



UNIVERSITAT DE BARCELONA



Departament d'Enginyeria Química
Facultat de Química
Martí i Franquès, 1, 6^a planta
08028 Barcelona

AVALUACIÓ DE DIFERENTS MODELS DE COMPOSTADORS DOMÈSTICS.

Ref. EMSHTR: Exp. 255/07
 Doc. 1552/07

Dra. Elisabet Rudé i Payró
Prof. Titular del Departament d'Enginyeria Química
Tel. 93.403.48.51 e-mail: elisabet.rude@ub.edu

i

Dr. Ricard Torres Castillo
Prof. Titular del Departament d'Enginyeria Química
Tel. 93.403.40.99 e-mail: rtorres@ub.edu

Barcelona, febrer de 2008

Els resultats d'experiències pilot realitzades en compostatge a petita escala, a Catalunyaⁱ, pronostiquen un creixement d'aquests sistemes de tractament de residus. Abocar, cada dia és més car; de manera que compostar al domicili, per l'ajuntament i pel ciutadà, és un bon sistema d'estalvi. De fet, compostar la fracció orgànica dels RM (FORM) al domicili, no només estalvia el cànon d'abocament, sinó que estalvia transport, contenidors en la via pública, operacions de triatge, i l'energia i contaminació que se'n deriva d'aquests. Per tant, el compostatge a petita escala representa una gestió més sostenible dels residus i contribueix a assolir les fites de la Directiva 1999/31/CE, relativa a l'abocament de residusⁱⁱ.

Per tal que aquest tipus d'actuacions s'estenguin, de forma considerable, a tot el territori català; cal pensar en una metodologia de compostatge on la participació de l'usuari sigui la mínima possible (això no exclou que l'usuari interessat en el tema pugui tenir una participació més activa). Es tracta de plantejar un sistema en el que l'usuari llença la FORM a un contenidor que té ell mateix, anomenat compostador, en lloc de llençar-la al contenidor tradicional, que li queda més lluny.

Tot i que, a nivell industrial, hi ha força estudis sobre el compostatge; a nivell casolà, encara no hi ha estudis tècnics o científics que permetin optimitzar-lo i divulgar-ne la seva funcionalitat. És per això que, abans d'afavorir l'extensió del compostatge casolà, es planteja un estudi per analitzar i comparar diferents sistemes de compostatge casolà.

Aquest estudi ha estat coordinat pels doctors, per la Universitat de Barcelona (UB), Elisabet Rudé i Payró i Ricard Torres Castillo, professors titulars del Departament d'Enginyeria Química de la Facultat de Química de la UB.

L'estudi es va iniciar el 23 de març de 2007 i ha tingut una durada de deu mesos. La recerca s'ha organitzat en sis Projectes Final de Carrera per als ensenyaments d'Enginyeria Química (EQ) i de Ciències Ambientals (CCAA), la qual cosa garanteix una formació mínima dels estudiants; aquests han estat Gemma Arroyo (CCAA), Nieves Cantalejo (CCAA), Ana Cobo (EQ), Sergio Gómez (CCAA), Alberto González (EQ) i Francesc Payà (EQ). Tots ells han gaudit d'una beca gràcies al conveni establert amb l'Entitat Metropolitana de Serveis Hidràulics i Tractament de Residus (EMSHTR).

1. OBJECTIU

L'objectiu d'aquest treball consisteix en analitzar i comparar diferents models de compostadors, comercialitzats al nostre país, fent èmfasi en la idea que pugui utilitzar-lo qualsevol ciutadà, per inexpert que sigui. S'ha estudiat el funcionament a nivell científic-tècnic i a nivell d'usuari domèstic.

ⁱ Diari electrònic Vilaweb: "Sant Bartomeu del Grau Recicla, Reutilitza i Redueix." DILLUNS, 27/03/2006 - 14:00h

ⁱⁱ Directiva 1999/31/CE, de 26 d'abril de 1999, relativa a l'abocament de residus. Diari Oficial de la Comunitat Europea, de 16 de juliol de 1999, núm. L182.

2. MATERIALS I MÈTODES

La base de càlcul escollida per a la unitat productora de FORM ha estat una *vivenda tipus* situada a l'Àrea Metropolitana de Barcelona, consistent en una casa unifamiliar amb 2-3 persones, un jardí de 50-100 m² de gespa, i prou vegetació alta com per a proveir el material estructurant que calgui. S'ha triat aquesta vivenda per ser un valor mig de la zona d'estudi, segons dades de l'Entitat Metropolitana de Serveis Hidràulics i Tractament de Residus (EMSHTR). Els càlculs fets a partir de les dades de la mateixa Entitat porten a un valor aproximat d'1,5 kg/dia de FORM a compostar en el domicili.

Els criteris utilitzats per a la tria dels compostadors han estat: la disponibilitat al mercat nacional, la senzillesa d'operació i el cost unitari. Els compostadors que s'han triat per a dur a terme aquest estudi es presenten en la Taula 1. Aquesta taula inclou 8 compostadors comercials i un de dissenyat expressament per a l'estudi (290 C). Els compostadors comercials són sistemes estàtics que operen amb alimentació superior i extracció de compost per la part inferior. Estan dissenyats per a què l'usuari no hagi d'intervenir gaire en el procés i, per tant, no hagi d'invertir-hi temps. El sistema 290 C té un funcionament més complex que un compostador convencional. Consta d'un total de 5 safates i s'opera de la següent manera: s'alimenta la safata inferior, quan aquesta és plena, totes les safates puguen al lloc que ocupava la safata immediatament superior i la primera passa a la part inferior del compostador (en contacte amb el sòl). Aquest procediment fa que sempre s'alimenti la safata de baix de tot; mentre que el compost més madur resta sempre a la part superior i no es pot contaminar amb els lixiviats del material fresc.

A més d'aquests compostadors, s'ha posat en marxa un vermicompostador comercial (140 V). El funcionament del vermicompostador 140 V consisteix en afegir cucs a la safata inferior que es van alimentant. Quan aquesta safata és prou plena, es comença a alimentar la safata immediatament superior. En el moment en què els cucs considerin que han acabat l'aliment de la safata inferior, pujaran a la següent fins que acabin l'aliment, i així successivament fins arribar a la safata superior.

Els compostadors han començat a operar el dia 10 d'abril de 2007, llevat del model 290 F, que s'ha posat en marxa el 9 de juliol. En la Taula 3 es resumeixen algunes de les característiques d'aquests compostadors.

Els compostadors s'han ubicat als camps experimentals que la UB té a la Facultat de Biologia. Per tal d'evitar la insolació directa als compostadors, s'ha ombrejat una part del terreny tal i com es veu a la Il·lustració 1.

Els compostadors s'han alimentat diàriament i per igual amb restes orgàniques de cuina, sense excloure cap mena de component. Només en el cas del vermicompostador (140 V) s'ha eliminat de l'aliment la carn i el peix, atès que els cucs (*Eisenia Foetida*) no tenen dents. La posada en marxa d'aquest sistema ha consistit en inocular 4.784 g de cucs amb fems de vaca, que s'han anat alimentant amb 250 – 300 g diaris, valor que s'ha augmentat o disminuït amb la població de cucs.

Taula 1. Model i imatge dels compostadors triatsⁱⁱⁱ

200 B	290 C	290 F
		
300 P	370 P	390 P
		
400 P	420 P	450 P
		

Taula 2. Vermicompostador comercial.



ⁱⁱⁱ El volum aproximat que té un compostador és, sovint, el nom que li donen els fabricants i distribuïdors. Com en aquest estudi es pretén treballar amb volums comparables, el nom que s'ha donat als diferents sistemes de compostatge no coincideix amb el dels fabricants. La designació s'ha realitzat indicant el volum de la caracterització i una lletra que indica una característica del compostador: B = bossa, C = calaixos, F = fusta, P = plàstic, V = Vermicompostador.

Taula 3. Paràmetres més rellevants dels compostadors a utilitzar.

Denominació	Volum real (L)	Pes buit (kg)	Volum safata si s'escou (L)	Material de construcció	Alçada (cm)	Secció base (cm×cm)	Extracció compost (nombre i tipus)	Aireig	Preu orientatiu (€unitat)
140 V	140	9,5	28	Plàstic reciclat	---	50×50 (circular)	1 safata extraïble	-	200
200 B	200	0,4	-	Polietilè perforat	variable	variable	Total per la boca	Lateral	10
290 C	292	5,5	73	Plàstic reciclat Fabricació pròpia	90	63×68	1 safata extraïble	Lateral i inferior	150
290 F	317	26,5	-	Fusta	80	63×63	4 costats (cal desmuntar 1 frontissa)	Lateral	175
300 P	301	10,6	-	Plàstic reciclat amb cambra d'aire	82	67×67 (octogonal)	2 portes inferiors	Lateral	150
370 P	370	25,6	-	Polietilè reciclat	80	68×68	1 porta inferior	Lateral	100
390 P	394	10	-	Plàstic reciclat	85	78×78	1 porta inferior	Lateral	70
400 P	420	27,8	-	Plàstic mixt reciclat	100	67,5×67,5	4 costats (cal desmuntar 1 frontissa)	Lateral	150
420 P	423	15,5	-	Plàstic	102	76×76	1 porta inferior	Inferior	120
450 P	450	15,9	-	Plàstic reciclat	81	67×67 (octogonal)	4 costats (cal desmuntar 1 frontissa)	Lateral	150



Il·lustració 1. Fotografies del sistema d'ombregat. A l'esquerra, moment del muntatge; a la dreta, el sistema definitiu.

Cada 15 dies, aproximadament, i només en l'època en què n'hi ha hagut, s'ha alimentat gespa, l'equivalent^{iv} a una dallada en la *vivenda tipus*, juntament amb material estructurant (branquillons), si es creia necessari. L'addició de gespa no s'ha efectuat en el vermicompostador per tal d'evitar un augment en la temperatura que eliminés els cucs.

Del material que s'ha afegit a cada compostador se n'ha pres el pes amb una bàscula convencional de cuina i la composició qualitativa, però, ni s'ha triturat, ni s'ha seleccionat. Només s'han trencat aquelles peces que superaven els 10 cm, aproximadament.

L'estat del procés s'ha comprovat seguint, cada dia, una sèrie de variables, de les quals la massa del sistema és una de les més importants perquè facilita la reducció de matèria aconseguida. Aquesta operació s'ha efectuat per pesada amb una balança del tipus dinamòmetre (Il·lustració 2). A més de la massa, s'ha mesurat, diàriament, l'alçada del material, i s'han realitzat observacions visuals i olfactivas (sempre, abans d'alimentar). Cada mitja hora s'ha mesurat la temperatura al centre del material del compostador i la temperatura ambient. I amb una freqüència setmanal, aproximadament, s'han pres mesures de temperatura en diferents punts del material. De forma més esporàdica, s'ha mesurat la humitat, el pH i la conductivitat. Ja en la fase final de l'estudi, s'ha determinat el grau d'estabilitat del compost obtingut mitjançant el test d'autoescalfament.



Il·lustració 2. Moment de la pesada d'un compostador.

3. EVOLUCIÓ DELS DIFERENTS SISTEMES

En aquest apartat es presenten els resultats més rellevants de l'estudi en quant a l'evolució de les diferents variables estudiades i a la física dels compostadors (facilitat d'operació, envelliment, durada, capacitat, flexibilitat, ...).

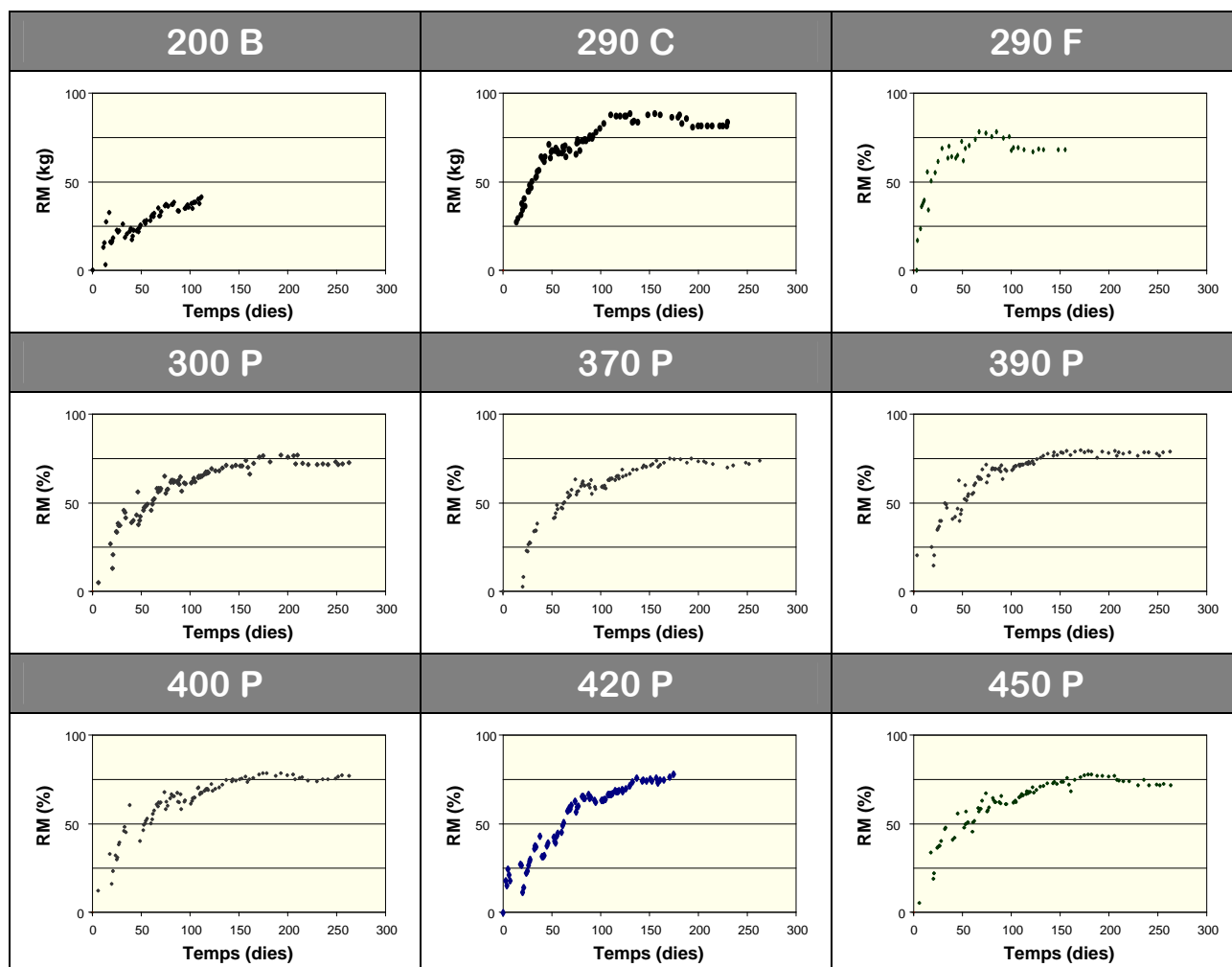
3.1. EVOLUCIÓ DE LA REDUCCIÓ DE MATÈRIA

A la Taula 4 es presenta l'evolució de la reducció de matèria (RM) observada per als diferents compostadors. Es pot veure que, després de 2 mesos d'operació, pràcticament tots els compostadors han superat el 50 % de reducció de matèria. Tot i que caldria veure l'evolució d'un segon any, el fet que el compostador 290 F aconseguixi reduir la matèria més ràpidament no s'atribueix a l'acció del compostador;

^{iv} Cal notar que la aquesta quantitat de gespa pot variar molt d'una vivenda a una altra ja que depèn de factors com la varietat de sembrada, la irrigació, la insolació o la protecció al vent.

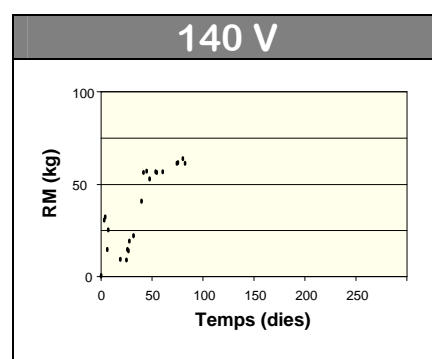
aquesta degradació sembla més imputable al fet de posar-lo en marxa quan la temperatura ambiental era més elevada (població d'organismes més nombrosa que comporta una superior velocitat de degradació de la matèria orgànica). En aquest moment, també cal considerar l'efecte de la composició de les restes de matèria orgànica (productes humits i fàcilment degradables com gespa, verdures, fruites, etc.).

Taula 4. Evolució de la reducció de matèria (RM) en els diferents compostadors.



Cal destacar la finalització prematura dels compostadors 200 B i 420 P. El compostador 200 B en pocs dies d'operació ja demostra que no degrada la matèria orgànica a la mateixa velocitat; si més no, amb el sistema d'alimentació diària que s'ha utilitzat en aquest estudi. Això, unit a l'olor, a l'aspecte anaeròbic, a la incomoditat d'haver-lo de deslligar i de lligar cada vegada que s'ha d'alimentar, i a la seva manca d'estabilitat (en ús diari), ha fet que es descartés als 110 dies d'operació. Pel que fa al compostador 420 P

Taula 5. Evolució de la reducció de matèria (RM) en el vermicompostador.



s'ha aturat als 180 dies d'operació, no perquè no degradés, sinó perquè ha resultat massa incòmode per a treballar.

En el cas del vermicompostador 140 V s'assoleix un nivell de reducció de matèria inferior al dels compostadors (Taula 5); però, atès el poc temps de funcionament, degut a què quan la temperatura ambient va ser elevada, tots els cucs van morir, no es pot considerar concloent. Es pot però deduir que, a l'estiu, un vermicompostador no es pot ubicar a l'exterior. Per aquest motiu el sistema 140 V es deixa al marge de l'estudi.

La Taula 6 resumeix les variables *Alimentació Total Alimentada* (ATA) i *Matèria Restant al Compostador* (MRC) a 263 dies i presenta la reducció de matèria (RM) a 170 i 263 dies. S'ha presentat aquesta RM a 170 dies, per tal de poder-la comparar amb el compostador que es va posar en marxa més tard, el 290 F. En ple estiu (a 170 dies, llevat del 290 F), la majoria dels compostadors han proporcionat reduccions de matèria lleugerament superiors al 75 %; mentre que, al hivern baixa lleugerament aquesta reducció de matèria, però continua estant per sobre del 70 %. Cal observar que la reducció de matèria ha estat més elevada del que s'ha trobat a la bibliografia per altres països; així Iyengar i Bhave (2006^v) arriben a un 60 – 70 %, o Jasim i Smith (2003^{vi}) aconseguen una reducció de matèria del 53 %.

Dels valors d'aquesta Taula 6, se'n desprèn que l'eliminació de matèria no és un paràmetre concloent a l'hora de triar o rebutjar un compostador.

Taula 6. Comparativa de la reducció de matèria a 2 terminis diferents.

COMPOSTADOR	Alimentació total acumulada*	Matèria restant al compostador*	Reducció de matèria	
	ATA (kg)	MRC (kg)	RM a 170 dies (%)	RM a 263 dies (%)
140 V	21,0	8,4	60,0 (a 84 dies)	
200 B	116,5	68,4	41,3 (a 110 dies)	
290 C	175,0	28,3	83,6 (a 170 i 230 dies)	
290 F	148,9	47,8	67,9	---
300 P	273,7	71,0	74,9	74,0
370 P	273,6	77,3	76,0	71,6
390 P	288,7	62,0	79,4	78,5
400 P	281,8	64,8	77,8	77,0
420 P	200,0	42,0	79,0	---
450 P	269,5	74,0	75,7	72,5

* Variables preses a 263 dies.

^v Iyengar, S. R. and Bhave, P. P. In-vessel composting of household wastes. *Waste Management* **26**. (2006) 1070-1080.

^{vi} Jasim, S. and Smith, S.R. (2003) The Practicability of Home Composting for the Management of Biodegradable Domestic Solid Waste. Final Report to The Norlands Foundation, Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, UK (revisat en 2006).

3.2. EVOLUCIÓ DE L'ALÇADA DEL MATERIAL

Per a estudiar la idoneïtat del volum a utilitzar, s'ha comptabilitzat, diàriament, l'alçada de material acumulat en els compostadors. Aquest paràmetre segueix un patró similar al de la massa: inicialment, es produeix un augment ràpid de l'alçada i amb el temps es va descelerant. Es produeixen, això sí, importants pics quan s'afegeix la gespa acabada de dallar. La Taula 7 recull les alçades màximes (en cm i en % del total) que han assolit els diferents sistemes estudiats. S'observa que, després de 9 mesos d'operar els compostadors sense haver extret compost acabat, l'alçada del material és de l'ordre d'un 60 % de l'alçada total del compostador. Aquest percentatge permet estimar que el volum utilitzat en els compostadors de l'estudi ha estat sobredimensionat per la vivenda tipus triada.

Taula 7. Comparativa de l'alçada màxima assolida en cada compostador.

COMPOSTADOR	Alçada total del compostador (cm)	Alçada màxima assolida	
		(cm)	(%)
140 V ^{vii}	---	---	---
200 B ^{iv}	---	---	---
290 C ^{iv}	---	---	---
290 F	80	33,0	41,3
300 P	82	50,0	61,0
370 P	80	46,0	57,5
390 P	85	51,0	60,0
400 P	100	55,5	55,5
420 P	102	57,0	55,9
450 P	81	41,0	50,6

3.3. EVOLUCIÓ DE LA HUMITAT

En la Figura 1 es presenta el percentatge de vegades (al llarg de tota l'experimentació) que cadascun dels compostadors s'ha trobat massa sec (per sota d'un 40 %), humitat correcta (entre un 40 % i un 60 %) o massa humit (per sobre del 60 %).

La Figura 1 ha conduït a una classificació inicial dels compostadors, segons la tendència que mantenen respecte de la humitat, en secs, correctes i molls. Tot i aquesta senzilla classificació, mostrada en la Taula 8, s'ha de considerar la influència meteorològica; aquesta pot fer que, en un moment puntual, un compostador difereixi de la seva tendència general. D'altra banda, el compostador 290 F, tot i no ser

^{vii} No és procedent.

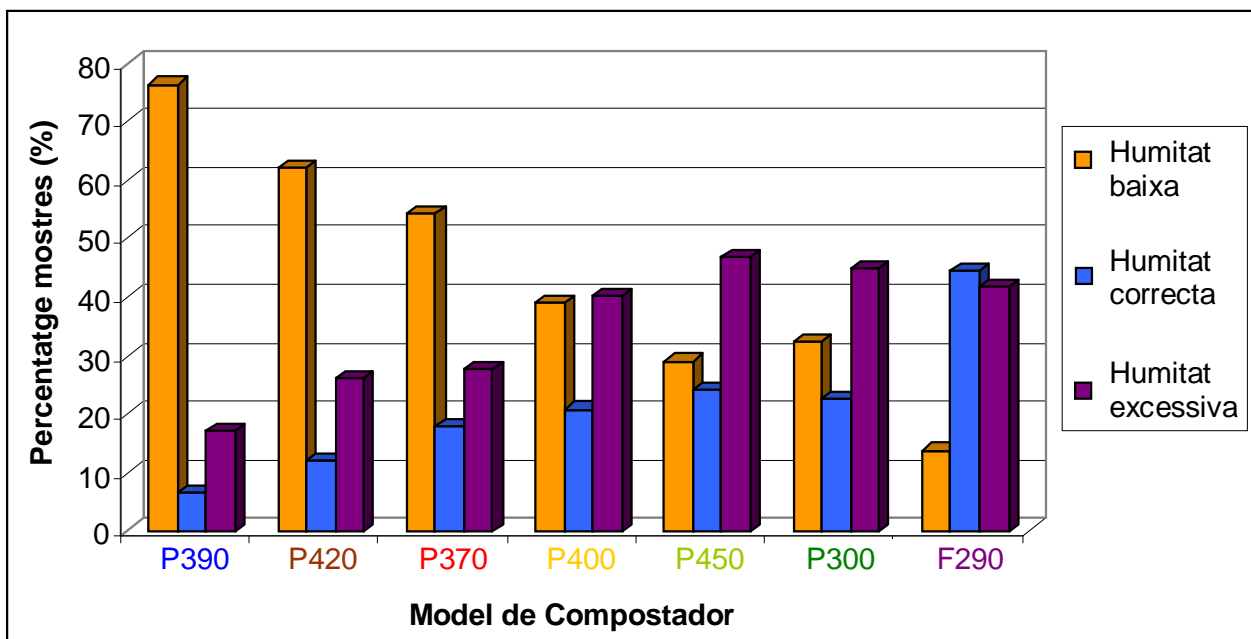


Figura 1. Percentatge d'ocasions en què s'ha trobat un nivell baix, normal o excessiu d'humitat en cada compostador.

excessivament moll, és el compostador que amb menys freqüència ha donat resultats massa secs i, en canvi, ha resultat ser massa humit en un 40 % de les mesures; de fet es podria classificar com a correcte/moll.

Un aspecte comú a tots els compostadors ha estat la important diferència entre la humitat al centre i al lateral per a una mateixa secció horitzontal. Aquesta diferència ve determinada per l'entrada d'aire als compostadors (lateral).

Taula 8. Classificació sinòptica dels compostadors en funció de la seva humitat.

Classificació	Sec	Correcte	Moll
Compostador	370 P	300 P	290 F
	390 P	400 P	
	420 P	450 P	

Quan un compostador ha presentat excés d'humitat, s'ha remenat el seu contingut (sempre en la part més superficial) per homogeneïtzar els laterals amb el centre. Ara bé, aquest no ha estat un problema freqüent. Ha estat molt més freqüent la manca d'aigua. En aquest cas s'ha afegit aigua al sistema. En algunes ocasions s'ha regat el terra per tal que el material anés adsorbint la humitat quan ho necessités. L'efecte d'aquesta acció sembla positiu però caldria estudiar específicament aquest paràmetre.

3.4. EVOLUCIÓ DE LA TEMPERATURA

El monitoratge de la temperatura en la fracció més baixa del compostador, la corresponent al primer compost que es podrà extreure ha estat molt similar en tots els sistemes. La Figura 2 mostra els primers dies d'evolució del compostador 400 P. La primera setmana transcorre a temperatura ambiental en tots els compostadors, degut a què la massa inicial no és significativa i la poca calor produïda escapa fàcilment del compostador. Tal i com es va alimentant gespa, la temperatura dels compostadors va pujant; de fet al cap de poques hores d'alimentar la gespa, la temperatura ja puja de forma important per la seva elevada biodegradació i per l'increment de massa que suposa aquesta gespa. L'excepció de la temperatura la constitueix el compostador 200 B, que només ha passat de 30 °C de forma molt esporàdica.

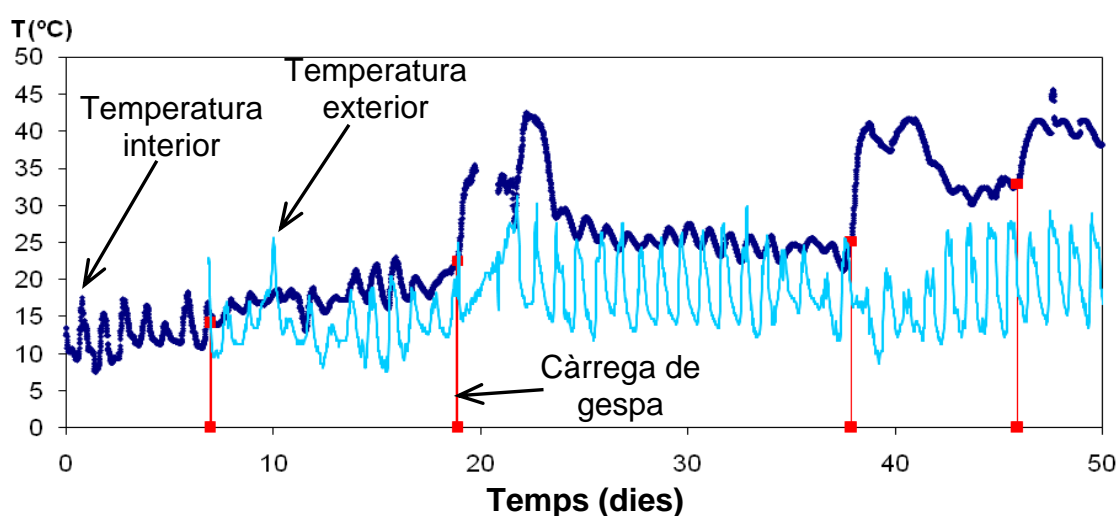


Figura 2. Primers dies d'evolució de la temperatura dins i fora del compostador 400 P. S'indiquen les càrregues de gespa.

En aquesta part inferior dels compostadors la temperatura continua en valors propers als 40 °C i cada vegada està menys afectada per la temperatura exterior. La temperatura ja no puja més degut a l'augment de la distància amb la zona d'alta temperatura, que és on s'alimenta. De fet, quan ja no hi ha producció de gespa, la temperatura del material baixa de forma significativa com es pot veure en la part final de la Figura 3.

Aquesta Figura 3 presenta el perfil de temperatura a tres alçades diferents: 1/3, 1/2 i 2/3 mesurades des de baix, per al compostador 400 P. Tret del sistema 200 B, en el que la manca d'equilibri no permet comparar-lo, i del 290 C, en el qual les fondàries són molt menors, la resta de compostadors han evolucionat d'una forma similar. Hi ha alguns aspectes que val la pena destacar. En primer lloc, la capa inferior no assoleix temperatures elevades. En segon lloc, la temperatura de meitat superior depèn molt de què s'alimenti gespa; si s'afegeix gespa la temperatura pot arribar a ser força elevada, si no s'alimenta gespa la temperatura baixa molt. Cal notar que encara que la fracció superior arribi a temperatures d'higienització, aquesta no es pot assegurar mai amb la

temperatura, ja que la fracció inferior no arriba a aquestes temperatures i es pot contaminar amb el material fresc alimentat.

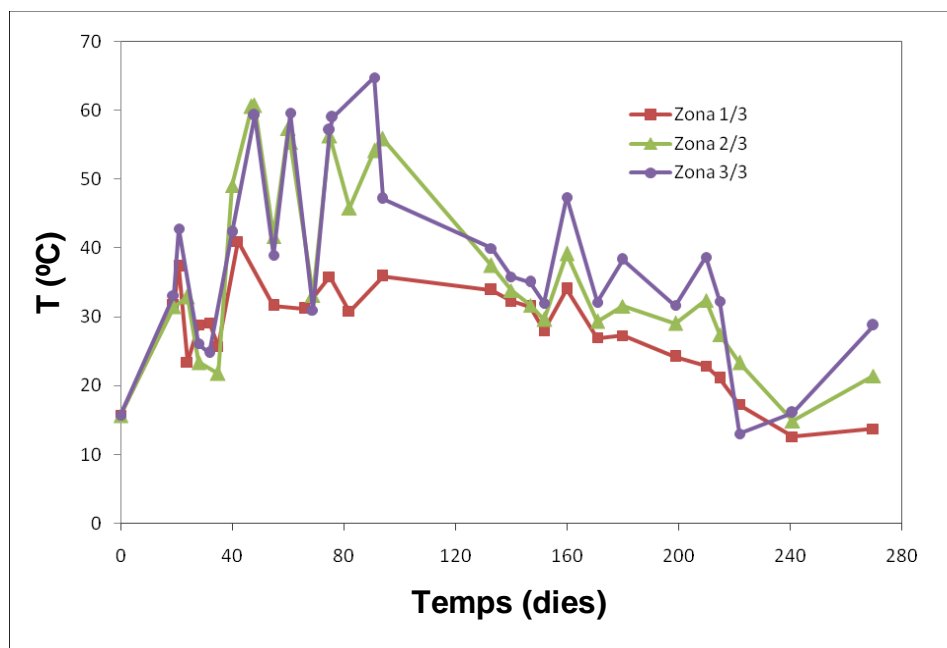


Figura 3. Evolució de la temperatura a diferents nivells de profunditat del material per el compostador 400 P.

3.5. EVOLUCIÓ DE L'ASPECTE

Per a l'avaluació d'aquest paràmetre, s'ha dividit el període en tres intervals de temps corresponents a diferents condicions d'operació:

- a) Els tres primers mesos: En aquest període s'ha addicionat gespa, però no s'ha mesclat el material, per tal de simular el funcionament del procés en el cas particular que l'usuari no s'impliqui en el procés de compostatge i adopti una actitud passiva.
- b) Del quart al setè mes: S'ha addicionat gespa i s'ha remenat el material amb cada càrrega de gespa, barrejant-la amb el material abocat anteriorment. També s'ha barrejat quan la situació ho requeria. D'aquesta manera s'ha simulat el funcionament del sistema en cas que l'usuari adopti una actitud activa. Aquest canvi d'actitud comporta una evolució de l'aspecte diferent respecte a l'observada en el període anterior, ja que no s'arriba mai a tenir tanta acumulació de residus orgànics.
- c) Vuitè i novè mes: No s'ha addicionat gespa (en aquesta època de l'any no se'n disposa) i s'ha barrejat sempre que ha estat necessari.

De l'aspecte se n'avalua l'estat de degradació, l'heterogeneïtat / homogeneïtat, la coloració, la humitat superficial, les floridures, l'oxidació, etc.

Taula 9. Evolució de l'aspecte del material.

Període		
Tres primers mesos	Del quart al setè mes	Vuitè i novè mes
Condicions		
<p>Temperatures moderades a l'inici del període (16-20°C). Més elevades cap al final (20-25°C).</p> <p>Càrregues de gespa quinzenals.</p> <p>No es barreja.</p>	<p>Temperatures elevades a l'estiu (25°-30°C), més moderades a la tardor (16-22°C).</p> <p>Càrregues de gespa quinzenals.</p> <p>Es barreja.</p>	<p>Temperatures baixes (10-18°C).</p> <p>No es carrega gespa.</p> <p>Mescla més habitual.</p>
Aspecte en superfície		
<p>En començar el cicle només s'observa herba.</p> <p>Segons passen els dies fins a la següent càrrega el material es va acumulant, s'observa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pasta de residus orgànics en diferent grau de descomposició. - Material humit i compactat. - Creixent extensió amb oxidació i floridures. <p>La situació torna a iniciar-se amb la següent càrrega.</p>	<p>Aparença similar a la del primer període pel que fa als cicles establerts per l'herba.</p> <p>Trencament dels cicles per les mescles puntuals que donen lloc a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Barreja terrosa amb gespa i restes orgàniques. - Material esponjós. - Disminució restes oxidades i amb floridures. 	<p>Acumulació progressiva de material com el primer període però amb una humitat molt més elevada.</p> <p>No hi ha cicles per l'absència de càrrega de gespa.</p> <p>Es modifica l'aspecte cada cop que es barreja, adquirint l'aspecte posterior a la mescla descrit al segon període però sense restes d'herba.</p> <p>Igualment, esponjós, sense floridures, etc.</p>
Perfil		
<p>Alternança de capes de restes de menjar i restes vegetals.</p>	<p>Homogeni.</p> <p>Compost més madur en profunditat.</p>	<p>Homogeni.</p> <p>Compost més madur en profunditat.</p>
Diferència centre – lateral		
<p>Lateral més sec i amb menys acumulació de restes de menjar.</p>	<p>Homogeneïtzació amb la mescla que només es manté alguns dies.</p>	<p>Homogeni. No hi ha diferències.</p>

En tots els compostadors s'han trobat unes pautes generals d'evolució de l'aspecte que es resumeixen a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

3.6. EVOLUCIÓ DE LES OLORS

Al llarg d'aquests mesos les olors s'han reduït a cinc o sis tipologies d'olors que s'anaven succeint i canviant d'intensitat segons les condicions que es donaven. De nou es consideren els tres períodes descrits en l'apartat anterior.

Les olors que s'han arribat a percebre en aquest temps han estat:

- *Herba*: Apareixia en els moments de càrrega de gespa i perdurava més o menys dies segons diversos factors, com la pèrdua d'humitat que hi havia, si es barrejava molt amb el material de sota, etc. És una olor neutre, que no és desagradable.
- *Matèria orgànica fresca*: Propi del moment immediatament posterior de la càrrega d'aliment.
- *Descomposició*: Fruit de varis dies seguits de càrrega de fracció orgànica sense barrejar. Els residus que hi ha en superfície s'estan degradant. Pot arribar a ser desagradable si la intensitat és elevada.
- *Humus - Terra* : Propi dels compostadors que s'han barrejat fa pocs dies.
- *Amoníac*: Indica excés de material nitrogenat. S'associa freqüentment a dies posteriors a la càrrega de gespa.
- *Putrefacció*: Propi de zones amb humitat molt elevada, on no té accés l'oxigen i es donen reaccions anaeròbiques. Pel seu origen, no es poden donar en superfície, pel que es detecten en moure el material per veure el seu estat o en barrejar. Les pluges i les baixes temperatures afavoreixen la creació d'aquestes zones, així com l'abocament continuat de restes de cuina sense barrejar.

En la primera fase de l'estudi, en què no s'ha barrejat, s'ha observat uns cicles en quant a l'evolució de les olors detectades, que es donaven entre càrregues de gespa. La Figura 4 mostra un d'aquests cicles. El temps zero correspon al dia en què s'ha fet la càrrega de gespa. L'endemà de la càrrega (dia1) predomina l'olor a herba. En els dies següents destaca l'olor a amoníac que va variant la seva intensitat fins al dia 10 en què es comença a percebre olor a descomposició. El dia 15 es fa una nova càrrega de gespa que determina l'inici d'un nou cicle que es caracteritza igualment per una olor d'herba durant els primers dies després de la càrrega. S'observen però lleugeres diferències respecte el període anterior: l'olor a amoníac desapareix abans i l'olor a descomposició apareix abans que en el cicle anterior i arriba a ser molt més intensa.

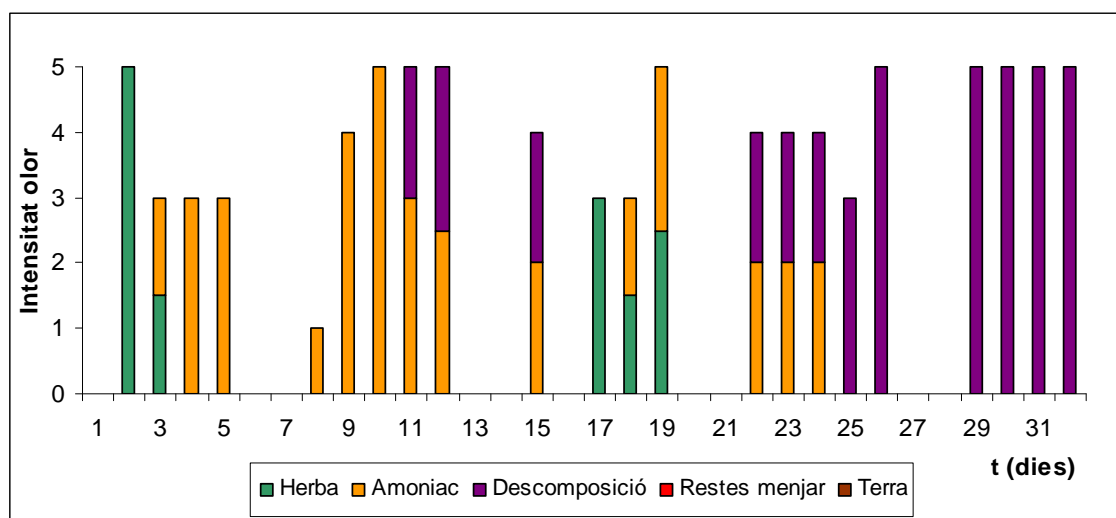


Figura 4. Evolució de les olors en els primers tres mesos de seguiment del procés.

La Figura 5 mostra l'evolució de l'olor en el segon període. Com a l'exemple anterior, es comença amb una càrrega de gespa que determina l'olor dels primers dies. Però a partir d'aquí l'evolució és diferent. No hi ha olors amoniacals, sinó que apareixen olors a matèria orgànica que, a mesura que es dona la degradació dels materials, passen a olors de descomposició. Aquesta tendència es troba truncada en diverses ocasions per l'agitació. A més a més, durant aquests dies es van produir pluges importants, pel que es va haver de barrejar per reduir la humitat. L'aparició de l'olor a terra és sempre posterior a una mescla, i aquesta acabarà per donar pas de nou a la de descomposició si es torna a donar acumulació de residus i no es remena. El dia 20 es dona una altra càrrega de gespa que marca l'inici d'un nou cicle molt similar a l'anterior. Només es diferencia en què cap els dies 28 i 29 es deixa de barrejar i l'olor a descomposició es fa més notable.

Cal destacar la menor intensitat de les olors en aquest període respecte al de la Figura 4. Les temperatures exteriors eren més baixes, les quals s'associen a olors menys intenses, i a més la pluja i les barreges atenuen notablement les olors fortes.

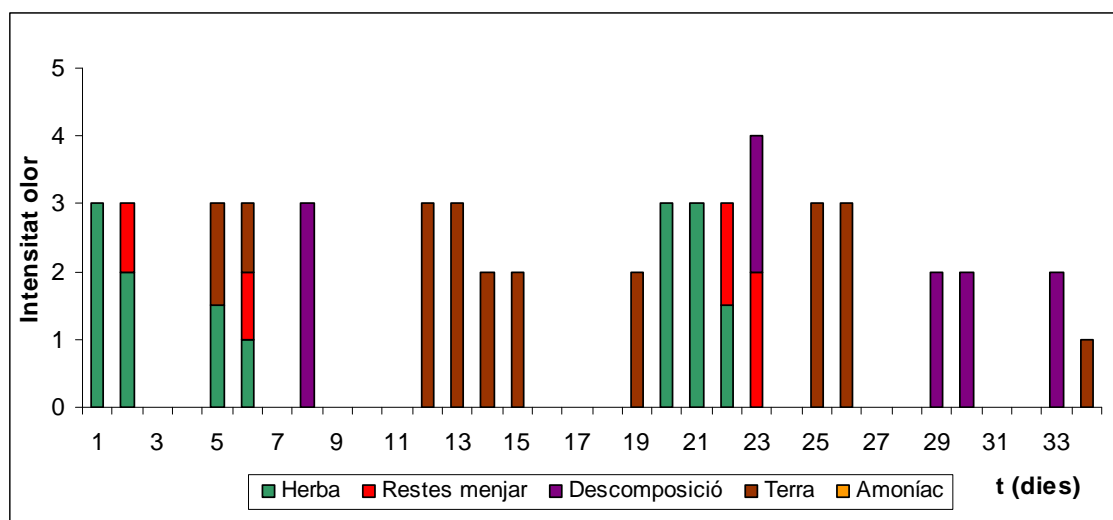


Figura 5. Evolució de les olors en el segon període de seguiment del procés (càrrega de gespa i mescla).

Cal destacar que la majoria de sistemes presenten, en el segon mes de funcionament, un màxim en l'atracció d'insectes i generació d'olors.

3.7. EVOLUCIÓ DELS MACROORGANISMES

Els organismes observats en superfície en major quantitat han estat escarabats, mosquetes de la fruita, mosques i formigues. També s'han pogut veure en menor quantitat: porquets de Sant Antoni, aranyes, vespes, mosques grans, i larves de la mosca negra soldat i mosquits. L'elevada humitat a la base del compostador atreïa a gran quantitat de llimacs i cucs. A les parets interiors del compostadors hi havien sovint cargols.

A la Figura 6 es mostra l'evolució observada en quant als quatre macroorganismes predominants.

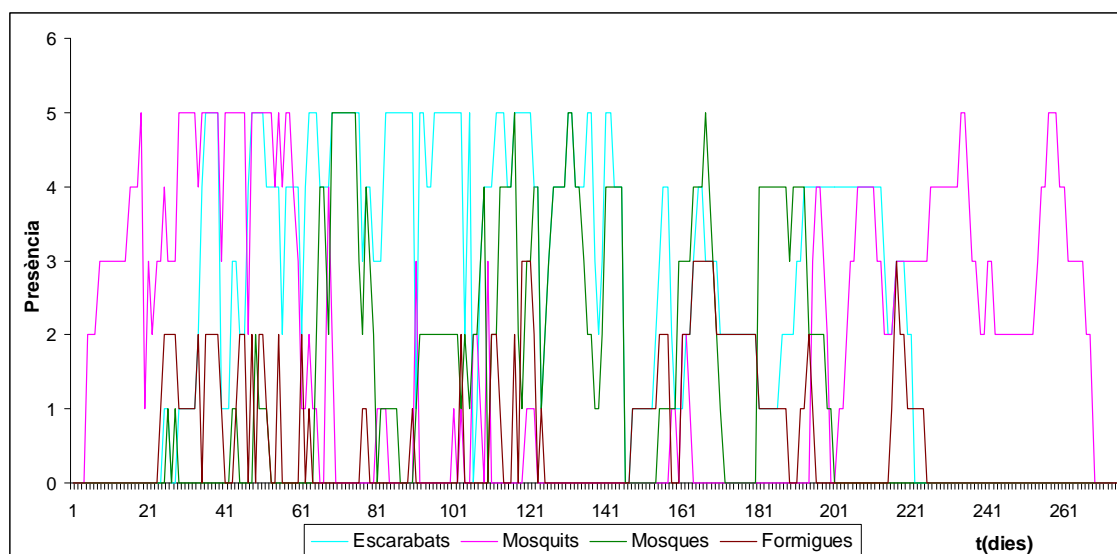


Figura 6. Evolució dels macroorganismes predominants durant el seguiment dels compostadors.

3.8. INTERACCIONS AMB EL PROCÉS

A través de senzilles actuacions es poden modificar alguns dels paràmetres que condicionen el compostatge optimitzant el procés o resolent aquells petits problemes que s'hagin pogut detectar. Les actuacions més comunes són la mescla i el reg.










La mescla s'ha utilitzat per a homogeneïtzar la humitat i la composició en la part superior del material, quan ha estat necessari (pluges, calor intensa, compactació del material, ...). Aquesta agitació ha portat associat un augment de la temperatura i una disminució de les olors.

Quan la temperatura ambiental ha estat molt elevada, l'evaporació de l'aigua i l'aireig han provocat una disminució important de la humitat. En aquest cas ha estat necessari regar i homogeneïtzar el material. En els casos en que el dèficit d'humitat no era molt gran, només es va regar el terra per tal que el material anés adsorbint l'aigua del sòl.

4. FACILITAT D'OPERACIÓ DELS COMPOSTADORS

La Taula 10 presenta les característiques relatives a la durada, ergonomia i altres aspectes dels compostadors que indiquen les dificultats i incomoditats que pot presentar la manipulació de cadascun d'ells.

Taula 10. Resum de les característiques d'operació dels diferents compostadors

	200 B	290 C	290 F	300 P	370 P	390 P	400 P	420 P	450 P
Imatge									
Consistència	Nul·la	A millorar	Elevada	Elevada	Elevada	Baixa	Elevada	Elevada	Elevada
Obertura d'alimentació	Incòmode. (s'ha d'obrir la bossa i intentar que aquesta resti oberta mentre s'aboca l'aliment).	Bona (extracció del calaix inferior).	Bona (milloraria amb un extrem de la tapa fixat a la paret lateral).	Bona (milloraria amb un les dues parts de la tapa més separades per facilitar l'agitació).	Bona (milloraria amb un extrem de la tapa fixat a la paret lateral).	Bona per mida dolenta per consistència de la junta amb el compostador.	Bona (milloraria amb una disminució de pes de la tapa).	Dolenta per l'ancoratge i la mida (difícil de fer més gran perquè perdria consistència).	Bona
Alçada	Bona	Bona (cal fer més altes les cistelles)	Bona	Bona	Bona	Bona	Massa alt (dificulta remenar).	Massa alt (dificulta remenar).	Bona
Sistema d'extracció del compost	Superior o trencant la bossa (no permet extracció del material més antic; només apte per operació discontinua).	Molt simple	Simple (eix metàl·lic que ha d'encaixar en orificis massa estrets).	Simple (milloraria amb portes més amples i millor ajustament de la tanca).	Simple (milloraria amb frontisses de més qualitat).	Simple (milloraria amb frontisses de més qualitat).	Simple (eix plàstic acabat en punxa que encaixa amb alguna dificultat en els orificis dels vèrtex)	Simple (milloraria amb portes més amples)	Simple (eix plàstic massa gruixut que ha d'encaixar en els orificis dels vèrtex)
Aireig	Escàs	Excessiu	Superfície d'exposició elevada en sec. Variable amb la humitat i l'alçada.	Lleugerament baix.	Correcte per a treballar a plena càrrega (l'aireig comença a una alçada considerable).	Excessiu per la baixa consistència.	Correcte (fàcilment adaptable).	Excessiu. El conus central dificulta l'agitació.	Correcte (massa homogènia en alçada).
Autoregulació de la humitat	Cap (la humitat s'acumula per manca d'aireig)	Escassa (la humitat s'acumula per manca de gruix de material).	Acceptable (la fusta regula la humitat amb lleugera tendència a l'excés d'aigua).	Acceptable si s'ajusten bé les portes inferiors.	Acceptable (tendència seca)	Escassa (la humitat no es manté per excessiu aireig).	Acceptable (cal ajudar-lo a l'estiu).	Escassa (la humitat no es manté per excessiu aireig).	Acceptable (cal ajudar-lo a l'estiu).

4.1. NOU MÈTODE PER A L'ESTIMACIÓ DE LA HUMITAT

Donat que un dels paràmetres que s'ha revelat més importants en l'estudi ha estat la humitat, s'ha assajat un nou mètode d'estimació d'aquest paràmetre.

El mètode desenvolupat es basa en determinar la humitat mitjançant la utilització d'un petit pal de fusta (el típic de les brotxetes), i consisteix, bàsicament, en introduir el pal dintre del material i, per simple observació de l'aspecte del pal i comparació amb uns patrons (com si fos un paper indicador de pH), estimar la humitat del material.

Per a la validació d'aquest mètode s'ha efectuat un estudi amb persones de diferents perfils. En l'estudi es lliurava un nombre no fixat de fotografies de pals que havien estat introduïts en un punt d'humitat coneguda d'un compostador i que els participants en l'estudi havien d'endevinar-ne la humitat per comparació amb unes fotografies patró preparades per aquesta finalitat. El resultat de l'estudi ha proporcionat un error del 5 al 15 % en el valor de la humitat estimada, que s'ha considerat prou satisfactori com per a utilitzar aquest nou mètode en compostatge casolà. A més, és més net i senzill que els existents.

5. CONCLUSIONS

- El vermicompostador (140 V) no elimina la necessitat d'evacuar la brossa orgànica en un domicili, requereix un procés llarg de posada en marxa i és massa vulnerable a les temperatures estiuenques. Per això s'ha exclòs de les conclusions posteriors.
- El compostador 200 B ha demostrat no ser adequat pel compostatge al domicili particular. Les raons són, bàsicament, dues: la dificultat d'alimentar diàriament el sistema i la dificultat per obtenir condicions aeròbiques, la qual cosa provoca males olors. Per aquests motius també s'ha exclòs de les conclusions posteriors.

Respecte dels 8 compostadors restants s'exposen, a continuació, les principals conclusions d'aquest estudi.

- El compostatge de la matèria orgànica generada en una vivenda es pot efectuar, amb bons resultats, en la pròpia vivenda, fins i tot, amb una baixa dedicació per part de l'usuari. Això comporta un important estalvi en el transport de les deixalles.
- La presència de components no recomanats per la bibliografia (carn, peix, ...) no ha presentat cap dificultat per al bon desenvolupament del procés.

- El comportament general dels 8 compostadors ha estat molt similar per a totes les variables. En tots ells s'ha constatat una certa dependència estacional.
- En les condicions de treball, d'alimentació diària, tots els compostadors han assolit un màxim de temperatura al voltant dels 60 °C.
- En les condicions del treball s'ha assolit valors de reducció de matèria d'un 70 — 80 %. A l'estiu s'assoleixen els valors més alts.
- Els resultats mostren que, per a la vivenda tipus escollida, seria suficient un compostador de 300 L de capacitat.
- S'ha assajat amb èxit un nou mètode d'estimació de la humitat.
- Tots els compostadors han evidenciat zones més seques (properes als orificis d'entrada d'aire) i zones més molles (el centre).
- Els invertebrats predominants, especialment, a l'estiu, han estat mosques de la fruita, escarabats, formigues i mosques.
- S'ha observat un cicle d'olors, temperatures i humitats entre càrregues successives de gespa.
- Les principals actuacions que ha de fer l'usuari són remenar després d'una pluja important i regar en èpoques de calor intensa, essent aconsellable barrejar just després de regar per tal d'homogeneïtzar el material i evitar males olors.
- S'ha demostrat que el compostador 290 C presenta un funcionament adequat, però les safates haurien de tenir el doble de la seva capacitat actual.
- El compost resultant ha presentat uns valors d'humitat, pH, conductivitat, matèria orgànica, relació C/N i grau de maduresa acceptables.
- L'anàlisi visual del compost resultant demostra una total absència d'impropis.

6. RECOMANACIONS

A continuació s'enumeren algunes de les recomanacions que se'n deriven d'aquest estudi.

- Continuar el monitoratge dels compostadors un segon any per tal de comprovar realment com afecta l'estacionalitat en el procés.
- Fer un seguiment del cabal i concentració d'oxigen dins dels compostadors.

- Modelitzar els resultats obtinguts.
- Comparació dels sistemes emprats amb els compostadors anomenats *Green Cone*.
- Experimentar amb un disseny de compostador que permeti reduir l'assecament en els laterals del compostador.
- Experimentar amb un disseny de compostador que permeti recollir els lixiviats per tal de fer-ne un seguiment (concentració de tòxics, cabals, ...).

Barcelona, a 29 de febrer de 2008

Signat

Dra. Elisabet Rudé i Payró

Dr. Ricard Torres Castillo

Profs. Titulars del Departament d'Enginyeria Química