la durada del mateix va ser molt curta. L'experiència del Grup de Compostatge ha posat de manifest que el comportament dels fangs de depuradora a escala pilot sol ser similar, amb un període termòfil molt marcat a l'inici del procés i de curta durada i un període final de maduració d'una extensió molt més llarga. Per tant, en comparació amb processos de fangs sols, no s'observen canvis significatius amb la inclusió de bolquers. Tanmateix, s'ha de tenir en compte que l'experiència del Grup en el compostatge de fangs de depuradora a escala real demostra que el període termòfil és molt més llarg, cosa que podria afavorir la degradació dels bolquers. Quant a les dades dels gasos emesos, la concentracions d'oxigen es van situar sempre per sobre del 5%, cosa que demostra el predomini de les condicions aeròbies.

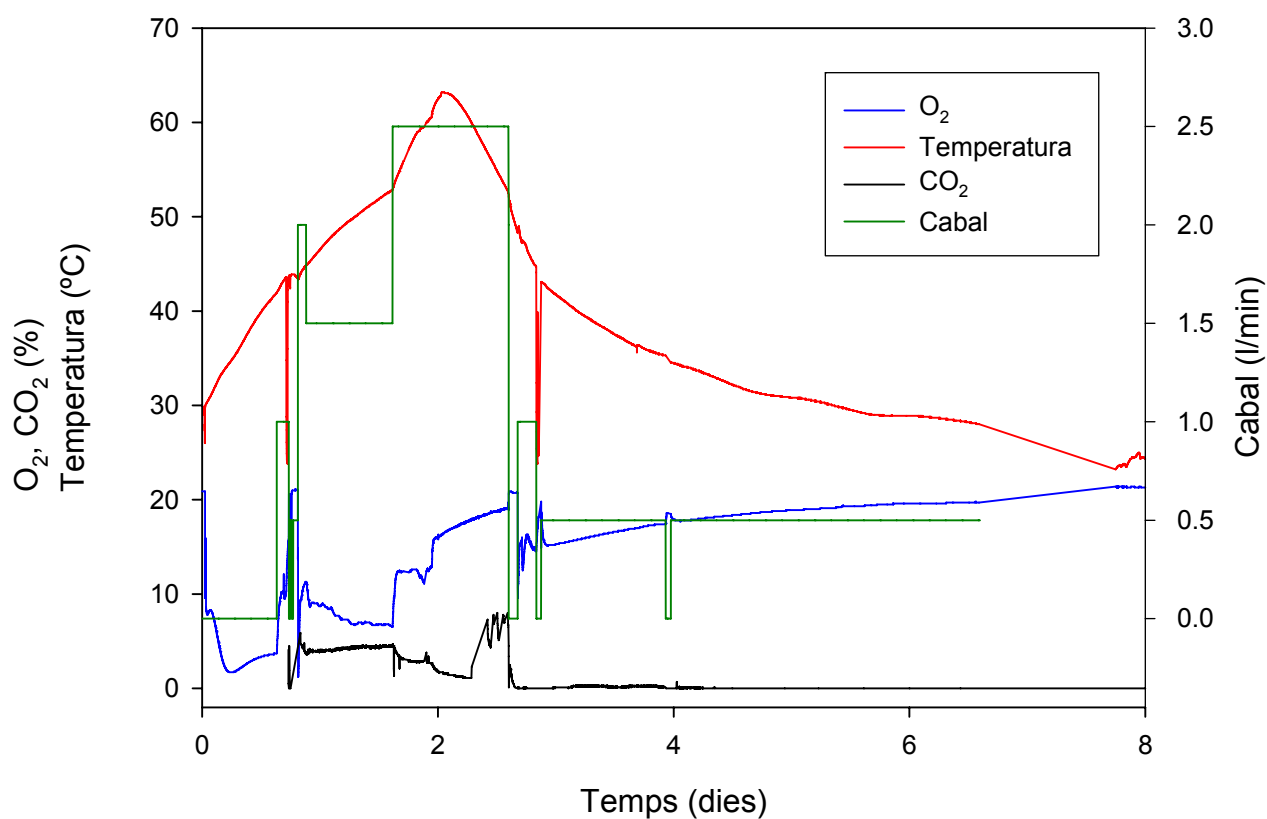


Figura 1: Evolució del procés de cocompostatge de fangs i bolquers.

A la Taula 1 es recullen els resultats analítics d'aquest experiment.

Taula 1: Resum analític del cocompostatge de fangs amb bolquers (comparativa entre mostra inicial i final).

Material	Humitat (%)	Matèria orgànica (%)	IRE (g O ₂ /Kg MO h)
Mostra inicial	69.0	60.1	1.1
Mostra final	70.1	54.1	0.9

En aquest cas, l'estabilització del material (mesurada com a IRE i com a disminució del contingut en matèria orgànica) ha estat molt baixa, cosa que pot ser deguda a la curta durada del període termòfil.

Una variable que es va estudiar en el compostatge a escala pilot fou l'evolució de la porositat (mesurada com a FAS: *Free Air Space*), ja que una de les limitacions que presenta el compostatge de fangs és, precisament, una mancança d'aquest paràmetre, que és crític per tenir un procés realment aerobi. A la Taula 2 es recull l'evolució d'aquest paràmetre.

Taula 2: Evolució de la porositat en el compostatge de fangs i bolquers.

Dia de procés	Porositat (%)
0	0.49
1	0.38
3	0.38
4	0.35
7	0.24

Com es pot observar, existeix una tendència a perdre porositat al llarg del procés, la qual cosa és típica del procés de compostatge, que sempre implica una compactació del material. Tanmateix, els valors trobats són significativament més alts que en el compostatge de fangs sols, de forma que es pot considerar que els bolquers han millorat la porositat del material.

Per altra banda, el lleuger l'increment d'humitat és típic del procés de compostatge en reactors hermèticament tancats.

Per últim, i donat que un dels objectius del treball és comprovar l'impacte visual que suposen els bolquers en el compost final, es mostren diverses imatges dels material final obtingut (Imatge 4).





Imatge 4: Imatges del material final.

Com es pot observar en les imatges anteriors, la utilització de percentatges elevats de bolquers provoca un impacte visual important en l'aparença del compost, amb evidència de fibres de plàstic que no s'han descompost. Tanmateix, tenint en compte que al procés a escala real es realitza un garbellat del material, és probable que una part d'aquestes fibres s'acabessin eliminant del compost. El problema associat a aquestes fibres plàstiques s'hauria de considerar en cada cas particular en funció de si aquest material garbellat es volgués recircular o no al procés de compostatge com a agent estructurant de fangs frescos o es considerés rebuig de planta.

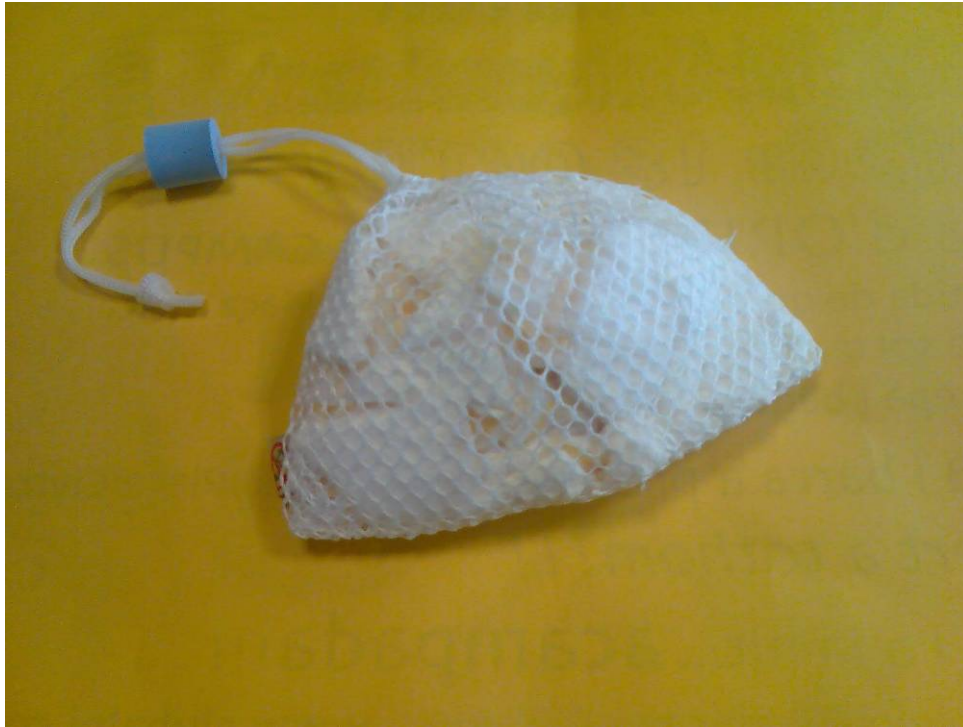
Cocompostatge amb FORM

A la Imatge 5 es pot observar l'aspecte de la mostra de FORM amb bolquers. Com es pot veure a la imatge, el nivell d'integració entre bolquers, FORM i agent estructurant va ser bastant bo.



Imatge 5: Mescla inicial de FORM i bolquers.

Al mateix temps, en aquest experiment es va incloure una mostra triturada de bolquers biodegradables subministrats per l'Agència de Residus de Catalunya, com es mostra a la Imatge 6, i amb l'objectiu d'observar a nivell qualitatiu, si aquests bolquers patien una degradació significativa. Els bolquers biodegradables van ser triturats d'igual forma que els bolquers d'un sol ús, confinats en una bossa de plàstic no biodegradable, i inserits al centre del reactor.



Imatge 6: Mostra de bolquers biodegradables.

Per altra banda, a la Figura 2 es mostren les evolucions de temperatura i la resta de paràmetres en el procés de compostatge de la mescla. En aquest experiment no es va disposar de la mesura de CO_2 .

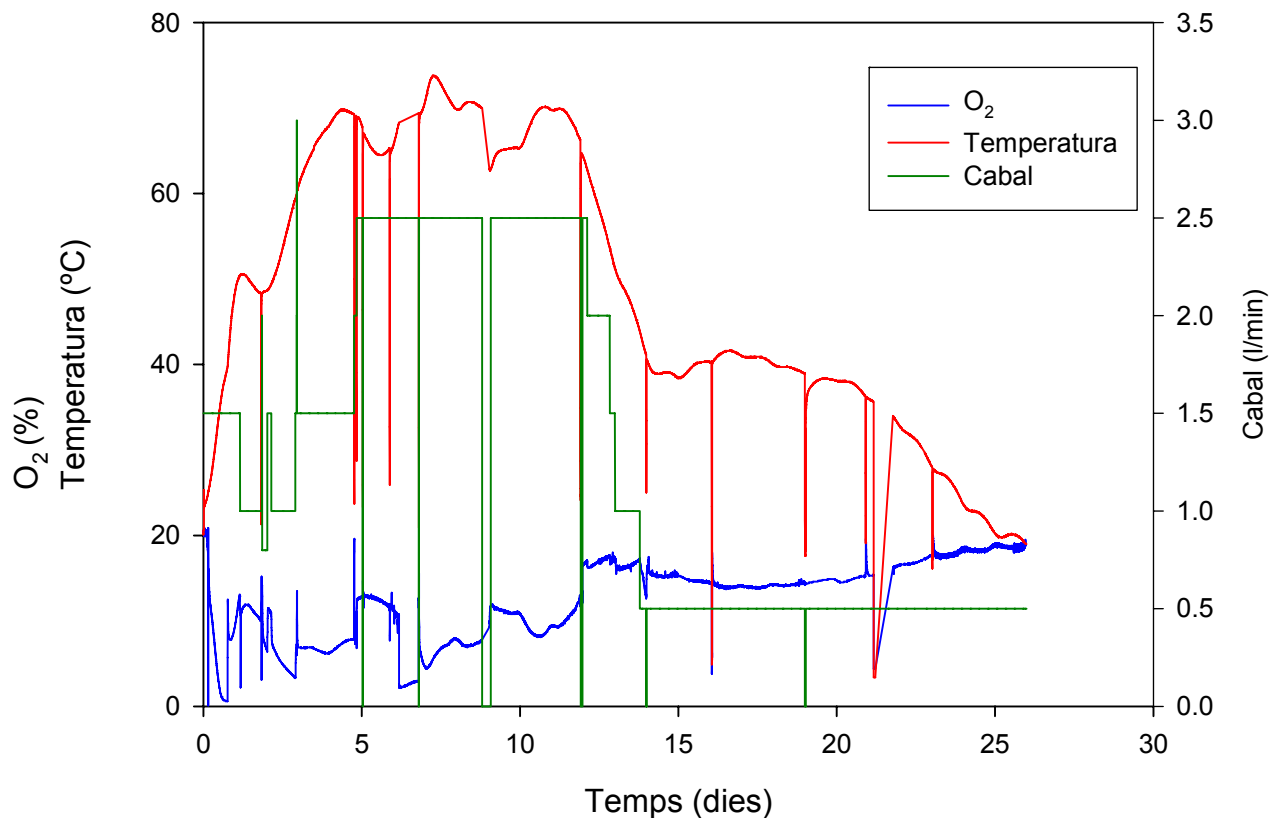


Figura 2: Evolució del procés de cocompostatge de FORM i bolquers.

A la Taula 3 es recullen els resultats analítics d'aquest experiment.

Taula 3: Resum analític del cocompostatge de FORM de depuradora amb bolquers (comparativa entre mostres inicials i finals).

Material	Humitat (%)	Matèria orgànica (%)	IRE (g O_2 /Kg MO h)
Mostra inicial	62.8	91.7	3.9
Mostra final	72.8	79.3	1.6

En aquest cas, la porositat es va mantenir sempre per sobre del 30%.

Com es pot observar, el procés de cocompostatge de FORM i bolquers d'un sol ús va tenir un comportament diferent del cas del fangs de depuradora. En aquest cas, la major activitat i biodegradabilitat de la FORM va provocar que el procés de compostatge fos més llarg, i que les temperatures en el rang termòfil es mantinguessin durant un temps més prolongat. Des d'aquest punt de vista, es pot assegurar la higienització del material amb les temperatures assolides, un aspecte important si s'inclouen els bolquers a la FORM.

Al mateix temps, les necessitats d'aeració per tal d'assegurar un nivell d'oxigen adequat també van ser molt superiors. Aquest fet es va traduir en una major degradació de la matèria orgànica, que s'observa especialment en la disminució de l'índex respiromètric. En general, es pot considerar que la FORM té un procés de compostatge típic en condicions d'escala pilot i que els bolquers no tenen cap efecte negatiu visible en el mateix.

Per últim, es mostren diverses imatges del material final obtingut (Imatge 7).



(Vista general)



(Detall del material)



(Detall del material superabsorbent i fibres)

Imatge 7: Imatges del material final.

Com es pot observar a les imatges, la degradació a nivell visual dels bolquers amb la FORM és significativa, tot i que alguns dels components dels bolquers (superabsorbent i certes fibres plàstiques) s'identifiquen clarament en el compost.

Respecte als bolquers biodegradables, aquests no van patir una degradació significativa, tot i que cal tenir en compte que no van estar en contacte directe amb la resta del material (Imatge 8). Al mateix temps, aquests bolquers presentaven unes partícules de material superabsorbent d'aparença molt semblant a les trobades als bolquers d'un sol ús, i que no presentaven una degradació visible.





Imatge 8: Imatges del bolquer biodegradable al final del procés.

Conclusions preliminars

Dels resultats continguts, es pot concloure que:

- L'aportació de bolquers d'un sol ús al compostatge de fangs o FORM no afecta negativament cap de les variables mesurades.
- En condicions de treball a escala pilot, els bolquers han contribuït a conservar la porositat dels fangs, per tant, en fangs sense aplicació agrícola (compostatge gris), podrien ser un bon cosubstrat de cara a regular aquest paràmetre i el propi excés d'humitat dels fangs.
- Respecte als dos residus considerats, sembla més adequat utilitzar els bolquers com a cosubstrat per a materials més actius com la FORM, per tal que els bolquers tinguin una degradació i integració més visibles i es puguin assegurar les condicions d'higienització del material.
- En qualsevol cas, existeixen parts dels bolquers que no són biodegradables, però que s'integren correctament amb el material. Donat el desconeixement sobre la composició exacta dels bolquers, no queda clar si aquestes parts no degradades tindrien una influència destacable sobre el compost si aquest hagués de tenir una aplicació agrícola. Tanmateix, les dades de que es disposa semblen indicar que no suposarien cap problema, més enllà de l'efecte visual. Tanmateix, caldria la realització de proves de camp i una caracterització química completa per poder assegurar aquests punts.
- Es recomana la realització d'una prova de compostatge de FORM i bolquers a escala real (amb un control de FORM), on a més dels paràmetres fins ara analitzats es proposa fer una anàlisi de microorganismes patògens en el material final i la caracterització manual del producte final per veure si els processos de garbellat final a escala industrial són capaços d'eliminar del compost final els materials no degradats procedents dels bolquers del compost final.

A Bellaterra, a 25 de novembre de 2007

María Luz Ruggieri
Antoni Sánchez Ferrer

Annex 3. Informe tècnic sobre el compostatge de bolquers procedents de recollida porta a porta a la Mancomunitat la Plana (Part 3: escala real)

Grup de compostatge de residus sòlids orgànics.
Departament d'Enginyeria Química. Universitat Autònoma de Barcelona.

Proposta de treball

L'estudi es compon d'una part experimental que consta d'experiments de compostatge a petita escala amb bolquers i altres residus, proves d'escala pilot amb el millor o millors residus complementaris per als bolquers i una prova final a escala real en les millors condicions obtingudes en les proves anteriors.

En dos informes preliminars previs es van presentar els resultats a petita escala del procés de compostatge de FORM i fangs de depuradora en diferents proporcions i a una escala més representativa (escala pilot, que ja simula unes condicions properes a les reals, sobretot en referència a la temperatura assolida) del cocompostatge de bolquers amb aquests dos residus i en unes proporcions relativament altes (6% en el cas de la FORM i 10% en el cas dels fangs).

L'objecte d'aquest tercer i darrer informe tècnic preliminar és la presentació dels resultats obtinguts a escala real, a la planta de compostatge de la Mancomunitat la Plana.

Sistema de compostatge

El sistema de compostatge utilitzat va ser el que la Mancomunitat la Plana realitza rutinàriament. Aquest es basa en una primera fase de descomposició en un mòdul estàtic airejat Agrotech i una segona fase de descomposició en piles voltejades (sense aeració forçada).

Donat que l'objectiu d'aquesta prova era comparar el procés de compostatge de FORM amb i sense bolquers, el procediment seguit fou el següent:

- Es parteix de FORM lliure de bolquers (provinent de recollida porta a porta).
- Es parteix de bolquers utilitzats d'un sol ús (a la Mancomunitat es recullen de forma separada).
- S'omple mig mòdul de compostatge amb FORM sense bolquers (16150 kg de material) barrejada amb una proporció volumètrica de poda triturada 1:1 (7590 kg), que actua com a agent estructurant.
- Es trituren els bolquers i es mesclen amb FORM en una proporció massica del 3% en relació a FORM+Agent estructurant (555 kg de bolquers en 12720 kg de FORM), que es considera representativa de la generació a Catalunya. Aquesta mescla és barrejada amb una proporció volumètrica de poda triturada 1:1 (5450 kg), que actua com a agent estructurant, i que omple l'altra meitat del mòdul.
- Un cop complerta la fase de descomposició en el mòdul (unes 6 setmanes), les dues parts (amb i sense bolquers) es descarreguen separatament en dues piles diferenciades, on té lloc el procés de maduració amb voltejos periòdics (aproximadament un volteig setmanal, durant un període aproximat de 4 mesos).

- Finalment les dues piles són garbellades (a una grandària de 10 mm) i s'obtenen mostres de compost procedents del procés amb i sense bolquers.

El calendari concret de la prova fou el següent:

- 1) Inici del procés de compostatge: 9/4/2008
- 2) Finalització de la fase de descomposició en mòdul: 21/5/2008
- 3) Finalització de la fase de maduració en piles i garbellat del compost: 2/10/2008

Seguiment experimental

Un cop muntats els sistemes de compostatge, per portar a terme el seguiment dels dos materials es determinaren els següents paràmetres:

- Temperatura: mesurada de forma contínua als mòduls (4 punts) i puntualment a les piles de maduració.
- Oxigen intersticial: mesurat puntualment a les piles de maduració.
- Índex respiromètric: mesurat en diferents moments del procés.
- Paràmetres analítics: contingut en matèria orgànica total i humitat.

El seguiment puntual de la temperatura i de l'oxigen intersticial es va fer *in situ* a diferents punts de les piles voltejades. Es realitzaren mesures de temperatura i d'oxigen a dues profunditats: 0,5 metres i 1 metre. Els resultats es presenten com un valor mitjà.

La resta de paràmetres s'analitzaren al laboratori de la UAB a partir d'una mostra representativa, obtinguda de diferents punts del material (un mínim de 4).

A banda dels paràmetres prèviament esmentats, dels materials finals també es van analitzar el contingut en nitrogen, el pH i la conductivitat elèctrica, la densitat aparent i la porositat i el test de maduresa *Rottegrade*. Al mateix temps, es van enviar mostres a un laboratori extern (LAF, APPLUS) per tal de realitzar una caracterització completa de contingut en metalls pesants i de microorganismes patògens.

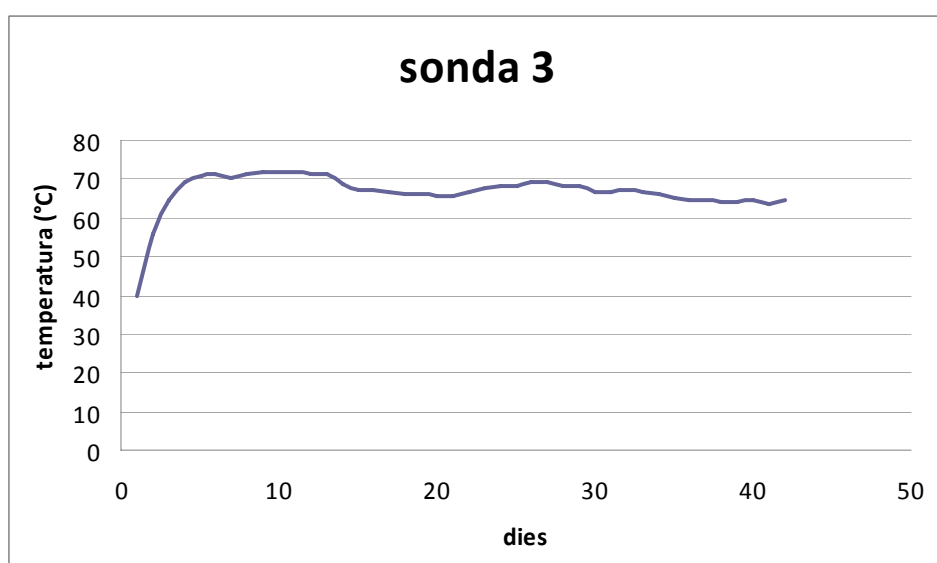
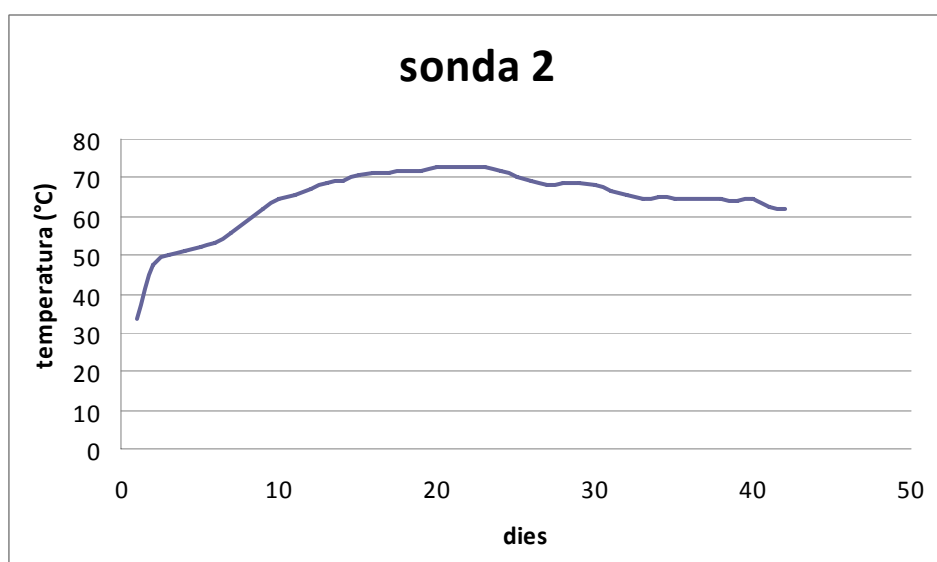
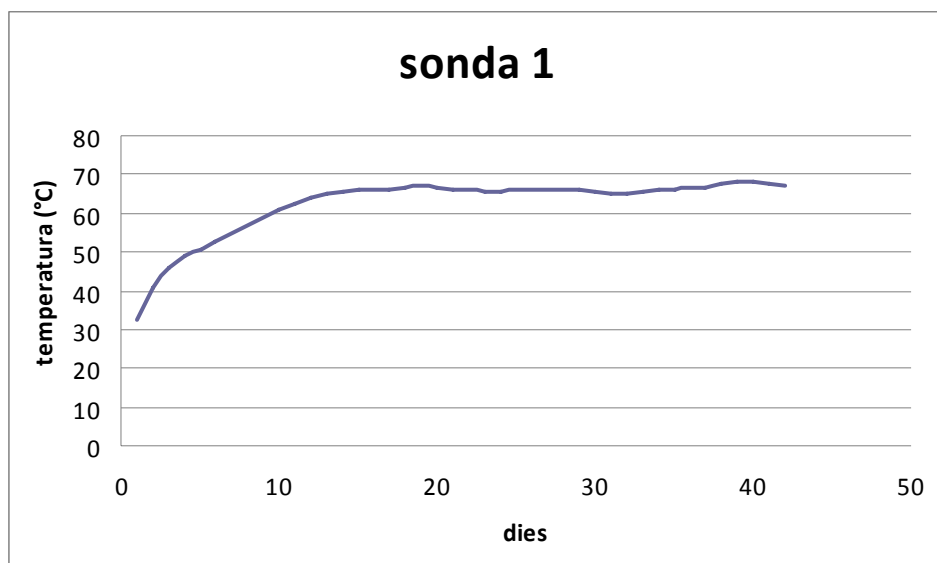
A l'Annex I d'aquest informe es recullen algunes imatges de la prova realitzada.

Resultats

A) El procés de compostatge

A.1) Temperatura i oxigen

A la Figura 1 es mostren els valors de temperatura assolits en la fase de descomposició en el mòdul Agrotech. Les sondes 1 i 2 corresponen a la part sense bolquers i les sondes 3 i 4 a la part amb bolquers. Com es pot observar, les diferències entre les sondes són mínimes i en tots els casos s'assoleixen valors elevats de temperatura que s'expliquen per l'elevada biodegradabilitat de la FORM i que asseguren una correcta higienització del material en tots els casos.



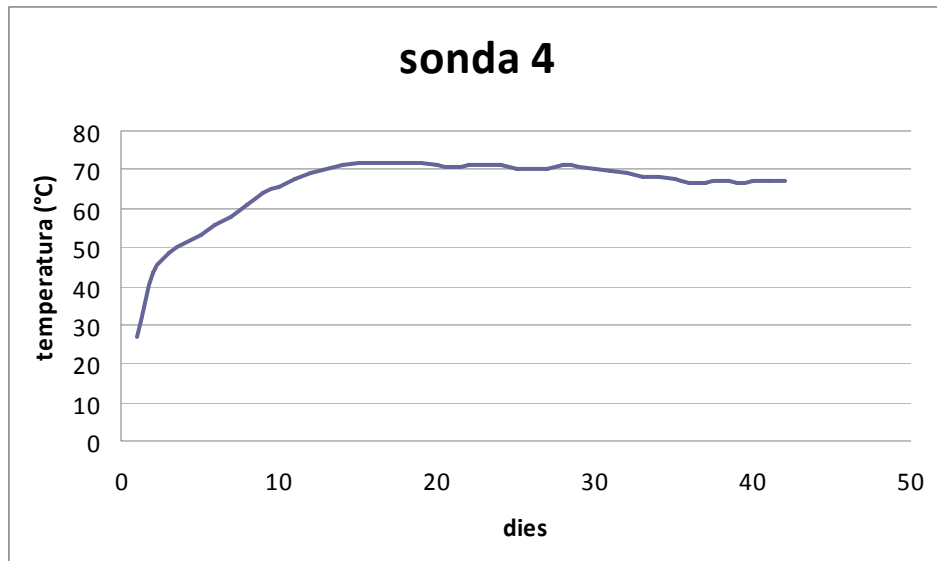


Figura 1: Evolució de la temperatura en el mòdul de compostatge (fase de descomposició).

A la Figura 2 es mostra l'evolució de la temperatura i l'oxigen intersticial durant el procés de maduració en piles.

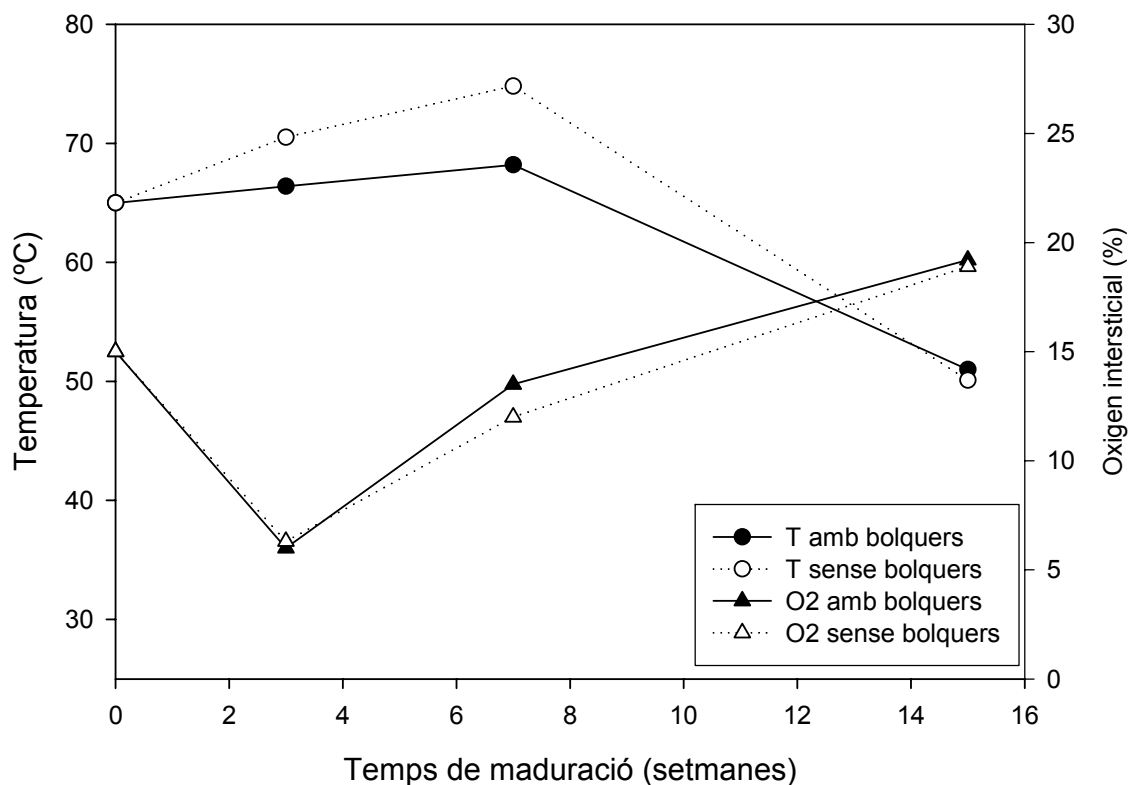


Figura 2: Evolució de la temperatura i l'oxigen intersticial durant la maduració de les piles amb i sense bolquers.

De nou, l'evolució dels paràmetres estudiats pot ser considerada com típica d'un procés amb piles, amb una baixada de la concentració d'oxigen a la primera fase de formació de la pila i una evolució cap a concentracions properes a les de l'aire ambient a la part final de la maduració degut al descens en l'activitat biològica. En relació a la temperatura, aquesta es pot considerar prou elevada per tractar-se de piles de maduració, tanmateix coincideix amb observacions realitzades en altres plantes de compostatge de Catalunya amb aquest sistema de compostatge i utilitzant FORM (1,2). En qualsevol cas, les evolucions són prou similars per a les piles amb i sense bolquers, de forma que sembla clar que la presència de bolquers en aquesta proporció no altera significativament l'evolució normal del procés de compostatge.

A.2) Humitat i matèria orgànica

A la Figura 3 es mostra l'evolució durant tot el procés dels continguts en humitat i matèria orgànica total.

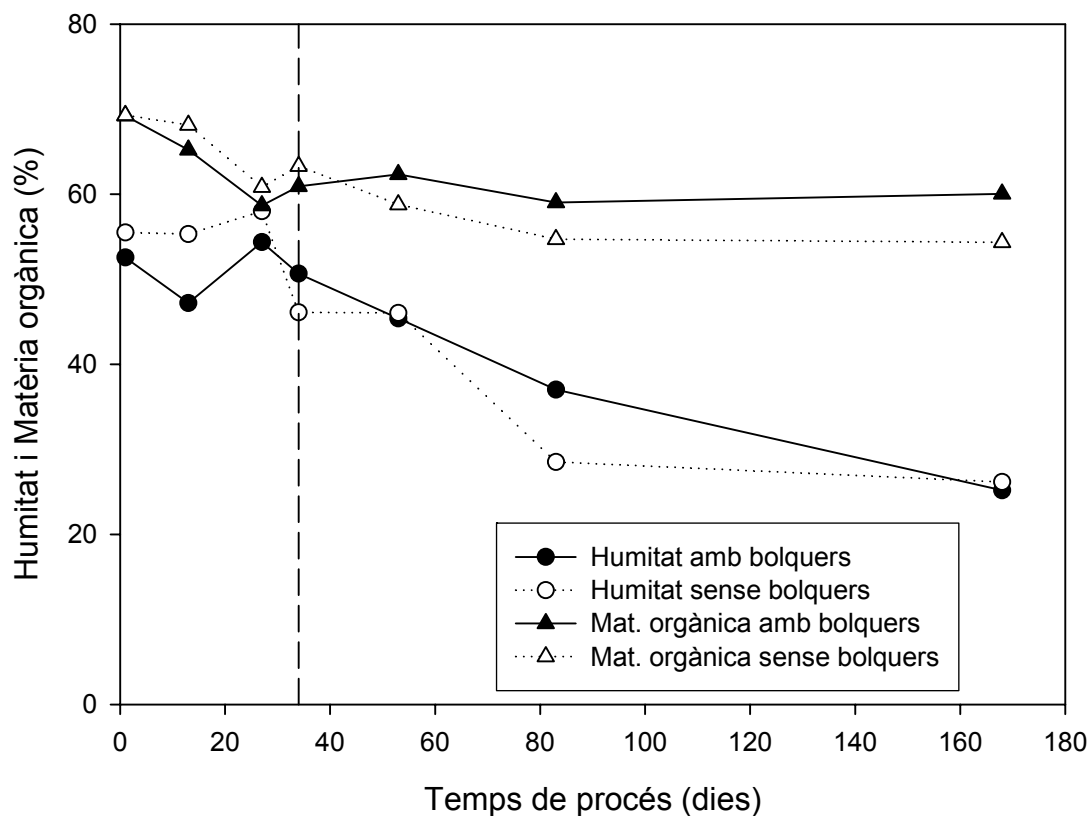


Figura 3: Evolucions dels continguts en matèria orgànica i humitat al llarg de tot el procés de compostatge. La línia discontinua vertical marca el final de la descomposició i l'inici de la maduració.

Com es pot observar a la Figura 3, les evolucions d'ambdós materials són molt semblants. Així, la humitat presenta una tendència poc clara durant la descomposició al mòdul, amb variacions que en qualsevol cas són poc significatives. Cal recordar que els mòduls de compostatge utilitzats estan coberts per una lona sintètica que té la funció de minimitzar la contaminació odorífera, cosa que

contribueix a preservar la humitat del material ja que bona part dels condensats retornen al material. En canvi, quan el material és extret del mòdul i col·locat en piles voltejades, l'evaporació de l'aigua és important i és evident que amb els regs que es van realitzar (que no s'han pogut quantificar) existeix un nivell de sequedat important del material sobretot a la fase final de la maduració. Això ha coincidit amb un període de maduració portat a terme durant l'estiu i amb una pluviometria baixa, especialment durant els mesos d'agost i setembre. Aquest fet permet explicar perquè probablement no s'han assolit els nivells d'estabilitat esperables en un material que ha sofert un període de maduració tan prolongat (veure punt següent: 3) Índex respiromètric).

En relació al contingut en matèria orgànica total, aquest paràmetre presenta una certa disminució durant l'etapa en mòdul, per després estabilitzar-se en la fase de maduració. Aquesta evolució també ha estat observada en altres estudis amb FORM utilitzant diferents sistemes de compostatge i es pot considerar típica d'aquests processos (3).

A.3) Índex respiromètric

A la Figura 4 es presenta l'evolució de l'índex respiromètric durant el procés complet de compostatge. Cal comentar, però, que donada la dificultat d'extreure una mostra representativa dels mòduls de compostatge, es va decidir no fer-ho durant el procés de descomposició, de forma que només es tenen resultats a l'entrada i sortida del mòdul per a aquesta fase inicial.

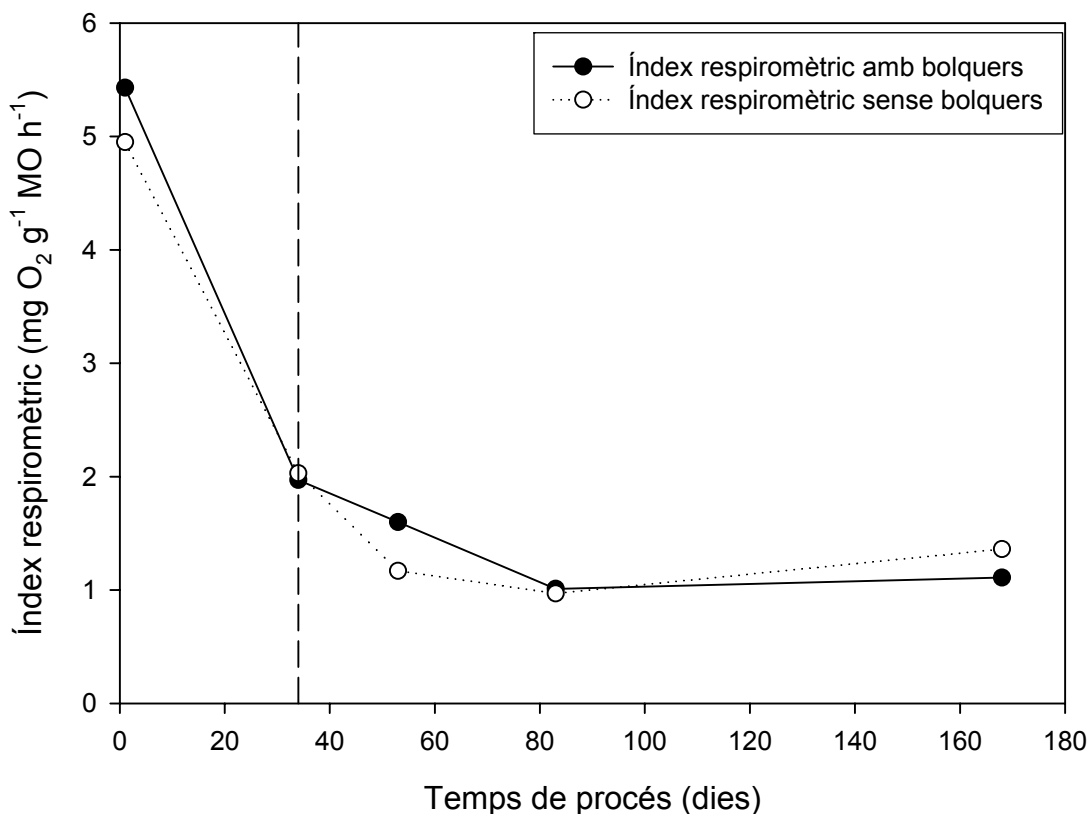


Figura 4: Evolucions de l'índex respiromètric al llarg de tot el procés de compostatge. La línia discontinua vertical marca el final de la descomposició i l'inici de la maduració.

Com es pot observar, és evident que la part més important de reducció de l'activitat expressada com a índex respiromètric té lloc durant la fase de descomposició en mòdul, on partint de valors d'entre 5 i 6 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹ (que per altra banda es poden considerar representatius d'una FORM d'elevada puresa i eminentment vegetal) s'acaben obtenint valors al voltant de 2 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹, la qual cosa implica una reducció prou important per a un temps de compostatge relativament curt (5-6 setmanes) en un mòdul airejat però estàtic (4). Al mateix temps, es pot observar que en la primera etapa de la maduració (entre els dies 35 i 80 aproximadament) es produeix un nou descens de l'activitat respiromètrica fins a valors propers a 1 mg O₂ g⁻¹ MO h⁻¹, que ja es podrien considerar satisfactoris (5). No obstant això, també cal destacar que el darrer període de maduració (entre els dies 80 i 170) no aporta cap millora en estabilitat, fet que probablement és degut a una limitació de l'activitat biològica deguda a un dèficit d'humitat. En qualsevol cas, aquestes dades validen la tècnica respiromètrica per al seguiment del procés, com ja havien confirmat estudis previs (6,7).

Finalment, comentar que en aquest paràmetre no s'observen diferències significatives entre els materials amb i sense bolquers.

B) Qualitat del compost final

A la Taula 1 es mostren amb detall les propietats mesurades dels dos materials finals, obtinguts després de garbellar les piles de maduració. Cap dels dos materials garbellats presentava evidències de materials impropis, tot i que el material recirculat de la prova amb bolquers (la part que no travessava el garbell) sí que tenia algunes parts de bolquers no degradats (tot i que en una proporció visualment petita respecte la resta d'impropis).

Taula 1: Caracterització dels materials finals.

Paràmetre	Compost sense bolquers	Compost amb bolquers
Humitat (%)	25,7	24,0
Matèria orgànica (% base seca)	63,1	56,0
pH (extracte 1:5)	9,05	8,05
Conductivitat elèctrica (extracte 1:5, mS/cm)	2,01	1,98
N- Kjeldahl (% base seca)	2,33	1,94
Índex respiromètric (mg O ₂ g ⁻¹ MO h ⁻¹)	1,40	1,57
Test <i>Rottegrade</i> de maduresa (grau)	III	III
Densitat aparent (kg/L)	0,36	0,40
Porositat (espai lliure d'aire, %)	61	57
<i>E. coli</i> (UFC/g)	<10 (Absència)	20 (Absència)
<i>Salmonella</i> (Presència/Absència en 25 g)	Absència	Absència
Crom (ppm, base seca)	9	14
Níquel (ppm, base seca)	9	14
Plom (ppm, base seca)	28	26
Coure (ppm, base seca)	44	41
Zinc (ppm, base seca)	156	200
Mercuri (ppm, base seca)	0,06	0,09
Cadmi (ppm, base seca)	0,3	0,3
Crom hexavalent (ppm)	<0,50	<0,50

A la Taula 2 es presenten alguns dels valors de referència del *Real Decreto 824/2005*, que regula l'ús de fertilitzants a Espanya, tot i que la informació que se sol·licita en aquest Decret és, al nostre entendre, molt limitada:

Taula 2: Valors definits al *Real Decreto 824/2005*.

Paràmetre	Valor límit		
Humitat (%)	30-40		
Matèria orgànica (% base seca)	>35		
Relació C/N	<20		
<i>E. coli</i> (UFC/g)	<1000		
<i>Salmonella</i> (Presència/Absència en 25 g)	Absència		
Crom (ppm, base seca) Classes A/B/C	70	250	300
Níquel (ppm, base seca) Classes A/B/C	25	90	100
Plom (ppm, base seca) Classes A/B/C	45	150	200
Coure (ppm, base seca) Classes A/B/C	70	300	400
Zinc (ppm, base seca) Classes A/B/C	200	500	1000
Mercuri (ppm, base seca) Classes A/B/C	0,4	1,5	2,5
Cadmi (ppm, base seca) Classes A/B/C	0,7	2	3
Crom hexavalent (ppm) Classes A/B/C	0	0	0

Les conclusions generals que es poden extreure dels valors de la Taula 1 demostren que ambdós productes estan higienitzats, estabilitzats i són de gran qualitat. Al mateix temps, les diferències entre tots dos materials són molt baixes.

A nivell més concret:

- Les propietats generals són adequades per a un compost, amb un elevat contingut en matèria orgànica i una certa presència de nitrogen total. Les relacions C/N estimades d'acord amb el contingut de matèria orgànica (suposant un 55% de C en la matèria orgànica) estarien al voltant de 15-16, que també són correctes per a un compost final. Com ja s'ha comentat prèviament, el punt més allunyat dels valors normals de compost és la humitat, que és força baixa però està d'acord amb l'evolució del procés, ja que els regs han estat insuficients a l'etapa de maduració (veure Figura 3). També destaca un valor del pH que sembla excessivament alcalí per al compost sense bolquers, pel qual no es té una explicació raonable, i que podria ser degut a un possible error experimental. Tanmateix, el nostre grup ha observat valors de pH semblants en compost final, tot i que procedent d'altres residus.
- Quant a l'estabilitat, aquesta està d'acord amb el perfil obtingut de l'índex respiromètric durant el procés i que es mostrava a la Figura 4. Els valors finals obtinguts corresponen a un compost gairebé estable, tot i que la darrera part de la maduració, portada a terme en condicions de limitació per humitat, no ha permès que aquest valor fos encara millor. Per altra banda, respecte les mostres finals de procés, s'observa un lleuger augment en l'índex respiromètric en les mostres de compost, una situació que és típica d'aquest índex i que és deguda a l'efecte de concentració de la matèria orgànica més biològicament activa (el compost) respecte la menys activa (l'agent estructurant), que es dona quan es produeix el garbellat, i que ja s'ha observat en altres estudis amb FORM (3). Per altra banda, el grau de maduresa, amb un valor de III, corrobora els resultats de l'índex respiromètric, en el sentit que manca una certa maduració del material.

- La higienització, en ambdós casos, ha estat molt efectiva, no detectant-se cap dels microorganismes patògens regulats a la legislació. Òbviament, els nivells de temperatura assolits i els voltejos realitzats són adequats per assegurar que es tracta d'un compost plenament higienitzat.
- Per últim, i en relació a la presència de metalls pesants, els nivells detectats a tots dos materials són molt baixos. En concret, tots dos entrarien en la classe A definida al Real Decreto 824/2005, que és la base de la legislació espanyola de fertilitzants. L'única excepció seria el cas del zinc per al compost amb bolquers, que dona un valor coincident amb el límit de la classe A de compost. Tot i que a nivell estadístic no es poden treure conclusions validades donat que només es disposa de dues mostres, aquesta concentració superior en zinc podria ser deguda a la seva presència en els excrements infantils i/o a l'ús de cremes antisèptiques per a la pell dels nens, que solen contenir aquest metall. Per als altres metalls, les diferències entre els dos materials són poc significatives, ja que tots els valors estan molt allunyats dels límits.
- Un aspecte que no s'ha analitzat en aquest estudi és la possible presència en el compost dels polímers superabsorbents que s'utilitzen actualment en la fabricació de bolquers d'un sol ús. S'entén que aquests polímers són de baixa biodegradabilitat i, per tant, romandran majoritàriament al compost. De totes formes, a la prova realitzada a escala real, no es van observar restes d'aquests materials. També creiem que seria pràcticament impossible detectar-los a nivell analític ja que no es tenen dades concretes de la seva composició i que l'única forma de saber si provoquen alguna alteració en la qualitat del compost seria fent proves agronòmiques a escala real.

Conclusions finals

Dels resultats continguts, es pot concloure que:

- L'aportació de bolquers en un 3% en pes sobre la FORM no té cap efecte rellevant sobre el procés de compostatge, que es desenvolupa amb total normalitat i seguint les evolucions típiques de tots els paràmetres analitzats.
- Els bolquers tampoc tenen cap efecte significatiu sobre la qualitat del compost final en els paràmetres que s'han analitzat, ja que en ambdós casos es pot considerar que s'obté un compost de qualitat, suficientment estabilitzat i higienitzat.
- Visualment, no s'han observat restes de polímers superabsorbents al producte final, tot i que s'entén que són de baixa biodegradabilitat i que majoritàriament s'incorporaran al compost final.
- Tot i que algunes parts del bolquers no queden degradades, aquestes són separades de forma efectiva en el garbellat. És evidentment que al llarg de successius períodes de compostatge, aquestes parts s'acabarien acumulant en el material recirculat, però donada la proporció d'aquest material, sembla que l'efecte també seria mínim. Per tal d'assolir conclusions definitives, sembla bastant clar que aquesta incorporació de bolquers a la FORM hauria de fer-se durant períodes més llargs, amb diferents recirculacions.
- En FORMs amb un contingut d'impropis més elevat, i en plantes on els sistemes de refinat són més complets, encara sembla que l'efecte dels bolquers hauria de ser menor.

A Bellaterra, a 3 de novembre de 2008

Joan Colón
Antoni Sánchez

Referències

1. Barrena, R., Pagans, E., Faltys, G. i Sánchez, A. Effect of inoculation dosing on the composting of source-selected organic fraction of municipal solid wastes. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 81, 3, 420-425 (2006).
2. Barrena, R., Cánovas, C. i Sánchez, A. Prediction of temperature and thermal inertia effect in the maturation stage and stockpiling of a large composting mass. *Waste Management*. 26, 9, 953-959 (2006).
3. Ruggieri, L., Gea, T., Mompeó, M., Sayara, T. i Sánchez, A. Performance of different systems for the composting of the source-selected organic fraction of municipal solid waste. *Biosystems Engineering*. 101, 1, 78-86 (2008).
4. Gea, T., Barrena, R., Artola, A. i Sánchez, A. Monitoring the Biological Activity of the Composting Process: Oxygen Uptake Rate (OUR), Respirometric Index (RI) and Respiratory Quotient (RQ). *Biotechnology and Bioengineering*. 88, 4, 520-527 (2004).
5. Barrena, R., Vázquez, F. i Sánchez, A. The Use of Respiration Indices in the Composting Process: A Review. *Waste Management and Research*. 24, 1, 37-47 (2006).
6. Barrena, R., d'Imporzano, G., Ponsá, S., Gea, T., Artola, A., Vázquez, F., Sánchez, A. i Adani, F. In search of a reliable technique for the determination of the biological stability of the organic matter in the mechanical-biological treated waste. *Journal of Hazardous Materials*. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.05.141
7. Ponsá, S., Gea, T., Alerm, L., Cerezo, J. i Sánchez, A. Comparison of aerobic and anaerobic stability indices through a MSW biological treatment process. *Waste Management*. 28, 12, 2735–2742 (2008).

Annex I: Imatges de la prova realitzada:



Imatge 1: Preparació del mòdul de compostatge (FORM sense bolquers).



Imatge 2: Preparació del mòdul de compostatge (FORM amb bolquers).



Imatge 3: Càrrega del mòdul de compostatge.



Imatge 4: Càrrega del mòdul de compostatge.



Imatge 5: Bolquers triturats.



Imatge 6: Bolquers triturats.



Imatge 7: Bolquers triturats.



Imatge 8: Bolquers triturats.



Imatge 9: Seguiment dels mòduls.



Imatge 10: Presa de mostra als mòduls.



Imatge 11: Imatge de les dues piles a la part final del procés (front: sense bolquers: darrere: amb bolquers).



Imatge 12: Detall de la pila de maduració amb bolquers a la part final del procés.



Imatge 13: Procés de garbellat de les piles de maduració.



Imatge 14: Procés de garbellat de les piles de maduració.



Imatge 15: Material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers.



Imatge 16: Material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers.



Imatge 17: Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila sense bolquers.



Imatge 18: Detall del rebuig del material recirculat procedent del garbellat de la pila amb bolquers.



Imatge 19: Detall del rebuig del material reciclat procedent del garbellat de la pila amb bolquers.



Imatge 20: Comparativa de rebutjos (esquerra: sense bolquers: dreta: amb bolquers).



Imatge 20: Compost final procedent del garbellat de la pila amb bolquers.



Imatge 21: Compost final procedent del garbellat de la pila sense bolquers.