

*Conveni ARC-ESAB/UPC*

**Condicions de compostatge *in situ* de  
dejeccions ramaderes sòlides**

*Josep Saña*

*Montserrat Soliva*

*Escola Superior d'Agricultura de Barcelona-UPC*

<u>1. <i>Introducció</i></u>	<u>4</u>
<u>2. <i>Les dejeccions ramaderes sòlides</i></u>	<u>4</u>
<u>3. <i>La composició de les dejeccions ramaderes</i></u>	<u>5</u>
<b>3.1 La via analítica</b>	<b>6</b>
3.1.1 LA IMPORTÀNCIA DEL MOSTREIG	6
3.1.2 PRESA DE MOSTRES DE DEJECCIONS LÍQUIDES	7
3.1.3 PRESA DE MOSTRES DE FEMS PASTOSOS I SÒLIDS	8
3.1.4 COMPOSICIÓ DE DEJECCIONS RAMADERES	9
<b>3.2 La via dels balanços</b>	<b>11</b>
<u>4. <i>Transformacions de les dejeccions ramaderes</i></u>	<u>16</u>
<b>4.1 Deshidratacions per mitjans físics</b>	<b>16</b>
4.1.1 SEPARACIÓ FÍSICA SÒLID/LÍQUID PER GRAVETAT	16
4.1.2 SEPARACIONS FÍSQUES SÒLID/LÍQUID AMB APORTACIÓ ENERGÈTICA	17
<b>4.2 Transformacions microbiològiques</b>	<b>18</b>
4.2.1 L'EFECTE DE LA TEMPERATURA	19
4.2.2 L'EFECTE DE LA PRESENCIA D'OXIGEN (O <sub>2</sub> )	19
<u>5. <i>EL compostatge</i></u>	<u>23</u>
<b>5.1 Avantatges del compostatge</b>	<b>24</b>
<b>5.2 Requisits per al compostatge</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Canvis que comporta el compostatge</b>	<b>25</b>
<u>6. <i>Situacions que es presenten en el compostatge de les dejeccions ramaderes</i></u>	<u>32</u>
<b>6.1 Fems molt pastosos</b>	<b>32</b>
<b>6.2 Deshidratats de purins</b>	<b>36</b>
6.2.1 INTERÈS DE LA DESHIDRATACIÓ	36
6.2.2 COMPOSICIÓ DEL DESHIDRATAT	40
6.2.3 CONDICIONS PER AL COMPOSTATGE DEL DESHIDRATAT	40
6.2.4 NIVELL DE DESHIDRATACIÓ QUE CAL ASSOLIR	47
<b>6.3 Fems amb abundant jaç</b>	<b>49</b>
<b>6.4 La gallinassa sòlida</b>	<b>50</b>
<u>7. <i>L'interès dels materials complementaris</i></u>	<u>50</u>
<u>8. <i>Altres opcions per al tractament de dejeccions ramaderes sòlides</i></u>	<u>52</u>

9. El bioassecatge 53

---

10. Bibliografia 59

---

**Annex.** Exemples d'instal·lacions de compostatge de dejeccions ramaderes.

# CONDICIONS PER AL COMPOSTATGE DE DEJECCIONS RAMADERES SÒLIDES A L'EXPLOTACIÓ

## 1. INTRODUCCIÓ

La situació actual de la nostra societat impulsa el control cada vegada més exhaustiu de la generació i la gestió de les dejeccions ramaderes, la prevenció de la contaminació d'aigües i la conservació dels sòls. Amb la perspectiva d'aquestes noves exigències ambientals, tot allò que faciliti i millori la gestió de les dejeccions ramaderes a la granja s'ha de valorar com un guany encara que costi fer-lo quadrar econòmicament.

Gestionar bé les dejeccions ramaderes no només és imprescindible per millorar-ne l'eficiència com a adobs i per prevenir problemes de contaminació, sinó també per evitar els cada vegada més freqüents problemes de convivència entre els ramaders i una població majoritàriament urbana i allunyada de la mentalitat agrària. El ciutadà, en general, té una altra percepció dels problemes ambientals, i fer una bona gestió de les dejeccions ramaderes, juntament amb el corresponent treball d'informació i divulgació, pot millorar-ne la comprensió de les activitats agropecuàries i les relacions veïnals.

Aquest panorama obliga els ramaders a ser responsables dels seus residus, com en qualsevol altre tipus d'activitat o indústria. I aquí el que procurarem és aportar un mínim d'informació tècnica i de criteris per poder valorar, en cada cas particular, quina és la millor opció, tant pel que fa a costos com en funció de la destinació que es vulgui o calgui donar a determinats tipus de dejeccions ramaderes. No seria sobrer aquí recordar el que apareixia en els contractes de masoveria al segle XIX: «Lo masover deurà cuydar ab lo major esmero de la conservació y bon ús de la palla, invertinla tota en fems y abono de les terres». «Lo masover tindrà la obligació de adobar la terra ab 225 boichs per cada jornal o ab quinze cargas de fems» dels contractes de masoveria del propietari Joaquim de Nuix (Segarra). Extret de *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*, 1996, R. Garrabou i J. M. Naredo.

Tot i que els materials orgànics residuals generats en més quantitat són els ramaders, no es pot oblidar que n'hi ha d'altres d'origen diferent —fangs de depuradora, compost de residus urbans, etc.—, la destinació dels quals també pot ser l'agricultura i que a vegades entren en competència amb els primers. És imprescindible, doncs, compaginar l'ús de tot aquest conjunt de potencials adobs orgànics, establint criteris de qualitat i normes d'aplicació comparables, i en determinades situacions, també prioritats.

## 2. LES DEJECCIONS RAMADERES SÒLIDES

Les característiques de les dejeccions ramaderes poden ser molt diferents segons espècie, edat del bestiar, tipus de granja, alimentació, maneig, etc. També són moltes les possibilitats d'emmagatzematge, aplicació i tractament. Tot això fa que per poder definir les pautes per gestionar-les correctament calgui abordar els punts següents:

- i) La composició. Sense conèixer-ne la composició és difícil establir com utilitzar-los correctament en el que hauria de ser la seva destinació natural, és a dir, la fertilització dels sòls. Existeixen taules que donen la producció

d'excrements segons el tipus de bestiar i altres que informen sobre la composició elemental, però pot ser que les unes o les altres estiguin poc actualitzades o no s'adeqüin a les característiques de la granja. Caldrà, doncs, saber com fer-ho per treure'n una informació útil i fiable i que alhora sigui fàcilment manejable, tant per a grangers com per a tècnics.

- ii) L'aspecte físic. Si ens centrem en el cas de les dejeccions ramaderes sòlides —que de manera genèrica aquí anomenarem *fems*, encara que no sempre tinguin l'aspecte amb què tradicionalment identifiquem aquests materials—, no tots tenen les mateixes característiques i, per tant, no s'hauran o no es podran manipular i utilitzar de la mateixa manera. Com que la terminologia és possiblement poc clarificadora, aquí en proposem una des del punt de vista dels tractaments a què se'ls pot sotmetre per a una gestió més bona:
- Fems amb abundant contingut de jaç.<sup>1</sup>
  - Fems molt pastosos.<sup>2</sup>
  - Fracció sòlida resultant de la deshidratació dels purins o dels fems molt pastosos, per mitjans físics.
  - Fracció sòlida resultant de l'assecatge tèrmic de purins.

Voldríem remarcar que, encara que aquí parlem de tractaments de dejeccions ramaderes, no volem pas dir que necessàriament s'hagi de fer quelcom diferent del que s'ha fet fins ara, ja que molt sovint l'alternativa més vàlida agronòmicament o ambientalment és continuar actuant igual que s'ha fet fins ara o amb petites modificacions. Ara bé, el que intentarem aquí és descriure els criteris perquè el ramader pugui valorar si, ateses les característiques de les seves dejeccions ramaderes i de la seva explotació, el que està fent és la millor manera d'actuar o n'existeixen d'altres de més favorables, no només des del punt de vista de l'adobatge o ambiental, sinó fins i tot pel que fa a costos.

També entenem que, sempre que sigui possible, els tractaments a què sigui imprescindible sotmetre les dejeccions ramaderes han de ser:

- i) El màxim de simples possibles.
- ii) Que requereixin la mínima dedicació.
- iii) Que siguin el màxim de robustos.

El que no pot ser és que el tractament de les dejeccions demani una dedicació excessiva que faci que se'n ressenti el que hauria de ser l'objectiu de l'explotació, que és fer un aliment de qualitat i amb el marge de benefici més gran possible.

### **3. LA COMPOSICIÓ DE LES DEJECCIONS RAMADERES**

Ja s'ha comentat que la composició de les dejeccions ramaderes depèn de molts factors i que, per tant, és molt variable: la taula 1 posa de manifest aquesta variabilitat. Per aquest motiu, els valors de composició de fems o purins que es

---

<sup>1</sup> La gallinassa procedent de l'engreix de l'aviram sol ser sòlida i la inclouríem dins d'aquest grup, encara que la seva composició i el seu comportament són molt diferents que els dels fems amb elevat contingut en jaç: presenta un elevat contingut en nitrogen (orgànic i amoniacal) i es descompon força ràpidament quan s'humiteja

<sup>2</sup> La gallinassa de granges de ponedores sol ser un material pastós i l'inclouríem dins d'aquest grup

troben a la bibliografia són sovint extraordinàriament diferents a la composició dels d'una explotació concreta.

També cal dir que, per poder utilitzar correctament les dejeccions ramaderes com a font de nutrients per a les plantes, és imprescindible conèixer-ne la composició amb una aproximació raonable. I aquest coneixement es pot adquirir essencialment per dues vies: l'analítica i la dels balanços.

**Taula 1.** Variabilitat en la composició de les dejeccions ramaderes d'un determinat origen (arxius ESAB)

	<b>Conill</b>	<b>Ovella</b>	<b>Vaquí</b>	<b>Estruç</b>
<b>Nombre de mostres</b>	12	8	8	3
<b>% humitat</b>	22-75	45-75	53-80	43-61
<b>pH</b>	6,5-8,2	8,2-8,7	8,4-9,0	7,2-8,0
<b>CE, dSm<sup>-1</sup></b>	1,02-10,3	5,0-7,0	3,5-6,0	2,7-3,6
<b>% matèria orgànica <sup>1</sup></b>	70-85	77-87	58,0-78,0	58,6-74,5
<b>% N</b>	1,5-3	2,2-3,2	2,1-3,1	1,4-1,7
<b>% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	2,0-3,7	0,34-1,49	1,5-2,9	2,9-4,6
<b>% K<sub>2</sub>O</b>	0,5-3,0	4,0-9,0	2,5-3,4	0,7-1,2
<b>% Ca</b>	1,0-3,7	0,7-2,1	3,8-5,1	8,1-10,8
<b>% Na</b>	0,15-0,59	0,05-0,30	0,58	0,03-0,50
<b>% Fe</b>	0,07-0,40	0,15-0,24	0,57	0,26-0,56

<sup>1</sup> Aquest resultat i els següents estan expressats com a percentatge sobre mostra seca.

### 3.1 LA VIA ANALÍTICA

#### 3.1.1 La importància del mostreig

Els fems i també els purins són materials molt heterogenis, en el sentit que la seva composició varia en totes direccions: el fem d'un extrem del femer té una edat diferent que la de l'altre extrem —i, per tant, haurà evolucionat també de manera diferent—, la superfície de la pila pot ser més seca —per l'acció del sol— o més humida —si ha plogut recentment— que l'interior, la fracció sòlida d'un purí sol dipositar-se al fons de la bassa, la composició d'aquest purí també és diferent entre el punt on arriba a la bassa i el punt del qual s'extreuen, etc. Aquesta heterogeneïtat fa que una mostra obtinguda sense criteri difícilment serà representativa del conjunt, i per tant els valors analítics que en resultin seran erronis, com també ho seran els criteris d'adobatge que es defineixin a partir d'aquests.

En els propers punts introduïrem algunes pautes molt generals per a l'obtenció de mostres representatives de dejeccions ramaderes. Per una qüestió pràctica s'han diferenciat dos grups: el de les dejeccions líquides (<10% ms) i el de les dejeccions pastoses (10-20% ms) i sòlides (>20% ms).

Finalment cal remarcar que la presa de mostres de dejeccions ramaderes, no només és una operació complexa, sinó que també pot ser perillosa —zones

confinades amb risc d'asfíxia, caigudes a basses o fosses de difícil sortida, etc.—, i que cal tenir sempre molt present les normes de seguretat.

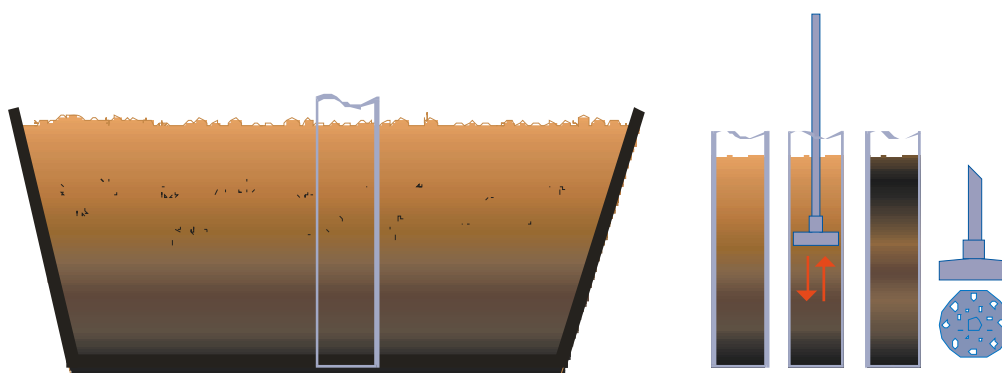
### 3.1.2 Presa de mostres de dejeccions líquides

- i) En la majoria de casos caldrà prendre mostra de les basses o fosses d'emmagatzematge, les quals poden presentar diferents profunditats i perímetres, així com distints graus d'estratificació de la fracció sòlida.
- ii) Tot i que en alguns casos hi ha la possibilitat d'homogeneïtzar tota la bassa per agitació, el més adequat consisteix a agafar un determinat nombre de submostres —vegeu taula 2 homogeneïtzades en vertical a diferents punts al voltant del perímetre.
- iii) Per a la presa de cada una de les submostres s'utilitzarà un tub de PVC o similar de 90 mm de diàmetre i de llargada superior a la profunditat de la bassa/fossa.
- iv) Una vegada el tub queda recolzat al fons, cal remenar i homogeneïtzar la columna de material continguda a l'interior amb l'ajut d'un agitador (vegeu la figura 1)
- v) Posteriorment s'agafarà un volum del material de la part superior del tub, que mai no serà inferior a mig litre.
- vi) Després es barrejarà bé el conjunt de submostres aconseguides de l'anterior manera i se n'enviaran al més aviat possible uns 4 litres al laboratori, que és imprescindible guardar en fresc. Per evitar trencaments per caiguda o vessaments per formació de gasos, és preferible utilitzar recipients de plàstic i no emplenar-los més enllà dels 3/4 de la seva capacitat.

**Taula 2.** Nombre de submostres necessari per obtenir una mostra representativa de fem líquid

PERÍMETRE (m)	NOMBRE DE SUBMOSTRES
< 50	6
50-100	6-12
> 100	Mínim 20

**Figura 1.** Presa de mostres de dejeccions ramaderes líquides (dibuix O. Huerta)



### 3.1.3 Presa de mostres de fems pastosos i sòlids

- i) El nombre de submostres necessàries per obtenir una mostra representativa d'un fem pastós o sòlid es pot conèixer aproximadament a partir de les dades de la taula 3.
- ii) Cada submostra ha de tenir un volum mínim, que també depèn de la grandària màxima de les partícules presents (taula 4).
- iii) La sonda, pala o qualsevol altre instrument utilitzat per al mostreig ha de tenir unes dimensions adequades a la grandària de les partícules més grans presents al material a mostrejar. Així, ja que el volum de material que s'ha de mostrejar defineix el nombre de submostres a prendre i que la grandària màxima de les partícules que componen aquest material delimita el volum mínim que s'ha de recol·lectar, podem tenir una referència de la capacitat necessària de l'instrument de mostreig:

$$\begin{aligned} \text{Capacitat de l'instrument de mostreig} &= \\ &= \text{volum mínim que s'ha de recol·lectar} / \text{nombre de submostres} \end{aligned}$$

- iv) Si es vol separar una fracció representativa de la mostra global obtinguda seguint les pautes anteriors, obligatòriament s'ha de fer pel mètode del quarteig després de barrejar molt bé.

**Taula 3.** Nombre de submostres necessari per obtenir una mostra representativa de fem sòlid

VOLUM DE MATERIAL	NOMBRE DE SUBMOSTRES
< 20 m <sup>3</sup>	5
20-200 m <sup>3</sup>	5-10
> 200 m <sup>3</sup>	10-30

**Taula 4.** Volum mínim de material que s'ha de mostrejar, segons la grandària dels elements grossos presents

Grandària màxima de les partícules que s'ha de quantificar	Volum mínim que s'ha d'obtenir (L)

< 10 mm	0,5
< 25 mm	5
< 50 mm	10
< 100 mm	15

### 3.1.4 Composició de dejeccions ramaderes

Tot i que els laboratoris acostumen a donar els resultats expressats sobre mostra seca, és més convenient comentar les diferències de composició de les dejeccions ramaderes en l'estat en què seran aplicats al camp, és a dir, sobre matèria humida. A la taula 5 es pot observar la variabilitat, en l'àmbit de la UE, de la composició en fitonutrients, així expressada entre les dejeccions ramaderes de diferents espècies animals, i també la variabilitat dins dels residus d'una mateixa espècie.

**Taula 5.** Contingut en matèria seca i fitonutrients (expressat sobre matèria humida) de dejeccions ramaderes de diferents orígens de la UE, segons l'informe de grup de treball del RAMIRAN (Menzi, Pain i Smith-1998)

BESTIAR QUE ORIGINA LA DEJECCIÓ RAMADERA		% ms	N <sub>total</sub> (g/kg)	N <sub>assimilable</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg)	K <sub>2</sub> O (g/kg)
				(g/kg)	% sobre N <sub>total</sub>		
Vaquí	Mitjana	22,3	4,8	1,3	26	3,0	5,7
	Rang	16-43	2,0-7,7	0,5-2,5	9-50	1,0-3,9	1,4-8,8
Equí	Mitjana	32,1	6,1	1,5	28	2,7	5,9
	Rang	25-54	5,0-8,2	0,4-2,1	25-33	1,8-3,2	2,0-9,0
Oví	Mitjana	30,6	7,8	2,0	26	4,0	9,9
	Rang	25-48	6,1-8,6	1,3-2,6	23-31	2,3-5,2	5,7-16
Porcí	Mitjana	23,8	6,8	2,4	26	6,3	4,9
	Rang	20-30	4-9	0,7-6,0	10-50	1,9-9,2	2,5-7,2
Aviram de posta	Mitjana	40,6	23,6	10,9	49	16,6	10,7
	Rang	22-55	13-45	5,1-25,0	37-60	8-27	6-15
Aviram de carn	Mitjana	60,3	30,0	7,6	34	18,5	17,1
	Rang	45-85	18-40	2,0-15,0	24-50	6,9-25	6,7-23

A la taula 6 s'indica la composició en fitonutrients de les dejeccions ramaderes recollida a *El codi de bones pràctiques agràries: nitrogen*, del DARP. I finalment a la taula 7 es recullen els continguts en alguns metalls pesants de les dejeccions ramaderes: cal destacar les diferències en el contingut de Cu i Cd segons el país d'origen.

**Taula 6.** Aspectes destacables de la composició de fertilitzants orgànics d'origen ramader (Boixadera *et al.*- 2000)

<b>DEJECCIÓ RAMADERA:</b>	<b>N<sub>total</sub></b> <b>(kg/m<sup>3</sup>,t)</b>	<b>N<sub>orgànic</sub></b> <b>(kg/m<sup>3</sup>,t)</b>	<b>N<sub>amoniacal</sub></b> <b>(kg/m<sup>3</sup>,t)</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> <b>(kg/m<sup>3</sup>,t)</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b> <b>(kg/m<sup>3</sup>,t)</b>
<b>Fem boví</b>	5,0	4,5	0,5	2,7	7,0
<b>Fem porcí</b>	4,7	4,2	0,5	4,5	5,5
<b>Gallinassa</b>	12,9	2,2	10,7	15,6	10,2
<b>Aviram d'engreix amb llit</b>	30,7 3,4-5,9	20,8 0,9-2,5	9,9 2,5-3,4	28,6 1,8-5,3	19,8 2,3-3,6
<b>Purí de porcí</b>	2,7	0,6	2,1	2,0	3,8
<b>Purí de vaquí</b>					

**Taula 7.** Contingut en metalls pesants de diferents dejeccions ramaderes a Suïssa (CH) i Regne Unit (UK) (Menzi, Pain i Smith-1998)

DEJECCIÓ RAMADERA:	Cu (mg·kg <sup>-1</sup> sms)		Zn (mg·kg <sup>-1</sup> sms)		Cd (mg·kg <sup>-1</sup> sms)		Pb (mg·kg <sup>-1</sup> sms)	
	CH	UK	CH	UK	CH	UK	CH	UK
Vaquí de llet	23,9	31,4	118	145	0,17	0,42	3,8	2,2
Vaquí de carn	22,0	15,6	91	63	0,15	0,14	2,8	1,4
Porcí	66,2	346,0	375	387	0,12	0,68	2,6	2,8
Aviram d'engreix	43,8	92,4	349	403	0,29	0,38	2,9	2,9
Aviram de posta	35,2	65,6	425	423	0,31	1,03	2,2	9,8

### 3.2 LA VIA DELS BALANÇOS

En la ramaderia intensiva, les pautes d'alimentació animal estan molt acotades i solen ser molt similars en explotacions diferents que criïn el mateix tipus de bestiar. En altres paraules, els animals ingereixen una determinada quantitat d'elements — per exemple, N, P i K— amb l'alimentació; i com que la matèria no es crea ni es destrueix, sinó que només es transforma, una petita part d'aquests elements queden acumulats en el cos de l'animal o en el producte comercialitzat —llet, ous, etc.— mentre que la resta —la major part— es queda en els excrements.

Gràcies a aquest fet s'han pogut elaborar les taules d'equivalència entre tipus de bestiar i elements continguts en els excrements generats per cada cap en un determinat període de temps.

El que sí que és més variable és el volum o massa de dejecció generat per cada cap en un període determinat de temps, perquè aquí hi intervé de manera notable el maneig que es fa a la granja: més o menys aigua de rentatge, més o menys jaç, etc.

A més, una cosa és el volum de dejecció generat pel bestiar i una altra és el que s'acaba aplicant al sòl, perquè en l'interval entre la generació i l'aplicació, aquest material pot haver sofert transformacions profundes —essencialment microbianes— que n'hagin modificat sensiblement la massa i, per tant, el volum.

La combinació entre les dades de la taula 8 i el volum o massa de fems aplicada al camp ens permet calcular de manera força aproximada la concentració de nutrients dels nostres fems. I a partir d'aquesta dada es pot afinar més en les dosis d'adobatge. En els **quadres** següents es presenten alguns exemples d'aquesta metodologia que, insistim, només resulta vàlida en explotacions de ramaderia intensiva.

**Taula 8.** Quantitat de nutrients continguda en els excrements de diferents orígens<sup>3</sup>

TIPUS DE BESTIAR I FASE PRODUCTIVA GENERADORES DE LA DEJECCIÓ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Purí	Fem	Densitat fems
	(kg/plaça/any)			(m <sup>3</sup> /plaça/any)	(t/plaça/any)	(t/m <sup>3</sup> )
Vaquí de llet	73,0	36,00	91,0	14,6	18,25	0,8
Vaques alletants	51,1	24,1	67,3	9	12	0,8
Vedelles de reposició	36,5	17,2	48,1	5,84	6,93	0,8
Cria de boví (animals d'1 a 4 mesos en 3 cicles/any/plaça)	7,7	3,7	7,3	0,5	0,7	0,8
Engreix de vedells <sup>1</sup>	21,9	10,8	27,3	4,74	5,47	0,8
Truja en cicle tancat <sup>2</sup>	57,6	49,1	36,0	17,75	---	---
Truja amb garrins fins a deslletament (0-6 kg)	15,0	12,8	9,4	5,1	---	---
Truja amb garrins fins a 20 kg	18,0	15,3	11,2	6,12	---	---
Truja de reposició	8,5	7,2	5,3	2,5	---	---
Garrins de 6-20 kg	1,19	1,01	0,74	0,41	---	---
Porc d'engreix (20-50 kg)	6,0	5,1	3,7	1,8	---	---
Porc d'engreix (50-100 kg)	8,5	7,2	5,3	2,5	---	---
Porc d'enceball (20-100 kg)	7,2	6,2	4,5	2,15	---	---
Verro	18,0	15,3	11,2	6,12	---	---
Avicultura de posta (per plaça de gallina ponedora, comercial o selecta)	0,50	0,70	0,40	0,037	0,04	0,9
Polletes de recria (2,5 cicles/any/plaça Animals de 100 dies fins a 1,4 kg)	0,08	0,08	0,06	---	0,014	---
Engreix de pollastres (5 cicles/any/plaça Durada d'engreix de 48-50 dies)	0,22	0,22	0,15	---	0,037	0,5
Engreix d'ànecs (3,5 cicles/any/plaça)	0,24	0,33	0,17	0,11	0,128	---
Producció de conill <sup>3</sup>	4,30	6,40	3,51	---	0,084	0,75
Bestiar equí	63,80	24,9	70,5	---	10,95	0,8
Ovelles de reproducció	9,00	5,25	14,58	---	0,913	---
Oví d'engreix (2,0 cicles/any/plaça Conjunt xais/xaias)	3,00	1,75	4,86	---	0,219	---
Ovelles de reposició	4,50	2,63	7,29	---	0,45	---
Cabrum reproducció (amb o sense	7,20	4,20	11,67	---	0,73	---

<sup>3</sup> Les dades de la **taula-8** referents a la generació de nitrogen procedeixen en majoritàriament de l'Ordre de 22.10.1998, del Codi de bones pràctiques agràries en relació amb el nitrogen (DOGC núm. 2761, de 9 de novembre de 1998) i del Reial decret 324/2000, de 3 de març (BOE núm. 58, de 8 de març de 2000). La generació de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O s'ha elaborat a partir d'informació de la Junta de Residus-Generalitat de Catalunya del 1996. Les dades de volums i pes de fems i purins procedeixen del «Manual de gestió dels purins i de la seva reutilització agrícola», del Reial decret 324/2000 i del Departament de Medi Ambient. S'està elaborant l'esborrany d'un nou decret de la Generalitat de Catalunya, que probablement modificarà i afinarà aquestes dades.

TIPUS DE BESTIAR I FASE PRODUCTIVA	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Purí	Fem	Densitat fems
GENERADORES DE LA DEJECCIÓ	(kg/plaça/any)			(m <sup>3</sup> /plaça/any)	(t/plaça/any)	(t/m <sup>3</sup> )
<b>producció lletera)</b>						
<b>Cabrum de reposició</b>	3,60	2.10	5.83	---	0,365	---
<b>Cabrum sacrifici</b>	2,40	1.4	3.85	---	0,244	---
<b>Engreix de guatlles (8 cicles/any/plaça Animals de 200 g de pes final)</b>	0,03	--	--	---	0,00493	---
<b>Engreix de perdius (4 cicles/any/plaça Animals de 800 g de pes final)</b>	0,07	--	--	---	0,01184	---
<b>Engreix de paó (3 cicles/any/plaça Animals de pes final aproximat de 7 kg)</b>	0,46	--	--	---	0,24436	---
<b>Oques</b>	0,24	--	--	0,11	0,128	---
<b>Estruços adults (animals de més de 12 mesos)</b>	1,37	--	--	---	0,73	---
<b>Estruços d'engreix</b>	0,75	--	--	---	0,4	---

<sup>1</sup> 1,2 cicles/any/plaça. Pes mitjà de 200 kg als 6 mesos.

<sup>2</sup> Inclou la mare i la seva descendència fins a la finalització de l'encebament.

<sup>3</sup> Inclou les mares, la reposició, els mascles i l'engreix. Productivitat estimada de 40 llodrigons/gàbia/any.

### EXEMPLE-1

Una granja de vaquí de llet té 106 vaques en producció, 50 vedelles de reposició de menys d'un any i 34 braves (d'entre 1 i 2 anys).

Els fems que es generen a l'explotació s'apliquen al camp en dues èpoques —primavera i tardor— i cada tanda d'aplicació ocupa 88 remolcats de 12 m<sup>3</sup> cada un.

Multiplicant el nombre de caps pels kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K<sub>2</sub>O generats per cada tipus de cap en un any (taula anterior) obtenim:

BESTIAR (caps o places)	CAPS	Elements fertilitzants generats (kg/any)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Vaca llet	106	7.738	3.816	9.646
Vedelles menys d'1 any (reposició)	50	1.095	540	1.365
Vedelles braves (d'1a a 2 anys)	34	1.489	734	1.856
	TOTAL	10.322	5.090	12.867

Dividint aquestes quantitats pel nombre de remolcs ocupats en un any obtenim la riquesa fertilitzant mitjana de cada remolcat. I dividint aquest valor per la seva capacitat obtenim la composició mitjana del fems d'aquesta explotació.

Remolcs/any	Volum remolc (m <sup>3</sup> )
2 x 88	12

Element fertilitzant per remolc (kg)		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
58,65	28,92	73,11

Composició mitjana dels fems (kg/m <sup>3</sup> )		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
4,89	2,41	6,09

## EXEMPLE 2

Una altra granja de vaquí de llet propera a l'anterior té 60 vaques en producció, 25 vedelles de reposició de menys d'un any i 22 braves (d'entre 1 i 2 anys).

Els fems que es generen a l'explotació contenen més jaç que els anteriors i durant el seu emmagatzematge pateixen una important reducció de volum per l'actuació dels microorganismes. També s'apliquen al camp en dues tongades i cada tanda d'aplicació requereix 44 remolcats de 4 m<sup>3</sup> cada un (vegeu apartat 6.1).

Actuant de la mateixa manera anterior, obtenim:

BESTIAR (caps o places)	CAPS	Elements fertilitzants generats (kg/any)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Vaca llet	60	4.380	2.160	5.460
Vedelles menys d'1 any (reposició)	25	548	270	683
Vedelles braves (d'1a 2 anys)	22	964	475	1.201
	TOTAL	5.891	2.905	7.344

Remolcs/any	Volum remolc (m <sup>3</sup> )
2 x 44	4

Element fertilitzant per remolc (kg)		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
66,94	33,01	83,45

Composició mitjana dels fems (kg/m <sup>3</sup> )		
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
16,74	8,25	20,86

Es pot constatar que aquests fems són molt més concentrats que els anteriors, gairebé 4 vegades més. Per tant s'aporten les mateixes quantitats d'elements fertilitzants amb molt menys volum.

## 4. TRANSFORMACIONS DE LES DEJECCIONS RAMADERES

Les dejeccions ramaderes sòlides o fems pateixen de manera espontània transformacions durant l'emmagatzematge: descomposició de la seva matèria orgànica per part dels microorganismes, escalfament per l'energia alliberada en aquesta descomposició, assecatge per aquesta mateixa energia o per l'acció del sol o del vent, humectació per la pluja, pèrdues de compostos gasosos per volatilització, etc.

El ramader pot intervenir sobre alguns d'aquests processos de transformació per tal d'aconseguir que el producte final tingui millor qualitat com a adob —més manejable, menys voluminos, etc.—<sup>4</sup> o per reduir la superfície requerida de femer, les molèsties al veïnat més immediat o els efectes negatius sobre l'entorn, i també en alguns casos per trobar-li una sortida comercial fora de la mateixa explotació.

Les transformacions sobre les que més habitualment actua o pot actuar el ramader, i que desenvoluparem en els propers apartats, són:

- i) Les deshidratacions.<sup>5</sup>
- ii) Els processos biològics, majoritàriament microbians.

Hem de remarcar que cada situació particular s'ha de considerar i valorar detingudament perquè la intervenció del ramader no sempre és necessària: força vegades l'evolució espontània del fem ja condueix, a través d'un procés que no incideix desfavorablement sobre l'entorn, a un producte final amb la qualitat adequada per a l'ús al qual es destina.

### 4.1 DESHIDRATACIONS PER MITJANS FÍSICS

Hi ha diferents procediments pels quals el ramader pot disminuir la humitat dels fems de la seva explotació, cosa que pot ser d'interès si són molt humits o pastosos.

#### 4.1.1 Separació física sòlid/líquid per gravetat

Separar la fracció líquida —aigües de rentatge, orins, etc.— de la fracció sòlida d'una dejecció ramadera quan aquestes s'han mesclat requereix habitualment instal·lacions complexes que posteriorment indicarem. Però, en canvi, aquesta separació pot resultar molt simple, amb només l'acció de la gravetat, si es duu a terme abans que la barreja s'hagi completat.

Un exemple d'aquesta segona situació es dona a les granges de vaquí de llet amb cubicles, en les quals els fems dels passadissos s'arrossega fins al femer per

---

<sup>4</sup> *...mucho antes de que la conservación del estiércol mereciera la atención de químicos y bacteriólogos, ya el espíritu de observación de generaciones de agricultores ...había permitido llegar a la conclusión de que disponiéndolo en montones compactos, sobre emplazamientos impermeables y regados periódicamente con los líquidos que de ellos se escurrían, se convertían en un abono infinitamente mejor que abandonándolo de manera desordenada...*

*.. conservar debe consistir ante todo en evitar pérdidas que afecten tanto a la cantidad como a la calidad del producto....por ello la iniciación de su conservación ha de tener lugar inmediatamente después que las deyecciones salen del cuerpo de los animales...*

Los estiércoles pecuarios y su conservación. 1945. J.M.Soler.

<sup>5</sup> Algunes vegades també cal humectar la dejecció ramadera. Un exemple podria ser el cas de la gallinassa seca, la qual no pateix transformacions microbianes intenses fins que no s'humiteja.

mitjans mecànics<sup>6</sup> —rascles, pales acoblades al tractor. Durant l'operació de neteja una part de la fracció líquida sol anar davant de la fracció sòlida, de manera que si es fa passar per un tamís groller situat al final del passadís, se separa sense dificultats (figura 2). D'aquesta manera s'obté una fracció sòlida, menys humida i fàcilment manejable com a fem, i un volum molt petit de líquid —a l'entorn del 10% del total— que es maneja com a purí. En canvi, si les dues fraccions arriben al femer i s'ajunten, ens podem trobar amb un material pastós que pot ser difícil de manipular amb la maquinària pròpia del fem, o al que caldrà afegir aigua i remenar-lo enèrgicament si es vol manejar com a purí.

**Figura 2.** Tamís format per un tramat de biguetes en T separades uns 3-4 cm, i situat al final del passadís. La fracció líquida s'esmuny a un fossa situada sota del tamís i separada per un mur del femer, on cau la fracció sòlida.



#### 4.1.2 Separacions físiques sòlid/líquid amb aportació energètica

Quan tenim fems molt pastosos o fins i tot purins, també es pot aconseguir una separació sòlid/líquid substancial amb equips instal·lats a la mateixa explotació ramadera (figura 3). Ara bé, llavors cal recórrer a sistemes físics que requereixen aportació energètica, com ara la centrifugació, el tamisatge a pressió, etc.,<sup>7</sup> complementats a vegades amb floculants químics que incrementen el rendiment de la deshidratació.

La deshidratació mitjançant aquests sistemes mecànics:

<sup>6</sup> No és el cas de les instal·lacions en les que els fems s'arrossegueuen amb aigua i s'obté un purí.

<sup>7</sup> Aquests sistemes estan descrits amb tot detall a la *Guia dels tractaments de les dejeccions ramaderes (Flotats i cols.-2004; Dep. de Medi Ambient i Habitatge / Dep. d'Agricultura, Ramaderia i Pesca / Centre UdL-IRTA / Agència de Residus de Catalunya)*

- i) Té un cost d'instal·lació i manteniment important.
- ii) Comporta una despesa energètica també significativa.
- iii) La suma dels volums dels productes resultants —deshidratat i fracció líquida— és superior a la del residu inicial. Aquest fet, que no és gens intuïtiu, es deu al fet que la fracció sòlida que se n'obté és porosa i té una densitat molt inferior a la del material original.<sup>8</sup>

Per tant, aquest tipus de deshidratació només s'ha de plantejar si ha de significar una millora, sigui per al posterior procés de transformació del fem o sigui en la qualitat del producte final, o si serveix per abaratir costos quan la dejecció ramadera s'ha de gestionar fora de la mateixa explotació.

**Figura 3.** Tamís per a la deshidratació de purins (explotació ramadera Canalias, a la Vall de Bianya)



## 4.2 TRANSFORMACIONS MICROBIOLÒGIQUES

En les dejeccions ramaderes, siguin sòlides o líquides, s'hi esdevenen de manera espontània transformacions microbiològiques pel fet que contenen una gran càrrega de matèria orgànica degradable i d'elements essencials. Només en algunes poques i rares situacions, aquestes transformacions no es produeixen, almenys temporalment, ja sigui per la presència d'inhibidors microbians, ja sigui per un excés de sequedat, ja sigui per pH extrems.

---

<sup>8</sup> La situació és comparable a la d'una esponja xopa d'aigua: quan se l'esprem s'obté un volum de líquid a més del de la pròpia esponja.

Per a un determinat tipus de dejecció ramadera, els factors que afecten més la velocitat de les transformacions microbianes —entenent com a velocitat el ritme de descomposició de la matèria orgànica— són la temperatura i la presència d'oxigen.

#### 4.2.1 L'efecte de la temperatura

A més temperatura, més activitat microbiana, almenys fins que s'assoleix un llindar a l'entorn dels 50 °C, a partir del qual aquesta activitat disminueix, primer lentament i després dràsticament fins a cessar per sobre dels 60-65 °C. Aquesta aturada és temporal, ja que es reinicia quan la temperatura torna a baixar.

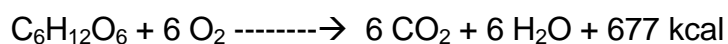
Així mateix, cal indicar que a cada rang de temperatures intervenen diferents grups de microorganismes.

#### 4.2.2 L'efecte de la presència d'oxigen (O<sub>2</sub>)

A l'interior de la massa de dejecció ramadera hi pot haver més o menys presència d'oxigen, i fins i tot pot ser totalment absent. I, igual que passa amb la temperatura, els microorganismes que participen en la descomposició i transformació de la matèria orgànica del residu difereixen segons quina sigui la concentració d'oxigen, i així es parla de processos rics o pobres en oxigen.

La velocitat de descomposició de la matèria orgànica és sempre més elevada quan la presència d'oxigen és abundant i no és un factor limitant (figura 4).<sup>9</sup>

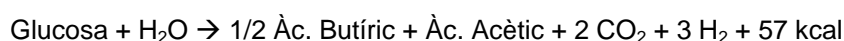
Així mateix, el rendiment energètic per unitat de matèria orgànica descomposta també és superior en presència d'oxigen:



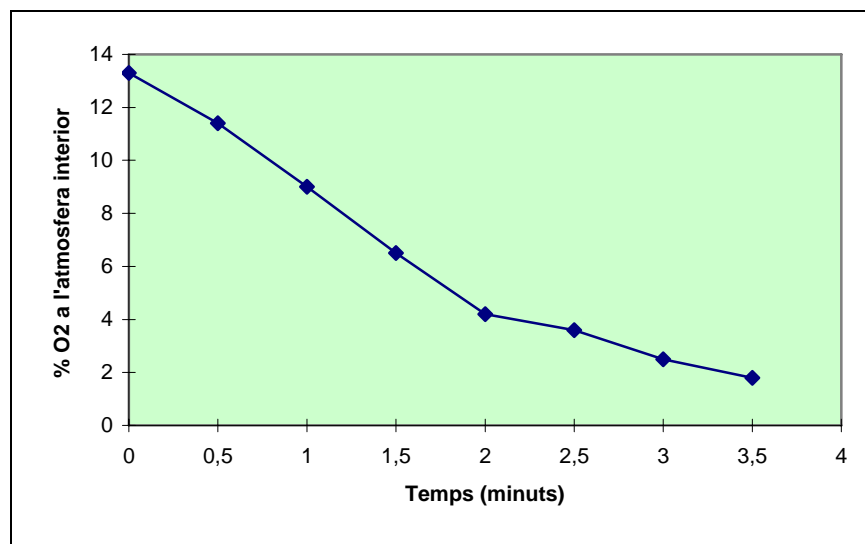
---

<sup>9</sup> Es considera que l'activitat microbiana no és limitada per l'O<sub>2</sub> quan a l'atmosfera interior d'una massa orgànica en descomposició la seva la concentració supera el 10% —a l'aire lliure aquesta concentració està lleugerament per sobre del 20%.

<sup>10</sup> A més del que aquí s'indica hi ha molts altres processos microbians que s'esdevenen en absència d'oxigen —fermentacions—, com ara els següents:



**Figura 4.** Velocitat de descomposició de matèria orgànica, mesurada per la velocitat de consum d'O<sub>2</sub>, segons la concentració d'aquest a l'atmosfera interior d'una massa d'escorça i fang de depuradora (mesures preses a 80 cm de fondària) (Saña-2004)



El pendent de la recta —que expressa la velocitat del procés— és més pronunciat quan la concentració d'O<sub>2</sub> és alta —superior al 4%— que quan està per sota d'aquest valor.

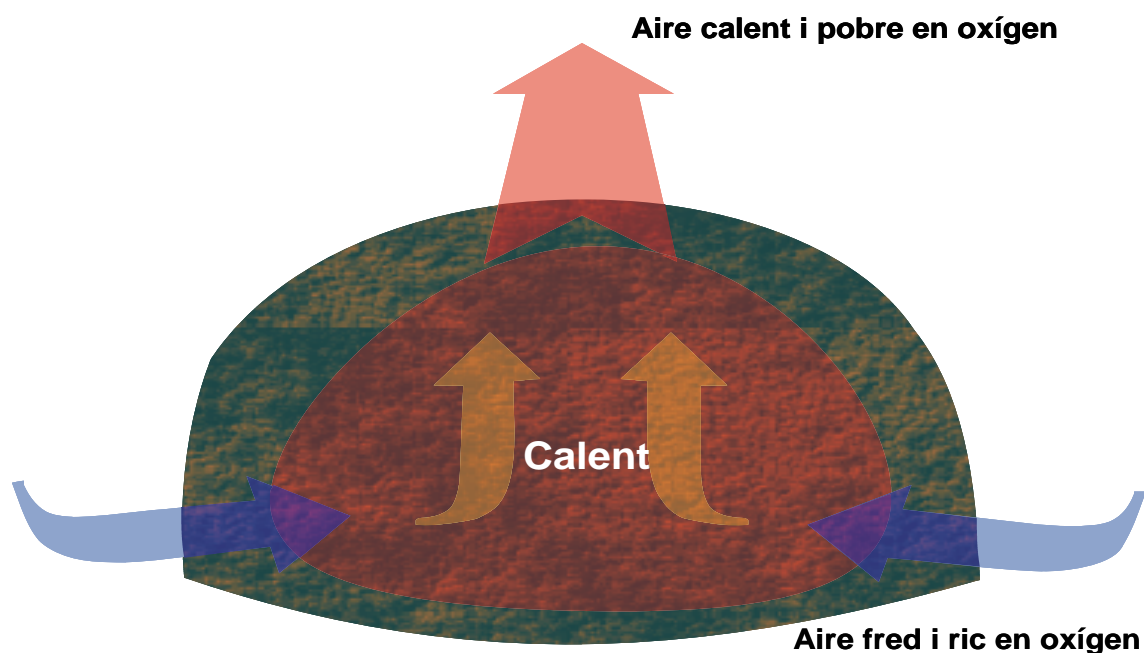
La presència d'oxigen a l'interior de la massa de la dejecció ramadera depèn de:

- i) La porositat. Com més porós és, més fàcilment hi circula l'aire, i es renova l'atmosfera interior. En el cas de tenir dejeccions ramaderes molt pastoses o líquides, on la porositat és nul·la, la presència d'oxigen està molt compromesa, ja que de manera espontània només pot penetrar-hi per difusió des de la superfície.
- ii) El gradient de temperatura entre l'interior i l'exterior. Ja hem comentat que la descomposició de la matèria orgànica genera energia, i una part d'aquesta es manifesta en forma de calor. Conseqüentment, la massa de la dejecció ramadera s'escalfa, l'aire calent més o menys pobre en oxigen del seu interior s'eleva en ser menys dens i és substituït per aire fresc —oxigenat— i més fred de l'exterior que entra a través de la superfície de l'amuntegament de fems.<sup>11</sup> Aquest és un efecte similar al tiratge de les xemeneies, i així l'anomenarem per identificar-lo —efecte xemeneia— (figura 5).

---

<sup>11</sup> Evidentment aquest procés no pot tenir lloc en un purí o en un fem molt pastós, ja que no hi ha porus per on pugui circular l'aire, tant el gastat com el fresc.

**Figura 5.** Representació de l'efecte xemeneia (dibuix O. Huerta)



La combinació entre l'efecte xemeneia i l'abundància i la grandària de porus de la pila de fens dona un cabal d'aire circulant per l'interior, el qual pot aconseguir que s'hi estableixin condicions més o menys aeròbies, depenent de quina sigui la velocitat de consum d'oxigen per part dels microorganismes. En cas que la demanda d'oxigen no pugui ser coberta pel cabal d'aire impulsat per l'efecte xemeneia, cal recórrer a ventilacions forçades per mantenir les condicions aeròbies.

Cal apuntar aquí —més endavant s'hi insistirà— que els volteigs mecànics d'una dejecció ramadera no asseguren necessàriament el manteniment de condicions aeròbies perquè, mentre l'oxigen de l'interior s'esgota durant les primeres setmanes en minuts o com a molt en poques hores (**figures-4 i 6**), la freqüència dels volteigs difícilment serà superior a un per setmana, fins i tot si es disposa de maquinària adequada.<sup>12</sup> La figura 7 posa això de manifest: mentre la pila de fens assistida amb aireig forçat manté nivells elevats d'oxigen —per sobre del 10%<sup>13</sup>— en el seu interior des de gairebé el primer dia, a la pila voltejada no s'aconsegueix això fins gairebé els 80 dies de procés. La figura 8 també mostra més efectivitat de l'aireig forçat: el pic de temperatura inicial és més brusca —síntoma de més activitat microbiana— i el procés es pot començar a donar per finalitzat al cap de 80 dies, quan ja no pot mantenir la temperatura de la massa per sobre de 40° C.

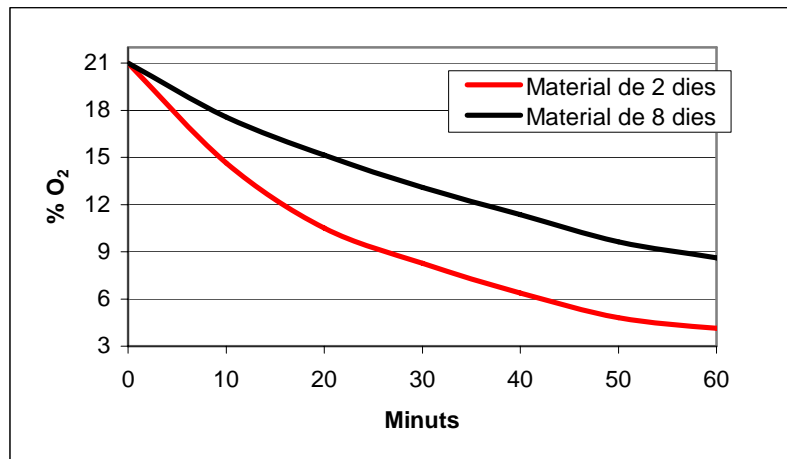
Una altra cosa és que el volteig del material afavoreixi la instauració d'un efecte xemeneia més intens, sobretot si la dejecció ramadera té tendència a compactar-se pel seu propi pes: d'aquesta manera és possible que les condicions aeròbies

<sup>12</sup> Existeixen màquines voltejadores, autopropulsades o que van acoblades al tractor, que realitzen bé i ràpidament l'operació de volteigs. Però aquests equips no solen ser habituals en una explotació ramadera, que com a molt disposa de pales autopropulsades o acoblades al tractor, molt menys eficients.

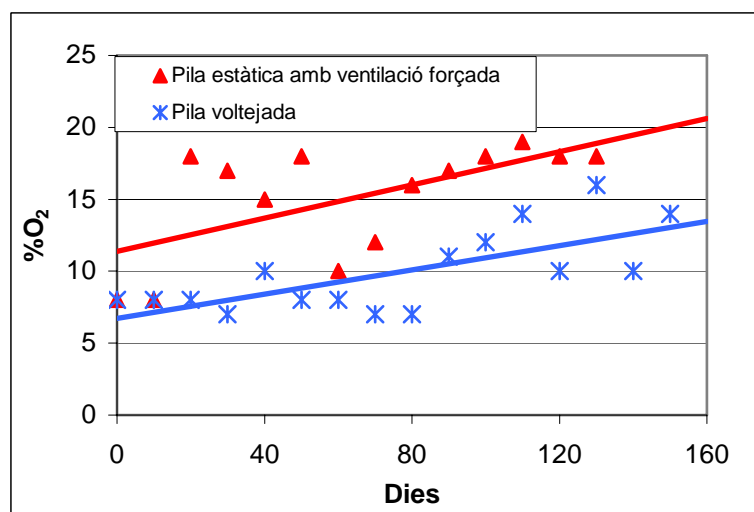
<sup>13</sup> Es considera que una concentració d'O<sub>2</sub> superior al 10% ja no és limitant per a l'activitat dels microorganismes aeròbics.

s'estableixin més aviat a l'interior de la pila que no pas si aquesta no es volteja. La figura 8 confirma aquests comentaris: mentre la pila de fems no voltejada tarda gairebé 30 dies a activar-se —aparició del pic de temperatura— i a cap de 160 dies encara mostra una temperatura per sobre dels 40 °C —síntoma d'una activitat microbiana prou elevada, és a dir, d'abundant presència de matèria orgànica descomposable—, la pila voltejada s'activa en uns 10 dies i al cap de 130 dies es pot donar el procés per acabat —temperatura de la massa molt baixa.

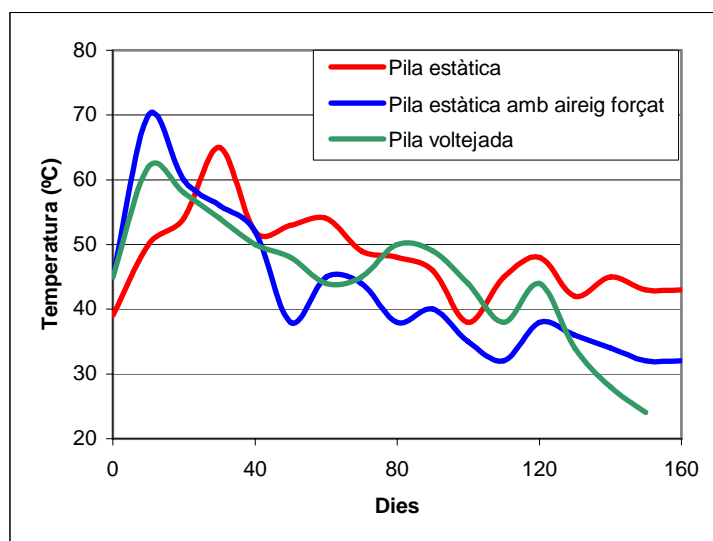
**Figura 6.** Variació dels nivells d'oxigen a l'interior d'un residu orgànic de 2 i 8 dies d'edat, després d'un volteig (Pérez *et al.*-1999)



**Figura 7.** Evolució al llarg del temps de la concentració d'oxigen a l'interior de dues piles del mateix fem, l'una estàtica amb aireig forçat i l'altra sotmesa a volteigs freqüents (Càceres-2003)



**Figura 8.** Perfils de temperatura de 3 piles del mateix fem sotmeses a diferents manipulacions (Lloreda-2004)



## 5. EL COMPOSTATGE

Quan ens proposem mantenir unes concentracions d'oxigen i unes temperatures òptimes per a l'activitat microbiana per tal de reduir al màxim el temps que tarda un fem a transformar-se en un material estabilitzat i en un adob de qualitat, estem realitzant el que s'anomena *procés de compostatge*.

Encara que el compostatge és tan antic com l'agricultura, és una tecnologia vigent per l'eficiència que ha mostrat en el tractament de residus orgànics sòlids. Aquesta vigència ha impulsat un coneixement més profund dels seus fonaments, cosa que n'ha permès sistematitzar i optimitzar l'aplicació a diferents residus i situacions.

El compostatge es pot considerar una biotecnologia quan correspon a una explotació industrial del potencial dels microorganismes. També es pot considerar una ecotecnologia atès que permet el retorn al sòl de la matèria orgànica i dels nutrients vegetals, introduint-los de nou als cicles biològics.

Encara que el procés de compostatge té un fonament molt simple, és molt robust i també molt versàtil, es pot aplicar a molts tipus de materials i mesclades, a escales de treball molt distintes i emprant equips molt o gens sofisticats, cal entendre'l per poder-lo controlar i esprèmer-ne les possibilitats.

El compostatge redueix el volum i la massa dels residus,<sup>14</sup> en facilita l'emmagatzematge, permet un millor i més flexible aprofitament agrícola, i minimitza el risc sanitari inherent a totes les operacions anteriors. Això permet fer una veritable gestió de l'ús dels fems: no s'han de **tirar** al camp perquè fan nosa, sinó que es pot plantejar realment una aplicació enfocada a millorar la fertilització —estalvi d'adobs minerals— i el sòl —estalvi d'aigua—, i en certs casos, a reduir l'ús de plaguicides.

<sup>14</sup> El que no disminueix, almenys de manera significativa, amb el procés de compostatge és la massa d'elements fertilitzants —N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, etc.— continguda en els fems. I com que el volum d'aquests fems sí que es redueix amb el procés, el compost que s'obté és més concentrat en nutrients.

## 5.1 AVANTATGES DEL COMPOSTATGE

El compostatge de les dejeccions ramaderes comporta, entre d'altres, la llista d'avantatges següent:

- i) Redueix l'espai necessari per a l'emmagatzematge perquè redueix la massa i el volum.
- ii) A vegades resulta menys costós que altres alternatives, especialment si es considera tot el cicle de la dejecció ramadera —des de la granja fins al camp.
- iii) El producte obtingut —el compost— genera menys males olors, tant en l'emmagatzematge com en l'aplicació al camp, que el fem fresc. Això implica menys molèsties als veïns.
- iv) Millora el control de mosques (millora de les condicions d'higiene del bestiar).
- v) Millora el control de males herbes (menys ús de pesticides).
- vi) El compost és més fàcil de manejar i de distribuir.
- vii) Permet reduir la freqüència d'aplicació en comportar-se el compost com un fertilitzant d'alliberació lenta.
- viii) Amplia el ventall d'usuaris potencials
- ix) Accepta el tractament conjuntament amb altres restes orgàniques de la mateixa explotació ramadera.

## 5.2 REQUISITS PER AL COMPOSTATGE

Què és necessari per compostar un residu ramader?

- i) Que tingui sentit fer-ho, és a dir, que ens interressi assolir alguna dels avantatges que comporta el procés i que abans s'han llistat.
- ii) Tenir una dejecció ramadera compostable, ja sigui sola o barrejada amb altres materials de característiques complementàries (vegeu l'apartat 7), dels quals també hem de disposar-ne amb facilitat.
- iii) Disposar de l'espai que requereix el procés en si i també l'emmagatzematge del producte final, espai que sovint pot ser el mateix que actualment es destina a femer.
- iv) Que la superfície destinada al procés estigui pavimentada.
- v) És recomanable que aquesta superfície estigui coberta, si la pluviometria de la zona és elevada.
- vi) Que els responsables del procés estiguin convençuts i motivats.
- vii) Disposar d'un mínim de maquinària, que pot diferir segons l'opció que es triï per al procés —aireig, volteig, etc.—, però que és habitual en la majoria d'explotacions ramaderes. En tot cas, la més costosa i d'ús més esporàdic es pot llogar.
- viii) Tenir una sortida per al producte, ja sigui en l'àmbit de la mateixa explotació si no hi ha excedents, ja sigui un mercat extern en cas que aquests excedents existeixin.

### 5.3 CANVIS QUE COMPORTA EL COMPOSTATGE

En les següents **figures** es representa l'evolució d'alguns paràmetres de caracterització d'un deshidratat de fems de vaca durant el compostatge, que serveixen per exemplificar els canvis que comporta aquest procés en una dejecció ramadera:

- i) La figura 9 presenta la típica evolució de la temperatura, amb una primera etapa amb temperatures molt altes, que van decreixent a mesura que també ho fa l'activitat microbiana en escassejar la matèria orgànica degradable. En aquesta mateixa figura es mostra el progressiu assecatge del material per la calor generada en el procés.
- ii) La figura 10 posa de manifest la gran reducció de volum que té lloc durant el procés, volum que s'estabilitza al voltant de la tercera part de l'original.
- iii) La figura 11 mostra la desaparició de matèria orgànica que té lloc al llarg del compostatge a causa de l'activitat dels microorganismes.<sup>15</sup> Així mateix la figura 12 posa de manifest que la matèria orgànica que resta és cada vegada més estable o resistent a la degradació microbiana.<sup>16</sup>
- iv) A la figura 13 es presenta l'evolució de diferents formes de N<sup>17</sup> i és interessant comentar el següent:
  - La concentració de N puja al llarg del procés perquè les pèrdues de N per volatilització en forma d'amoniac són petites i percentualment molt inferiors a la pèrdua de massa que es produeix per la descomposició de la matèria orgànica.<sup>18</sup> Per aquesta raó, el compostatge no pot ser considerat un tractament de reducció del nitrogen de les dejeccions ramaderes.
  - El N que queda es va integrant progressivament en la fracció de matèria orgànica més difícilment degradable. Per tant, el compost ben acabat es comporta com un adob nitrogenat d'alliberació lenta.
  - Cap al final del procés, quan la matèria orgànica del compost ja està molt estabilitzada, a l'interior de la pila s'hi donen les condicions perquè el nitrogen amoniacal pugui passar a nitrat.<sup>19</sup>

---

<sup>15</sup> A causa de la manera d'expressar les dades, la **figura-11** podria fer pensar que desapareix molt poca matèria orgànica durant el compostatge. Però si es realitza el corresponent balanç de massa —matèria orgànica que resta al final respecte a la present a l'inici— es constata que la descomposició és molt important. Així, en aquest concret exemple, al final queda quelcom menys de la tercera part de la matèria orgànica inicial.

<sup>16</sup> L'anomenat Grau d'Estabilitat quantifica la fracció de matèria orgànica que previsiblement és resistent a la degradació microbiana. Aquesta fracció no és que no sigui biodegradable, sinó que la seva vida mitjana és de mesos o anys mentre que la de la fracció orgànica degradable és de dies o, com a molt, de setmanes.

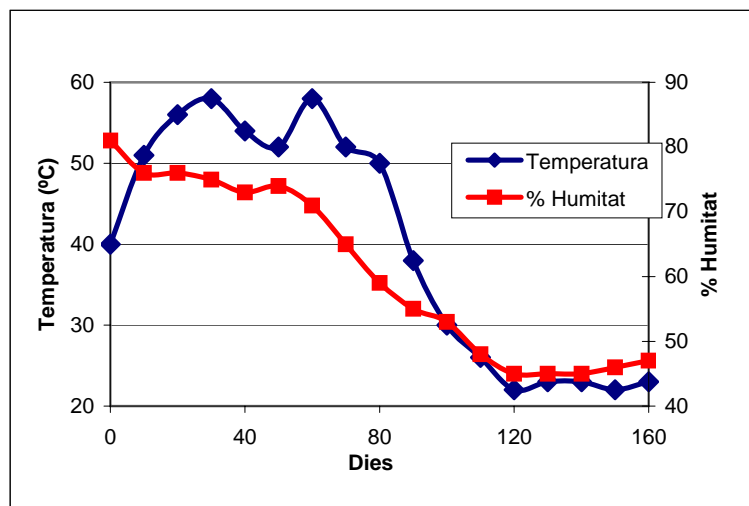
<sup>17</sup> La relació C/N és el quocient entre la matèria orgànica d'un residu, expressada com a carboni, i el seu nitrogen.

<sup>18</sup> Tal com posteriorment es comentarà (capítol 7), les pèrdues de N per volatilització en forma de NH<sub>3</sub> durant un compostatge són reduïdes quan el material original té relacions C/N superiors a 30-40, però amb relacions inferiors aquestes pèrdues són substancials.

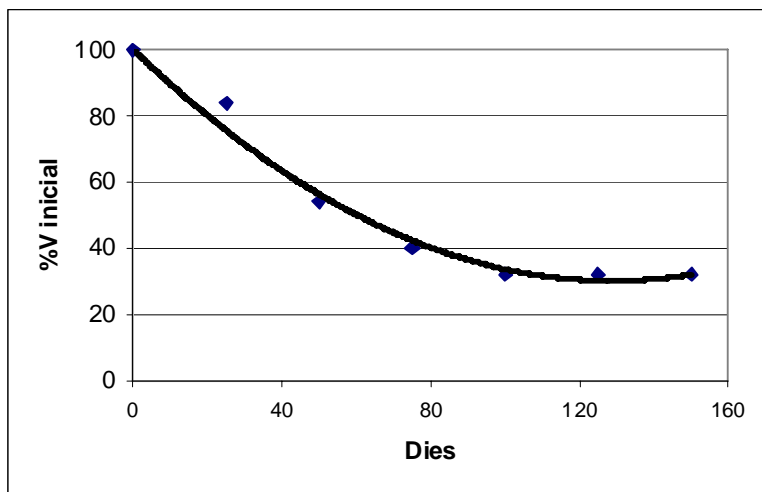
<sup>19</sup> Encara que sembli una quantitat ínfima, el nitrat present en el producte final representa en aquest exemple gairebé un 5% del nitrogen total.

- v) A les **figures 14 i 15** es mostra l'evolució del pH i de la salinitat, aquesta darrera expressada com a conductivitat elèctrica:
- L'evolució del pH és d'explicació complexa, però té a veure amb la generació d'amoniac en les primeres etapes del procés i la posterior incorporació d'aquest a la matèria orgànica que resisteix a la degradació, així com a la formació de nitrats en etapes molt avançades del procés.
  - L'increment de la salinitat és molt més intuïtiu: a mesura que va desapareixent massa per la descomposició de la matèria orgànica i l'evaporació d'aigua, el material es va concentrant en sals.

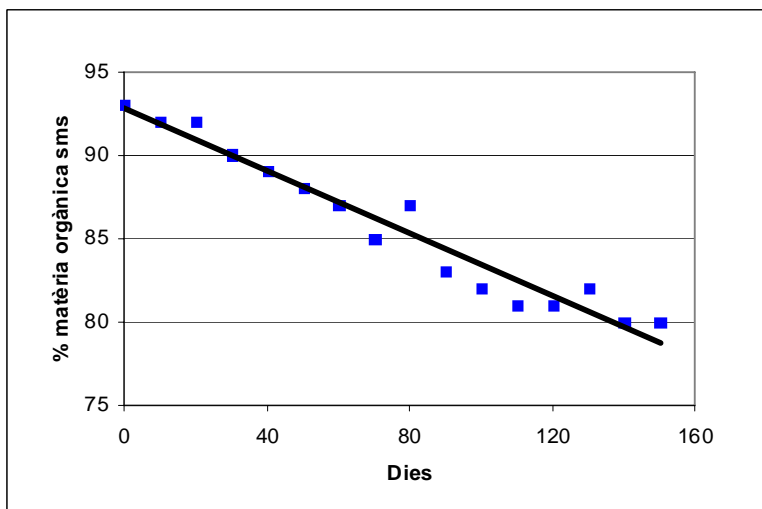
**Figura 9.** Evolució de la temperatura i la humitat de la massa durant el compostatge d'una pila, voltejada periòdicament, de deshidratat de purí de vaca (Càceres-2003)



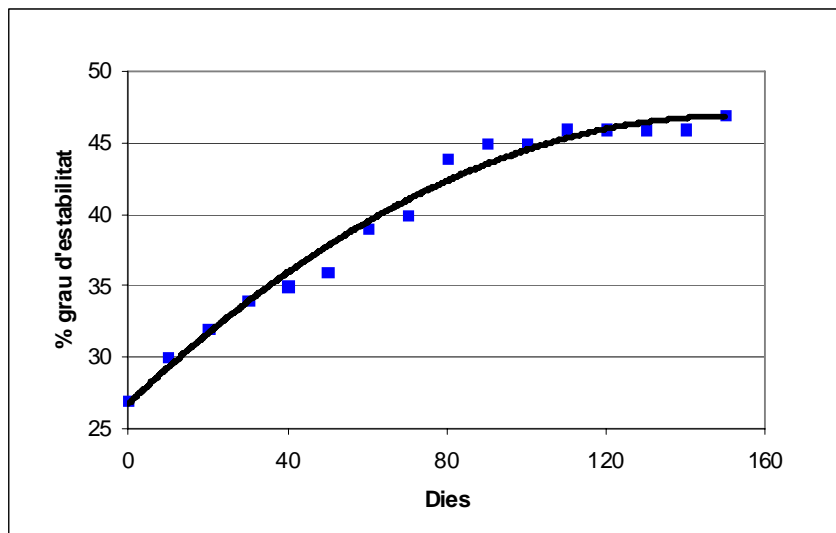
**Figura 10.** Reducció de volum durant el compostatge d'una pila, voltejada periòdicament, de deshidratat de purí de vaca (Càceres-2003)



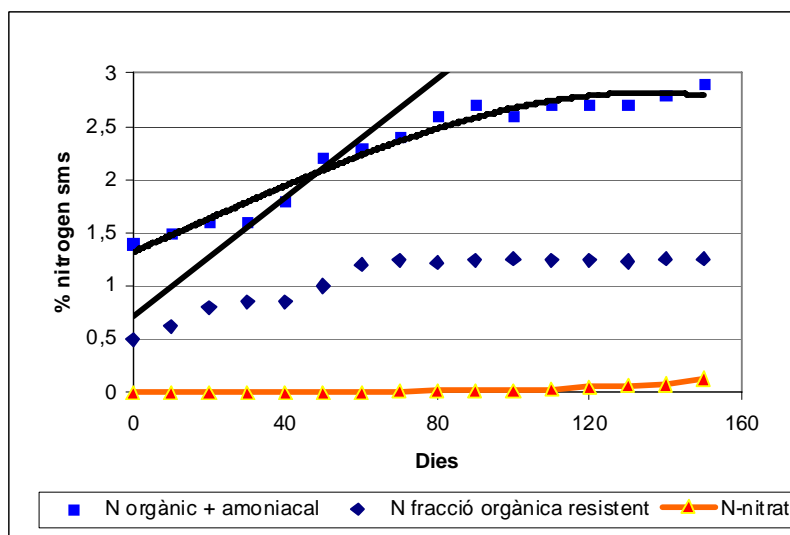
**Figura 11.** Disminució de la concentració de matèria orgànica, expressada sobre mostra seca, durant el compostatge d'una pila, voltejada periòdicament, de deshidratat de purí de vaca (Càceres-2003)



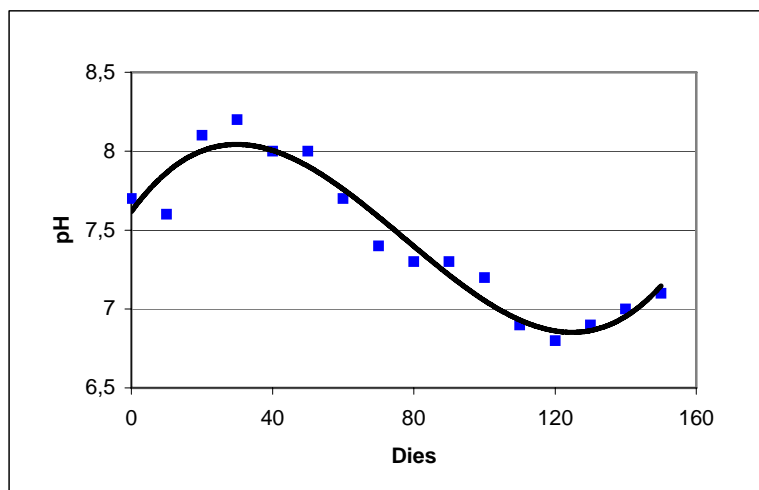
**Figura 12.** Evolució del grau d'estabilitat de la matèria orgànica d'un deshidratat de purí de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Càceres-2003)



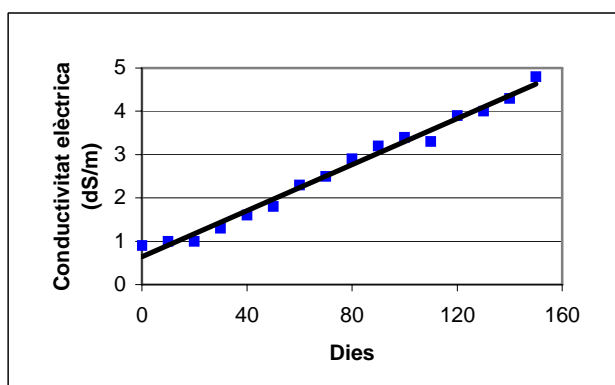
**Figura 13.** Variació del contingut de nitrogen total, nitrogen difícilment biodegradable i nitrogen nítric d'un deshidratat de purí de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Càceres-2003)



**Figura 14.** Evolució del pH d'un deshidratat de purí de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Càceres-2003)

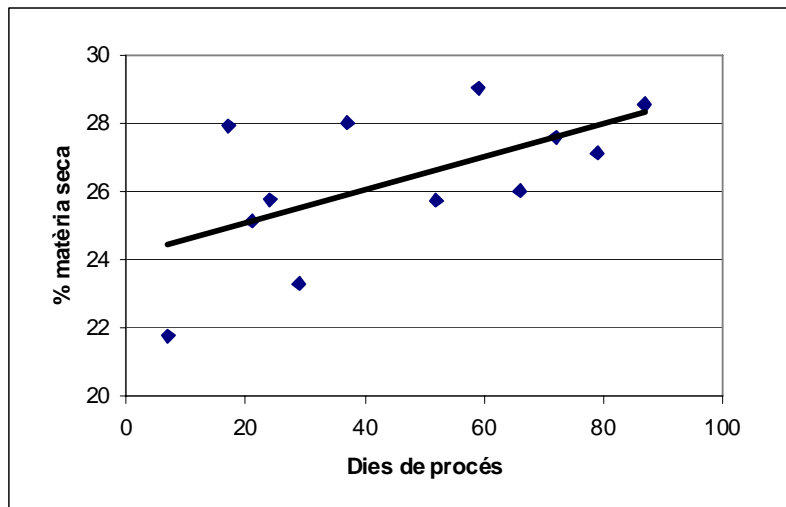


**Figura 15.** Evolució de la salinitat, expressada com a conductivitat elèctrica, d'un deshidratat de purí de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Càceres-2003)

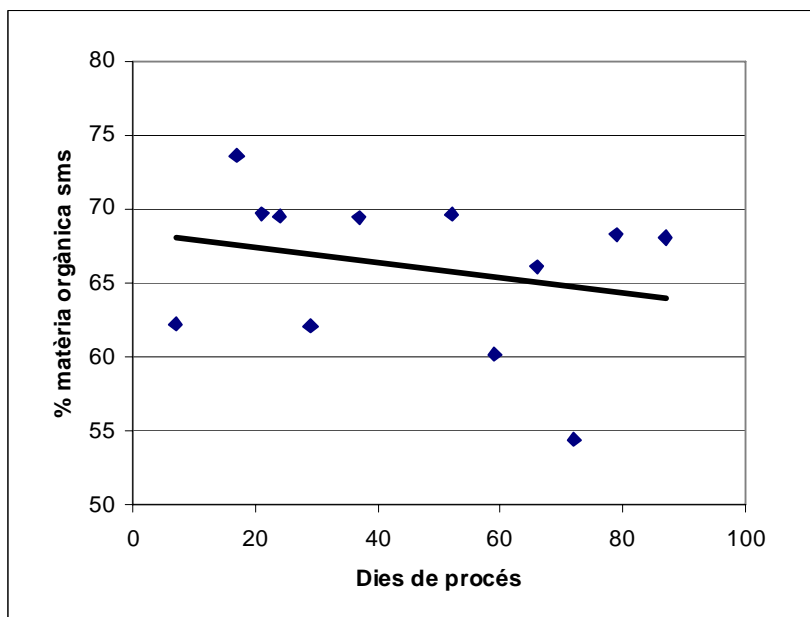


Les **figures-16, 17, 18, 19 i 20** representen respectivament l'evolució de la matèria seca, la matèria orgànica, el contingut de nitrogen, el grau d'estabilitat i la relació C/N d'un fem de vacú durant el seu compostatge, en què fou sotmès a volteigs freqüents. A grans trets, aquests resultats confirmen els de l'exemple anterior.

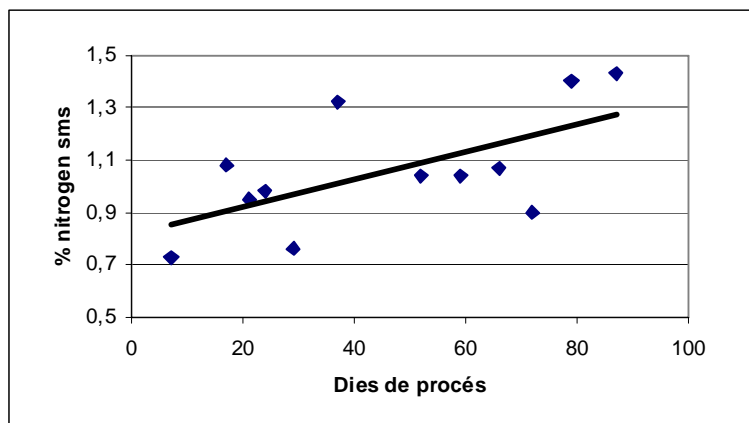
**Figura 16.** Evolució de la matèria seca d'un fem de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Comas-1980)



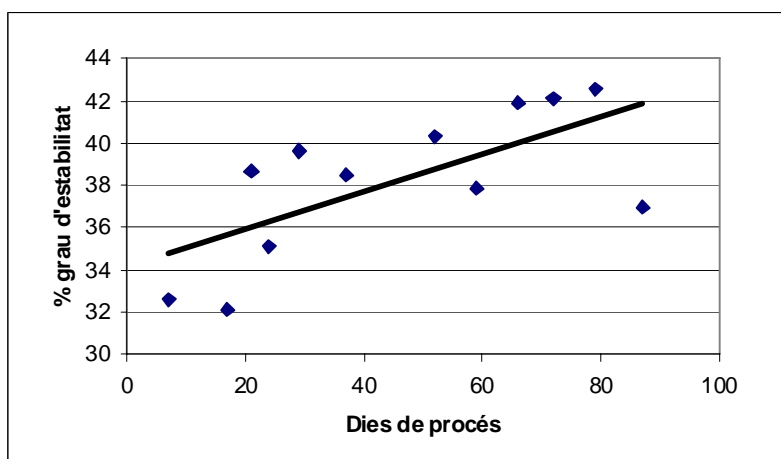
**Figura 17.** Evolució de la matèria orgànica d'un fem de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Comas-1980)



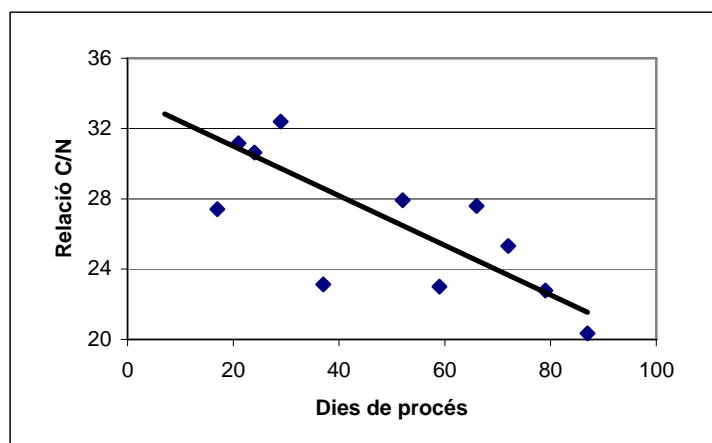
**Figura 18.** Evolució del contingut de nitrogen total d'un fem de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Comas-1980)



**Figura 19.** Evolució del Grau d'Estabilitat de la matèria orgànica d'un fem de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Comas-1980)



**Figura 20.** Evolució de la relació C/N d'un fem de vaca durant el seu compostatge en una pila voltejada periòdicament (Comas-1980)



## 6. SITUACIONS QUE ES PRESENTEN EN EL COMPOSTATGE DE LES DEJECCIONS RAMADERES

### 6.1 FEMS MOLT PASTOSOS

Avui dia són habituals les explotacions ramaderes que generen fems molt pastosos, ja sigui per un excés d'aigua —per exemple, els fems recollits en patis descoberts—, ja sigui perquè en el maneig del bestiar s'utilitza poc jaç o aquest és poc estructurant i absorbent i té tendència a compactar-se pel mateix pes dels excrements.

Aquests fems, que de manera genèrica anomenarem *pastosos*, gairebé no tenen porositat, i en cas que existeixin uns pocs porus en el seu interior, aquests no estan interconnectats entre si ni amb l'exterior. Per tant, l'aire no hi pot penetrar més enllà d'uns pocs centímetres de la superfície. Conseqüentment, les transformacions que pateixen durant l'emmagatzematge, o almenys durant els primers mesos d'aquest procés, les realitzen els microorganismes que poden actuar sense o amb molt poc oxigen. Ja s'ha comentat anteriorment que aquest tipus de transformacions microbianes són lentes i la velocitat de generació d'energia també ho és. Per això, en aquest tipus de fems l'edat no és sinònim d'evolució, i les característiques d'un amb una edat de mesos poden diferir poc de les d'un de pocs dies, sobretot si les temperatures ambientals són fredes. Així:

- i) La higienització del material és difícil que s'hagi assolit perquè la poca energia generada es perd majoritàriament per la superfície de la pila de fems, i no aconsegueix elevar-li la temperatura.
- ii) El volum pot haver disminuït molt poc perquè ni s'ha descompost gaire matèria orgànica ni s'ha evaporat pràcticament aigua.

Si volem que un fem pastós pateixi ja d'inici transformacions aeròbies,<sup>20</sup> no queda més remei que transformar-lo en un material més porós:

- i) Retirant-li aigua —per exemple, per qualsevol dels sistemes físics de deshidratació descrits en l'apartat 4.1.<sup>21</sup>
- ii) Afegint-li un material estructurant, com ara palla<sup>22</sup> o restes forestals.

Ara bé, la pregunta prèvia que cal que ens plantejem és si cal necessàriament modificar les característiques físiques del fem perquè evolucioni sota condicions aeròbies en comptes d'anaeròbies. La resposta depèn de diversos factors que cal comentar:

- i) Dimensions del femer. Per les característiques que tenen, els fems pastosos són més difícils d'apilar perquè flueixen, i si no hi ha murs de contenció no s'aconsegueixen construir piles tan elevades com amb un fem més

---

<sup>20</sup> Parlem d'inici perquè pot ser que, amb el pas del temps, l'acció assecant del sol i del vent i la minsa activitat microbiana converteixin un fem pastós en un material prou porós com per permetre el pas de l'aire pel seu interior.

<sup>21</sup> Preferentment els que no requereixin ni instal·lacions complexes ni tinguin costos addicionals d'energia.

<sup>22</sup> La palla no només actua aquí com a estructurant, sinó també com a material complementari perquè equilibra la humitat del conjunt absorbint aigua del fems —això sol ja facilita el pas de l'aire—, i aporta carboni, de tal manera que la barreja adquireix unes característiques que minimitzen les pèrdues de nitrogen en forma amoniacal que tenen lloc durant la transformació.

estructurat. A més ja hem dit que les transformacions microbiològiques en absència d'aire no aconsegueixen reduccions substancials de volum, almenys en el termini d'uns quants mesos. Per tant, els fems pastosos generats per un determinat nombre de caps de bestiar requereixen, almenys a llarg termini, més superfície de femer que si aquests fems fossin més esponjosos i poguessin transformar-se en condicions aeròbies.<sup>23</sup> Aquest sobredimensionat del femer pot significar un cost substancial de construcció si la seqüència de conreus on s'apliquen els fems obliga a llargs períodes d'emmagatzematge.

- ii) Fems higienitzats. Si les característiques dels conreus que s'adoben amb els fems i les tècniques culturals que s'hi practiquen minimitzen els inconvenients que puguin derivar-se de la presència de males herbes en el fem, no resulta evident que calgui forçar les condicions de transformació aeròbia que n'assegurin la higienització. El mateix es pot dir quan els fems no s'apliquen a pastures i no existeix un risc clar de transmissió de patologies al bestiar. Però en altres situacions —prats de dent, conreus d'horta o conreus on no s'utilitzen herbicides— pot ser un factor de valorització del fem assegurar-ne la higienització.
- iii) Distància dels camps on cal aplicar-los. Aquest és probablement el factor més decisiu. Si els camps són propers i no hi ha altre factor que ho desaconselli, potser ja és correcte continuar manipulant fems pastosos. Però si aquells són més llunyans i els costos d'aplicació —en temps i en maquinària— són substancials, pot resultar més econòmic incrementar les quantitats de jaç, encara que aquest s'hagi d'adquirir, per tal d'aconseguir reduccions substancials de volum en el producte final. En tot cas, cal fer un acurat càlcul de costos com ara els indicats als exemples de la taula 9.
- iv) Exportació de nutrients. Si el ramader té un excedent de fems —excedent de nitrogen— i els ha d'exportar a terres alienes, habitualment allunyades, mitjançant transportistes autoritzats, o portar-los a una instal·lació externa de tractament, encara és més important potenciar totes les transformacions que signifiquin grans reduccions de volum.
- v) Inexistència de risc de pèrdues importants de N. Amb residus amb relacions C/N baixes, les pèrdues de N en forma amoniacal són més elevades sota condicions aeròbies que anaeròbies. Ara bé, en estructurar un fem pastós perquè composti utilitzant amb materials com ara la palla, la relació C/N de la mescla s'eleva i les pèrdues de N poden ser, consegüentment, inferiors.
- vi) Factors econòmics, com ara el cost dels materials complementaris, imprescindibles per canviar les característiques dels fems pastosos, o l'amortització i els costos de funcionament dels equips de deshidratació.

A la taula 9 es mostra un exemple que recull uns quants —no tots— d'aquests factors que cal tenir en compte. Creiem interessant destacar-ne el següent:

---

<sup>23</sup> En l'apartat que hem dedicat a l'estimació de la composició dels fems per la via dels balanços s'hi recullen dos casos reals ben distints d'explotacions de vaquí de llet amb estructures molt similars. L'explotació de l'exemple 1, amb fems molt pastosos que es transformen molt poc durant els sis mesos d'emmagatzematge, necessita 5,6 m<sup>3</sup> de capacitat de femer per a cada cap de bestiar. En canvi, la de l'exemple 2, amb fems més pallosos que pateixen una intensa degradació microbiana durant el mig any d'emmagatzematge, requereix només 1,6 m<sup>3</sup> de femer per cap.

- i) Encara que l'aplicació directa al camp és la més econòmica en hores de treball, les condicions climàtiques i els cicles dels conreus no permeten dur-la sempre a terme.
- ii) No s'hi han considerat els factors econòmics: el cost de la palla en el cas dels fems compostats o la inversió en superfície suplementària de femer en el cas dels fems pastosos.
- iii) L'important estalvi d'hores de treball i els inferiors costos —econòmics i energètics— de l'aireig forçat respecte del volteig<sup>24</sup> (taula 10). Les hores destinades al volteig poden reduir-se espectacularment si, en comptes de realitzar-lo amb pales acoblades al tractor, s'utilitzen equips dissenyats per a aquesta funció. Ara bé, el cost d'aquests equips difícilment el pot amortitzar una explotació ramadera de mitjana grandària,<sup>25,26</sup> i en tot cas sempre és superior al de l'aireig forçat.
- iv) La confirmació de la decisiva influència de la distància dels punts d'aplicació, tal com ja s'havia avançat anteriorment.
- v) No s'hi han considerat factors d'altra banda inquantificables, com ara l'absència de males olors o de males herbes en el compost, la seva millor qualitat com a estructurant del sòl, el subministrament més gradual de N, etc. En determinades circumstàncies aquests aspectes més qualitius poden fer-nos decantar cap a l'opció del compostatge malgrat que no sigui la més atractiva des del punt de vista econòmic.

---

<sup>24</sup> La despesa energètica de l'aireig forçat resulta d'aproximadament un kw·h per tona de dejecció ramadera compostada.

<sup>25</sup> Hi ha equips voltejadors autopropulsats o que van acoblats al tractor. La voltejadora autopropulsada de menor grandària que existeix al mercat faria l'operació en 0,5 hores —8 hores en total per als 16 volteigs previstos en l'exemple—, però representa una inversió d'uns 22.000 € i el cost de manteniment no és menyspreable. Això sí, el pas d'aquests equips durant el compostatge millora substancialment l'homogeneïtat del producte final, característica molt valorada si el compost es destina a jardineria.

<sup>26</sup> Aquests equips es podrien compartir entre diverses explotacions properes i amb problemàtiques similars, sempre que es respectin els requisits que exigeix la sanitat animal.

**Taula 9.** Comparació dels temps totals de treball necessaris per a la manipulació de fems pastosos o dels mateixos fems compostats per volteig o per aireig, prèvia addició de palla, en una determinada explotació agropecuària

**CAS A:** Camps propers a la granja

PARÀMETRE-OPERACIÓ	Fem pastós aplicat directament al camp	Fem pastós emmagatzemat abans d'aplicar al camp	Compostat per volteig	Compostat per aireig forçat
Quantitat (m <sup>3</sup> )	163	163	217 <sup>1</sup>	217 <sup>1</sup>
Construir les piles al femer	0 h	8 h	11 h <sup>2</sup>	11 h <sup>2</sup>
Volteig (1 per setmana durant 16 setmanes)	0 h	0 h	64 h <sup>3</sup>	4 h <sup>4</sup>
Volum final (m <sup>3</sup> )	163	163	72 <sup>5</sup>	72 <sup>5</sup>
Carregar	3 h	3 h	1,5 h	1,5 h
Escampar	8 h <sup>6</sup>	8 h <sup>6</sup>	4 h <sup>6</sup>	4 h <sup>6</sup>
<b>Temps total (hores)</b>	11 h	19 h	80,5 h	20,5 h

<sup>1</sup> Un 30% més de volum per la palla afegida per augmentar la porositat.

<sup>2</sup> Tres minuts per viatge amb una pala d'1 m<sup>3</sup> de capacitat.

<sup>3</sup> Una mitjana de 3 hores per volteig: més a l'inici —hi ha més volum—, i menys al final.

<sup>4</sup> Només un volteig a mig procés.

<sup>5</sup> Reducció del volum a 1/3 per efecte del compostatge.

<sup>6</sup> Trenta minuts per remolc de 10 m<sup>3</sup>.

**CAS B:** Camps llunyans a la granja

PARÀMETRE-OPERACIÓ	Fem pastós aplicat directament al camp	Fem pastós emmagatzemat abans d'aplicar al camp	Compostat per volteig	Compostat per aireig forçat
Quantitat (m <sup>3</sup> )	163	163	217 <sup>1</sup>	217 <sup>1</sup>
Construir les piles al femer	0 h	8 h	11 h <sup>2</sup>	11 h <sup>2</sup>
Volteig (1 per setmana durant 16 setmanes)	0 h	0 h	64 h <sup>3</sup>	4 h <sup>4</sup>
Volum final (m <sup>3</sup> )	163	163	72 <sup>5</sup>	72 <sup>5</sup>
Carregar	3 h	3 h	1,5 h	1,5 h
Escampar	16 h <sup>6</sup>	16 h <sup>6</sup>	7 h <sup>6</sup>	7 h <sup>6</sup>
<b>Temps total (hores)</b>	19 h	27 h	83,5 h	23,5 h

<sup>1</sup> 60 minuts per remolc de 10 m<sup>3</sup>.

**Taula 10.** Comparació de costos en el maneig dels fems compostats per volteig o per aireig forçat en l'exemple anterior

PARÀMETRE-OPERACIÓ	Volteig	Aireig
Fer piles <sup>1</sup>	11 * 40 = 440 €	11 * 40 = 440 €
Volteig (1 per setmana i 16 setmanes)	64 * 40 = 2560 €	4 * 40 = 160 €
Aireig (6 h/d, 0.1 €/kwh i 8 setmanes)	0	34 € <sup>2</sup>
<b>Cost total</b>	<b>3000 € (18,4 €/m<sup>3</sup> fems)</b>	<b>600 € (3,7 €/m<sup>3</sup> fems)</b>

<sup>1</sup> Les operacions de tractor s'han valorat a 40 €/hora.

<sup>2</sup> Els costos d'amortització i manteniment dels equips d'aireig són mínims.

<sup>3</sup> Referits al volum de fem pastós.

## 6.2 DESHIDRATATS DE PURINS

A les explotacions ramaderes del nostre país també comencen a sovintejar els equips de deshidratació que, amb l'aportació d'energia,<sup>27</sup> converteixen un fem pastós de difícil maneig o un purí en dues fraccions:

- i) Una fracció sòlida, que anomenarem *deshidratat*, i que té unes característiques que el distingeixen:
  - És constituït per partícules de poca grandària i molt homogènies d'aspecte, ja que la bomba que impulsa el purí o el fem pastós cap a l'equip de deshidratació també ha de triturar-los perquè si no aquest no funciona adequadament.
  - És un material porós i permet el pas de l'aire pel seu interior.<sup>28</sup>
  - Té una bona estructura i s'hi poden construir piles d'alçada raonable sense que perdi completament la porositat per causa del seu propi pes.
- ii) Una fracció líquida o purí, lògicament menys espessa que el material original, ja que se n'ha extret d'aquest la fracció sòlida, i també menys concentrada en nutrients.<sup>29</sup>

### 6.2.1 Interès de la deshidratació

Com sempre, abans de decidir la instal·lació d'un equip de separació sòlid/líquid, —o deshidratació—, s'ha d'haver valorat si comportarà avantatges en el maneig de les dejeccions ramaderes<sup>30</sup> i/o una reducció en els costos. Descriurem aquí unes

<sup>27</sup> Aquests sistemes s'han descrit a l'apartat 4.1.2

<sup>28</sup> Que permeti el pas de l'aire no vol dir que de manera espontània es creï en el seu interior una atmosfera prou rica en oxigen com per assegurar un correcte i ràpid desenvolupament del procés de compostatge. Tot al contrari, el més habitual és que per assegurar l'oxigenació calgui l'ajut d'un ventilador que injecti aire.

<sup>29</sup> La diferència de composició entre les fraccions sòlida i líquida serà tant més gran com més eficient sigui la deshidratació. Així, una fracció sòlida amb un 40% de matèria seca diferirà més de la fracció líquida que una altra que només hagi assolit el 20% de matèria seca.

<sup>30</sup> Determinats sistemes de maneig d'explotacions ramaderes ja porten implícit un equip de deshidratació. Aquest és el cas, per exemple, de les granges de vaquí de llet amb neteja de la nau amb aigua. Per evitar un consum excessiu, les aigües de neteja es reutilitzen després d'eliminar per deshidratació els excrements sòlids que contenen.

quantas situacions que podrien —i hem de remarcar el condicional— justificar la instal·lació d'un d'aquests equips:

- i) Tenir una dejecció ramadera molt pastosa i de difícil maneig, ja sigui com a fem, ja sigui com a purí. Un equip de deshidratació converteix aquest material en un deshidratat manejable com a sòlid i en un purí molt diluït. De tota manera, també cal dir que en aquests casos acostuma a existir una solució més econòmica que un equip d'aquestes característiques, solució habitualment basada en un canvi de maneig de l'explotació: per exemple, un consum més elevat de jaç que porti a generar un fem clarament sòlid.<sup>31</sup>
- ii) La situació dels camps on s'han d'aplicar les dejeccions ramaderes. En realitzar la deshidratació, la distribució dels elements fertilitzants no és homogènia entre el deshidratat i el purí: així, i tal com es pot veure a l'exemple de la figura 21, el primer sol ser més concentrat en nitrogen que el segon, en contenir més fracció sòlida. Per tant, si destinem el deshidratat als camps més allunyats —en ser més concentrat en N, no cal aplicar-ne tan volum per aportar la mateixa quantitat d'element— i el purí als més propers —en ser més diluït, se n'ha d'escampar més volum per aportar la mateixa quantitat de N— podem reduir els costos de transport i aplicació de tal manera que faci rendible un equip de deshidratació. I això pot ser encara més evident si una explotació ramadera ha d'exportar o gestionar les seves dejeccions ramaderes a través de tercers —transportistes o gestors de residus.

Les possibilitats de rendibilitzar aquests equips de deshidratació a través de la reducció dels costos de transport i aplicació al camp de les dejeccions ramaderes augmenten substancialment si la fracció sòlida o deshidratat se sotmet a compostatge: la reducció de massa i de volum que té lloc durant aquest procés condueix a un producte final encara molt més concentrat. Es pot observar a l'exemple de la figura 21 que, mentre el deshidratat tal com surt de l'equip té una concentració de N per unitat de volum quasi idèntica que la del material original, una vegada compostat i madurat té una concentració en N que és gairebé el doble.

És important remarcar que deshidratar perquè sí, sense raons que ho justifiquin, no només representa un increment de cost, sinó que complica el maneig de les dejeccions ramaderes:

- i) Tenim un equip extra a l'explotació que, a més d'amortitzar-lo, requereix un manteniment acurat.<sup>32</sup>
- ii) Necessitem dos tipus de maquinària d'aplicació, una d'escampar fems per al deshidratat i una cisterna per al purí, mentre que abans amb una d'elles en fèiem prou.

---

<sup>31</sup> Recordem també aquí les separacions físiques sòlid/líquid a base de tamisos grollers i que no requereixen manteniment ni aportació extra d'energia, descrites a l'apartat 4.4.1, molt eficients quan encara no s'ha consumat la barreja entre orins i excrements sòlids.

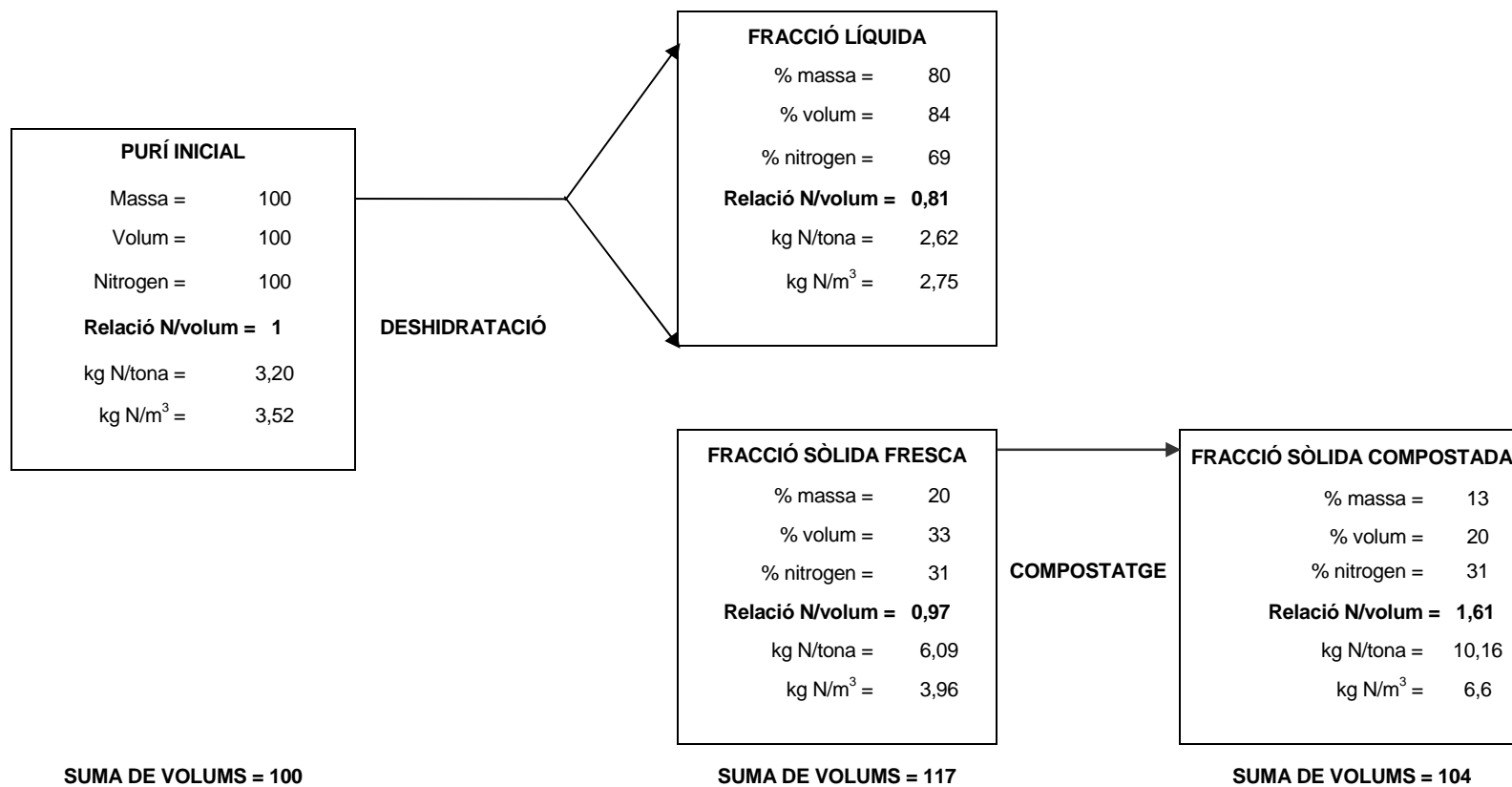
<sup>32</sup> Com a exemple, per a una explotació de 200 vaques de llet amb la corresponent reposició, el cost anual de funcionament i amortització d'una instal·lació de deshidratació és d'uns 33 €/vaca en producció i any, això en el supòsit que la bassa de purins ja estigui construïda. Si l'explotació és de 100 vaques en producció, el cost del deshidratador ja arriba a 60 €/vaca i va pujant notablement a mesura que baixa el nombre de caps.

- iii) La suma dels volums de deshidratat i de purí és més elevada que la del residu original,<sup>33</sup> tal com queda de manifest en l'exemple particular representat a la figura 21. Com ja s'ha comentat anteriorment, es deu a la porositat que exhibeix el deshidratat.

---

<sup>33</sup> La suma de masses de deshidratat i de purí sí que és igual que la dels residus original. Però amb residus és més convenient parlar de volum i no de massa, ja que la capacitat de la maquinària d'aplicació —remolcs de fems o cisternes de purí— és condicionada habitualment pel volum.

**Figura 21.** Exemple particular de la distribució de masses, volums i nitrogen que resulta en deshidratar un purí de vaca lletera i en compostar el deshidratat



### 6.2.2 Composició del deshidratat

A la taula 11 es recull la composició mitjana de mostres de purins de vaquí de llet i els seus corresponents deshidratats i fraccions líquides. És interessant observar la distribució de nutrients.

**Taula 11.** Composició mitjana de diferents purins de vaquí, amb els seus corresponents deshidratats i fraccions líquides (Lloreda-2004)

PARÀMETRE	Purí complet	Fracció líquida	Deshidratat
Proporcions en pes, %	100	80	20
Proporcions en volum, %	100	84-85	33-34
kg ms/m <sup>3</sup>	124,3	78,8	115,2
kg MO/m <sup>3</sup>	97,9	49,5	100,8
kg N/m <sup>3</sup>	3,82	2,61	3,35
kg P/m <sup>3</sup>	0,6	1,6	0,6
kg K/m <sup>3</sup>	1,9	3,3	3,2
g Mn/m <sup>3</sup>	84,9	19,7	12,1
g Zn/m <sup>3</sup>	82,6	23,7	16,1
g Cu/m <sup>3</sup>	6,1	8,1	4,5
g ms/kg	113,0	75,1	239,2
g MO/kg	89,0	47,2	208,9
g N/kg	3,5	2,49	7,0
g P/kg	0,6	1,5	1,3
g K/kg	1,7	3,1	6,6
mg Mn/kg	77,2	18,8	25,0
mg Zn/kg	75,1	22,6	33,3
mg Cu/kg	5,5	7,6	9,3

### 6.2.3 Condicions per al compostatge del deshidratat

Ja s'ha comentat que el material que resulta de deshidratar un purí o un fem pastós és un material porós, estructurat i amb uns continguts importants de matèria orgànica biodegradable i de nutrients essencials per a la vida microbiana. Però quan se l'apila, els porus, ja petits, s'encongeixen encara més per l'acció del mateix pes del material (figura 22) i la circulació d'aire que s'estableix a l'interior per l'efecte xemeneia no és suficient per mantenir, almenys durant les primeres setmanes, les condicions aeròbiques que requereix el procés de compostatge. Conseqüentment, el bon desenvolupament del compostatge d'un deshidratat necessita ventilació forçada, tal com posen de manifest els resultats de la següent experiència que tot seguit es descriu:

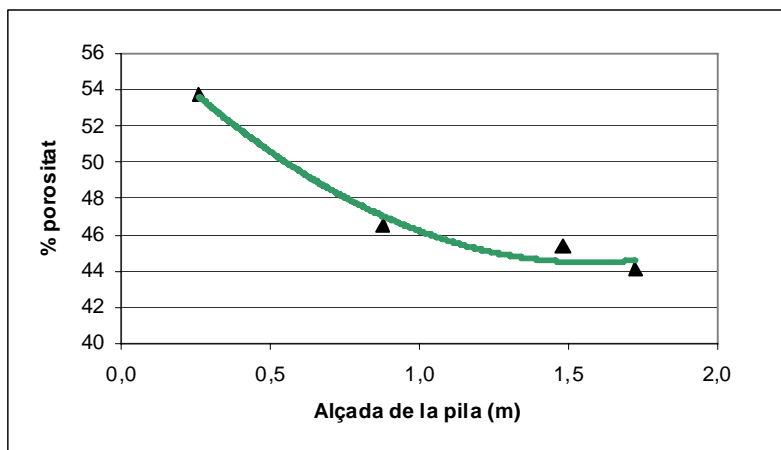
- i) La figura 23 representa l'evolució de les temperatures de dues piles: una simplement voltejada amb pala amb una freqüència més o menys setmanal, i l'altra no voltejada, però que disposava de ventilació assistida. Aquesta ventilació era controlada de manera molt simple:
- Un temporitzador provocava engegades i aturades periòdiques per assegurar presència suficient d'oxigen a l'interior de la pila.
  - Si la temperatura de la massa s'enfilava massa i apareixia el risc d'alentir o aturar l'activitat microbiana per sobreescalfament, un termòstat disparava el ventilador, que actuava llavors per refredar.<sup>34</sup>
- ii) L'augment de la temperatura que va assolir durant les primeres setmanes la pila airejada posa de manifest un increment de l'activitat dels microorganismes descomponedors, cosa que confirma la figura 24. Com a conseqüència, la reducció de la seva massa —i el seu volum— fou més ràpida (figura 25) i l'estabilització del material més precoç.
- iii) El color del deshidratat de purí al cap d'uns quants dies de procés (figura 26) mostra clarament que amb l'aireig forçat, la demanda microbiana d'oxigen ha quedat satisfeta a tot arreu, mentre que en voltejar, la presència permanent d'oxigen només queda assegurada, durant les primeres setmanes, a la part superficial de la pila.
- iv) Pot constatar que, al cap d'un mes de procés, quan s'aturà l'aireig forçat de la pila airejada i se'n deixà l'oxigenació exclusivament a mans de l'efecte xemeneia, la descomposició de matèria orgànica era aproximadament un 75% més elevada que la de la pila només voltejada i la pèrdua de massa un valor semblant.<sup>35</sup> Això evidentment repercuteix en la superfície necessària de femer.

---

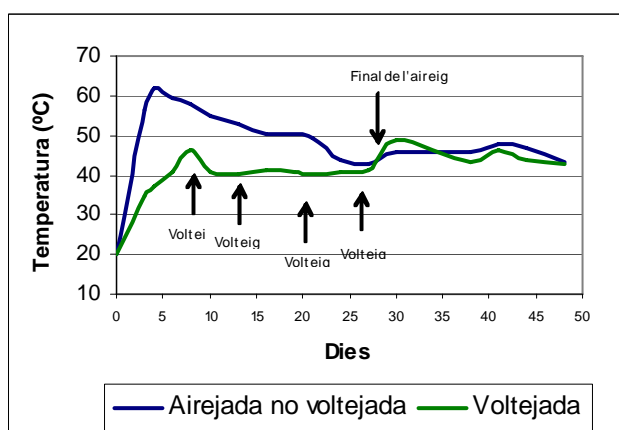
<sup>34</sup> Les necessitats d'aire per oxigenar són d'aproximadament 10-20 vegades inferiors a les necessitats de ventilació per refredar i controlar la temperatura. En aquest concret exemple que presentem, la ventilació estava dissenyada per oxigenar, per la qual cosa el control de temperatura —establert per no superar els 50 °C— no fou total. Però també cal dir que, mentre els costos de ventilació per oxigenar són perfectament assumibles per qualsevol explotació ramadera, gairebé mai no succeeix el mateix si el que es pretén és ventilar per controlar la temperatura.

<sup>35</sup> Les pèrdues de massa són degudes a dos fenòmens: la descomposició de matèria orgànica, que es converteix en gas —CO<sub>2</sub>—, i l'evaporació d'aigua per la calor generada en el procés.

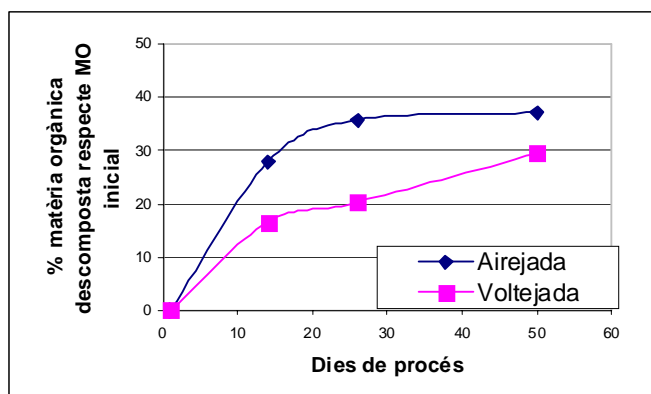
**Figura 22.** Variació de la porositat d'un deshidratat de purí de vaquí en funció de l'alçada de la pila (dades pròpies, no publicades)



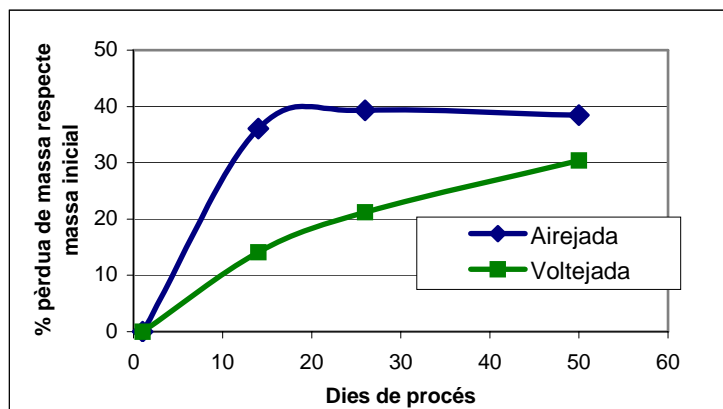
**Figura 23.** Evolució de la temperatura en dues piles de deshidratat de purí de vaquí, una voltejada i l'altra estàtica, però amb ventilació forçada (Lloreda-2004)



**Figura 24.** Percentatge de la matèria orgànica present inicialment en el deshidratat de purí vaquí que descompon al llarg del compostatge, segons les condicions en què es duu a terme aquest procés (Lloreda-2004)



**Figura 25.** Percentatge de la massa inicial del deshidratat de purí vaquí que es perd durant el compostatge, segons les condicions en què es duu a terme aquest procés (Lloreda-2004)



**Figura 26.** Aspecte d'un deshidratat de purí de vaquí sotmès a diferents tractaments per al compostatge

**Foto A:** Aspecte de l'interior d'una pila de deshidratat de purí de vaquí després de 7 dies de ventilació forçada. El color marró fosc de tot el perfil de la pila indica una important transformació microbiana, impulsada per una elevada concentració d'oxigen.



**Foto B:** Aspecte de l'interior d'una pila de deshidratat de purí de vaquí després de 7 dies de procés sense ventilació forçada. L'efecte xemeneia no ha aconseguit mantenir una concentració suficient d'oxigen a l'interior de la pila, i el material ha evolucionat poc, i ha mantingut el color verdós original. En canvi, la part superficial de la pila —uns 20-25 cm— ha patit una important transformació microbiana —color marró fosc— perquè la concentració d'oxigen s'hi ha mantingut alta perquè s'ha difós des de la superfície.



A l'**annex** es recullen exemples d'instal·lacions particulars de compostatge de dejeccions ramaderes.

Si no hi ha possibilitat d'aireig forçat, i malgrat que el volteig no assegurï en les primeres etapes del procés la correcta oxigenació del material, sempre és millor fer-ho que no,<sup>36</sup> atès que la transformació i estabilització del residu orgànic és més ràpida:

- i) Amb el volteig, la part més superficial d'una pila, si s'ha transformat en presència suficient d'oxigen, passa a l'interior i és substituïda per material que no havia estat en aquestes condicions aeròbies.
- ii) El material exterior, que no havia pogut higienitzar-se en estar més fred pel seu contacte amb l'exterior, ho farà en passar a l'interior de la massa, que sempre assoleix temperatures més elevades.
- iii) El volteig esponja el material, cosa que n'augmenta la porositat i la grandària dels seus porus, i afavoreix l'establiment d'un efecte xemeneia més potent. Això pot conduir que les condicions aeròbies en el conjunt de la pila s'assoleixin abans. Aquest fet és especialment important amb residus, com ara el deshidratat de purí, que són pobres en components estructurals com ara la palla,<sup>37</sup> cosa que fa que tinguin tendència a compactar-se a causa del seu propi pes i, per tant, a perdre porositat fins a un cert punt (figura 22).
- iv) Encara que això no tingui interès amb materials tan homogenis com el deshidratat de purins, els volteigs tenen un cert efecte trinxant, cosa que augmenta la superfície d'atac dels microorganismes i, per tant, augmenta la rapidesa del procés.

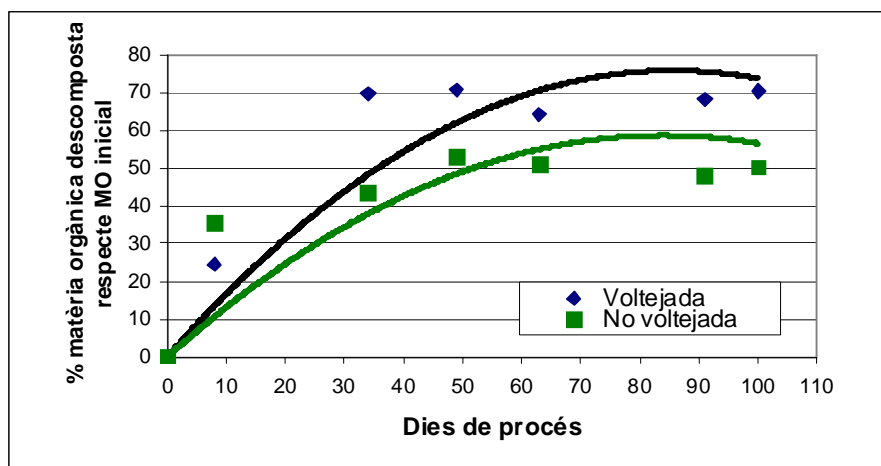
---

<sup>36</sup> Sempre s'han de tenir en compte els costos d'aquesta operació.

<sup>37</sup> Encara que n'hi hagi, aquesta es troba molt finament trinxada per efecte de la bomba que impulsa el purí cap a l'equip deshidratador.

A les **figures 27 i 28** es recullen els resultats d'una experiència que confirma els comentaris anteriors. Es pot constatar que en uns 100 dies de procés, en la pila voltejada s'ha descompost aproximadament una tercera part més de matèria orgànica que en la no voltejada<sup>38</sup> i una cosa similar passa amb la massa perduda. També es pot observar que a la pila voltejada s'obté en uns 50 dies una descomposició similar a la que en la pila no voltejada s'aconsegueix en 100. Finalment també hem de destacar que el procés cal fer-lo durar el que faci falta per a cada tipus de material, però no més, ja que a partir d'un determinat moment — uns 60 dies en els exemples concrets que estem comentant— els canvis són mínims i no compensen ni les hores de treball ni la superfície que se li destina.<sup>39</sup>

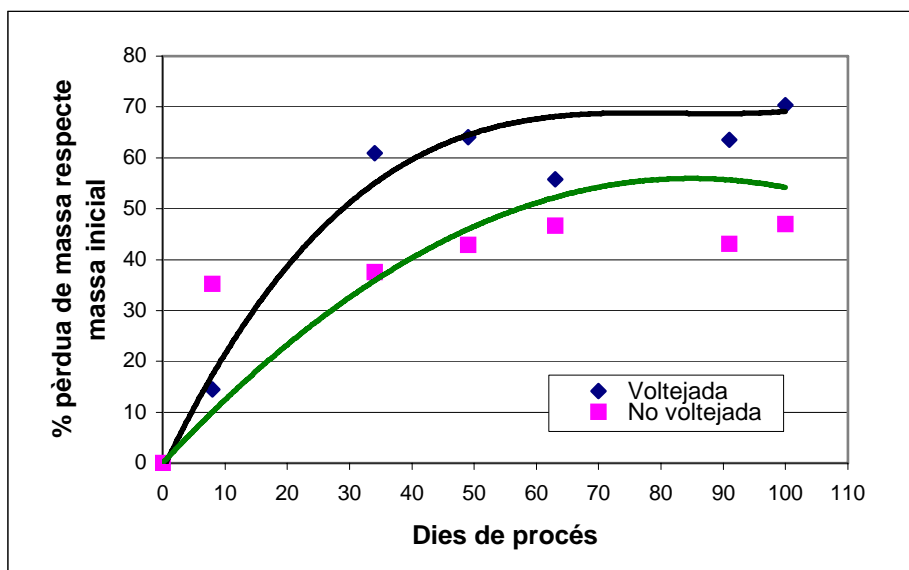
**Figura 27.** Percentatge de la matèria orgànica present inicialment en el deshidratat de purí vaquí que descompon al llarg del compostatge, segons si la pila es volteja o no (Lloreda-2004)



<sup>38</sup> En la pila voltejada ha descompost aproximadament un 75% de la matèria orgànica inicial, mentre que en la no voltejada és més o menys un 55%.

<sup>39</sup> Els resultats de l'experiència recollida a les **figures-27 i 28** no són comparables als de l'experiència de les **figures 24 i 25**, atès que tant el tipus de jaç com l'alimentació del bestiar eren diferents.

**Figura 28.** Percentatge de la massa present inicialment en el deshidratat de purí vaquí que descompon al llarg del compostatge, segons si la pila es volteja o no (Lloreda-2004)



#### 6.2.4 Nivell de deshidratació que cal assolir

Amb les instal·lacions de separació física sòlid/líquid amb aportació energètica es poden aconseguir deshidratats amb un nivell elevat de sequedat. Però la sequedat que s'ha d'anar a buscar també depèn dels objectius que es pretenen assolir amb la separació. Així, si aquesta es realitza per:

- i) Tenir la mínima fracció líquida o purí, llavors interessa buscar un deshidratat amb la màxima humitat possible. El límit superior d'humitat dependrà de les manipulacions a què es vulgui sotmetre el deshidratat:
  - Si només es pretén apilar-lo, el límit serà aquella humitat a partir de la qual no és possible fer-ho perquè el deshidratat ja presenta el comportament d'un fluid.
  - I si el que es pretén és compostar-lo, el límit serà aquella humitat que li redueix dràsticament, o fins i tot li anul·li, la porositat, sigui per ocupació directa dels porus, sigui perquè el material col·lapsa pel seu propi pes.

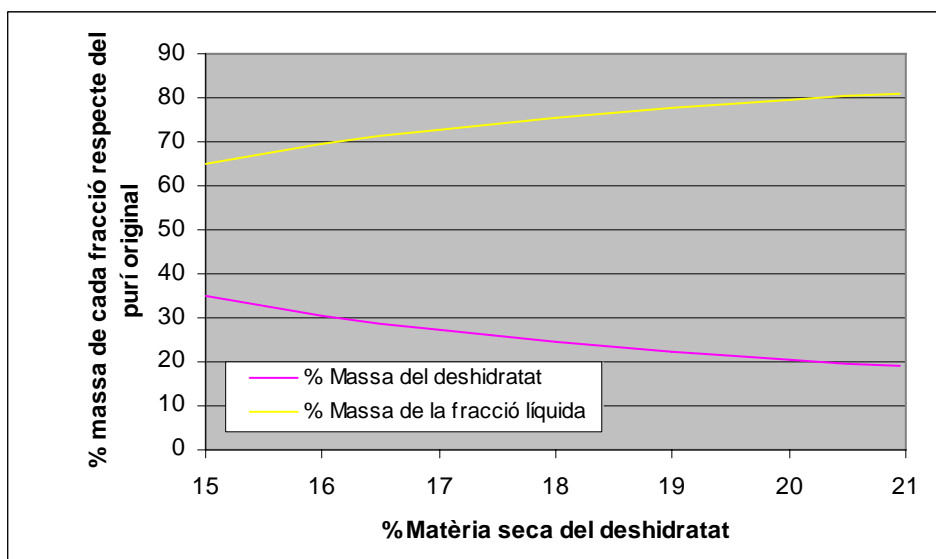
A la figura 29 es presenta un exemple de com varien les proporcions obtingudes de deshidratat i de fracció líquida segons el grau de sequedat del primer. Pot semblar que les diferències no són substancials, però anar a buscar un deshidratat amb un 16% de matèria seca significa, en el cas concret a partir del qual està construïda la figura 29, tenir un 15% menys de fracció líquida que si el deshidratat obtingut posseeix una sequedat del 21%.

- ii) Obtenir, mitjançant el compostatge del deshidratat, un adob de gran qualitat valoritzable a través del mercat de la jardineria i l'agricultura. Una de les qualitats dels adobs orgànics que més aprecien aquests mercats és una sequedat raonablement alta, la qual en facilita el maneig i la distribució. La figura 30 permet constatar que:
  - Si es parteix de materials amb humitats molt elevades —del 80% o més—, el compostatge no aconsegueix assecar el material perquè l'aigua que

s'evapora en el procés queda compensada per la que es genera per descomposició de la matèria orgànica del residu i també per la desaparició d'aquesta matèria orgànica.<sup>40</sup>

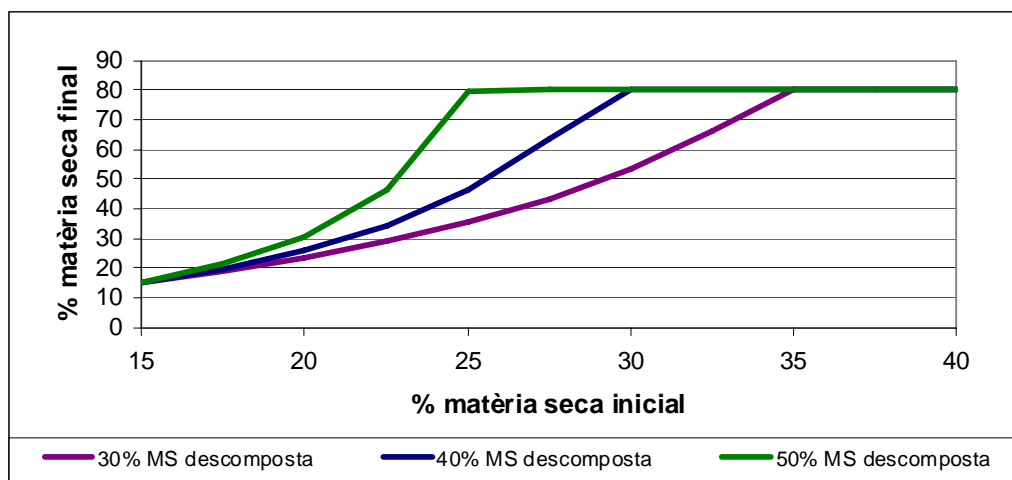
- A partir de sequedats superiors al 22%-27%, aquesta compensació ja no es produeix i el producte final assolirà sequedats del 40% aproximadament. Fins i tot cal evitar partir d'un deshidratat excessivament sec perquè llavors l'activitat microbiana del compostatge pot aturar-se per manca d'humitat abans que el procés hagi conclòs.

**Figura 29.** Proporcions de deshidratat i fracció líquida obtingudes d'un determinat purí de vaques de llet segons la matèria seca del primer



<sup>40</sup> La descomposició de matèria orgànica en condicions aeròbies dóna el gas CO<sub>2</sub> i aigua.

**Figura 30.** Relació teòrica entre la matèria seca del material a compostar i del compost obtingut, segons quin sigui el percentatge de matèria original degradable<sup>41</sup>



### 6.3 FEMS AMB ABUNDANT JAÇ

Els fems amb abundant jaç —palla, flocs, serradures...— tenen molt sovint, encara que no sempre, les característiques adequades per compostar:

- i) Una humitat suficient i no excessiva, encara que aquest paràmetre és el que amb més freqüència està desajustat.
- ii) Una bona estructura física, cosa que els permet mantenir, una vegada apilats, una certa porositat que possibilita la circulació d'aire pel seu interior.
- iii) Una relació C/N que fa que les pèrdues de N per volatilització siguin mínimes durant el procés.

Consegüentment, si el ramader considera oportú sotmetre'l a compostatge per gaudir dels avantatges que aporta aquest procés —revisar l'apartat 5.1—, és:

- i) Més que recomanable instal·lar un sistema d'aireig forçat per assegurar un correcte subministrament d'oxigen des del primer dia.
- ii) Recomanable realitzar alguns volteigs —amb pala o amb un equip especialitzat— per tal d'homogeneïtzar el material.

De fet, si algun defecte tenen els fems amb abundant jaç des de la perspectiva del compostatge és l'heterogeneïtat. A la massa hi coexisteixen materials de diferent granulometria —per exemple, la palla i les femtes— i amb una distribució no necessàriament regular —en un fem fresc s'hi poden identificar fàcilment grapats de palla i grumolls d'excrements. Per tant, tota operació que en millori l'homogeneïtat accelerarà el procés en facilitar l'atac microbià. Ara bé, tampoc no cal perdre de vista que la qualitat del compost obtingut sempre està en relació amb la seva destinació. L'existència en el compost resultant de restes encara identificables de palla no representa cap inconvenient per a la seva aplicació en un

<sup>41</sup> Per construir aquest gràfic s'ha considerat que a partir del 80% de matèria seca, l'activitat microbiana serà pràcticament nul·la, i per tant el material no podrà continuar evolucionant

conreu extensiu, però sí que pot ser un defecte si el compost es comercialitza per a la jardineria. Per tant, la intensitat i la dedicació que requereixi aquesta homogeneïtzació ha d'estar en concordança amb la destinació del producte.

#### 6.4 LA GALLINASSA SÒLIDA

La gallinassa d'aviram d'engreix acostuma a ser un material sòlid molt més sec que els fems amb molt de jaç i molt ric en N, el qual a més es troba ja en forma mineral o lligat a la fracció orgànica fàcilment descomposable (**taules 5 i 6**). Per aquest motiu, si se'l composta, humitejant-lo per corregir-ne la sequedat, però sense complementar-lo amb algun altre material residual d'elevada relació C/N, les pèrdues de nitrogen amoniacal durant el procés són molt importants.

Per això, si no és possible disposar d'aquest material complementari de C/N elevada, és més aconsellable no compostar-lo i utilitzar-lo tal com es genera, prenent la precaució de dosificar-lo correctament i aplicar-lo en el moment oportú per evitar problemes derivats de l'elevada salinitat.

També cal esmentar interessants experiències<sup>42</sup> de tractament de la gallinassa a temperatures i pressions elevades, seguit d'una posterior extrusió, que donen un producte de fàcil maneig. Malgrat això, quan es torna a humitejar durant l'aplicació, reapareixen les males olors, ja que la seva matèria orgànica no està estabilitzada.

### 7. L'INTERÈS DELS MATERIALS COMPLEMENTARIS

En l'anterior capítol s'han introduït diferents situacions que posen de manifest l'interès, o fins i tot la necessitat, de complementar determinades dejeccions ramaderes amb altres materials residuals o de baix cost, per tal de millorar les condicions per al desenvolupament del procés de compostatge i la qualitat agronòmica del producte final. Resumim a continuació les situacions més habituals en les quals caldrà plantejar-se complementar les dejeccions ramaderes sòlides per compostar-los:<sup>43</sup>

- i) Increment de la relació C/N per minimitzar les pèrdues de nitrogen.<sup>44</sup> L'addició de palla als fems, siguin pastosos o no, seria un exemple d'aquest cas. Les dades recollides a la figura 31 confirmen que, amb relacions C/N entre 30 i 40, les pèrdues de N per volatilització en forma de NH<sub>3</sub> són reduïdes, mentre que amb relacions inferiors aquestes pèrdues són substancials.
- ii) Correcció de la humitat:
  - Humectació de dejeccions ramaderes molt seques. Com a exemples tenim els purins dessecats, que poden complementar-se amb purins líquids o gallinassa d'aviram d'engreix, que es pot rehumectar amb aigua. De tota

---

<sup>42</sup> <http://www.italpollina.com/pdf/concimeitalpollina.pdf>.

<http://www.italpollina.com/concimeduetto.htm>.

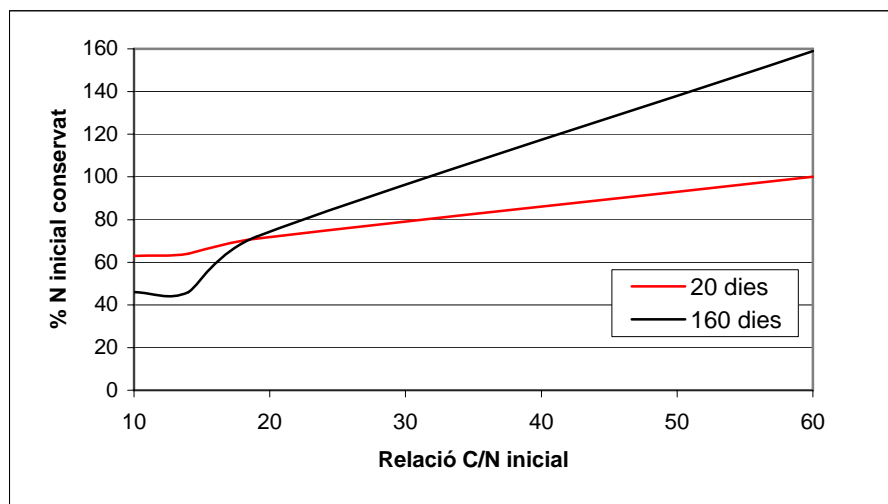
<sup>43</sup> Hi ha altres situacions que aquí no es comentaran, com ara la correcció del pH, perquè no se solen produir en les dejeccions ramaderes.

<sup>44</sup> Les dejeccions ramaderes no presenten gairebé mai relacions C/N elevades, però altres residus orgànics, sí. I quan es composten aquests materials de C/N altes no es perd N, sinó que contràriament se'n guanya, gràcies a l'actuació de bacteris que fixen el N<sub>2</sub> de l'aire. Ara bé, també cal remarcar que en aquesta situació la velocitat del procés és molt lenta, justament per la relativa escassetat del N, que limita l'activitat microbiana, cosa que fa que el compostatge no sigui pràctic

manera, cal remarcar que aquestes barreges no serien ni molt menys adequades pel que fa a la relació C/N, que resultaria molt baixa i provocaria una pèrdua molt important de N amoniacal durant el procés de compostatge. Seria doncs del tot recomanable afegir un altre material complementari que corregís a l'alça la relació C/N

- Dessecació de dejeccions ramaderes molt humides. Com a exemple tenim l'addició de palla a fems molt pastosos.
- iii) Millora de l'estructura per incrementar la porositat. Com a exemples tenim l'addició de palla o de materials forestals a fems molt pastosos.

**Figura 31.** Percentatge del N contingut en el residu que es conserva durant el compostatge, segons la relació C/N inicial (Bonilla-1983)<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Els residus compostats eren mesclades de residus urbans i fangs de depuradores.

## 8. ALTRES OPCIONS PER AL TRACTAMENT DE DEJECCIONS RAMADERES SÒLIDES

La gestió integral de les dejeccions ramaderes sòlides (emmagatzematge, tractament i aplicació) està molt lligada a la disponibilitat de superfície —per a l'emmagatzematge i per al tractament així com de superfície agrícola per a l'aplicació— i a la disponibilitat de mà d'obra i/o de maquinària. Com ja s'ha comentat en el capítol 7, en què s'ha plantejat el compostatge com a via de tractament, aquest requereix superfície, temps, maquinària, sovint aigua per assegurar la humitat adequada, i també a vegades haver de preparar determinades barreges per evitar les pèrdues de N i la consegüent contaminació atmosfèrica per amoníac.

Antigament a les explotacions ramaderes els excrements dels animals es mantenien durant molt de temps a l'estable barrejats amb capes de palla o d'altres restes vegetals que feien de jaç. Els materials es compactaven pel pas dels animals, el jaç s'impregnava profundament de l'aigua, el nitrogen i el potassi dels excrements i tota la matèria orgànica es transformava de manera significativa, malgrat les condicions anaeròbiques que es creaven, a causa de la llarga permanència dels materials. Per això, quan es buidava l'estable, el fem ja tenia la seva matèria orgànica força estabilitzada, i el procés de transformació continuava durant els llargs mesos d'estada al femer, període que llavors es considerava necessari perquè el fem estigués a punt de ser utilitzat com a adob.

És evident que amb l'estructura que tenen les explotacions ramaderes avui dia no es pot plantejar exactament aquest tipus de maneig, però sí que es pot intentar adaptar-lo. Si es disposa d'espai suficient per a un emmagatzematge llarg, previ al compostatge, es pot mantenir el material d'un a tres mesos —depenent de la capacitat de la granja— apilat en una fossa, procurant que es compacti i assoleixi condicions anaeròbiques. Així es genera una petita però eficaç activitat microbiana que no generarà feina, però que anirà transformant el material, conservant al

màxim els nutrients, consumint poca aigua i permetent que la posterior transformació aeròbia requereixi menys mà d'obra.

A la taula 12 es presenten les característiques de fems de conills procedents de granges diferents i sotmesos també a distintes condicions. Es pot observar que els que s'han mantingut en condicions anaeròbies durant molt de temps tenen un contingut inferior de matèria orgànica, i aquesta és a la vegada més resistent —un grau d'estabilitat (GE) més elevat. També sembla que la conservació del nitrogen ha estat superior i que aquest es presenta en una forma més resistent o estabilitzada —un superior contingut en N resistent. Així mateix, quan aquests materials es composten, les necessitats de control del procés són inferiors i les característiques dels productes finals són diferents.

**Taula 12.** Característiques de fems de conill recollits diàriament (D), emmagatzemats quatre mesos en una fossa profunda (F) i els mateixos compostats (CD i CF)

PARÀMETRE	FEMS		COMPOST	
	D	F	CD	CF
% humitat	57,4	72,4	61,6	65,9
PH	7,66	7,50	8,63	8,04
CE, dSm <sup>-1</sup>	4,89	5,57	10,08	3,45
% matèria orgànica	84,32	70,35	50,15	56,49
% N-orgànic	1,62	2,33	1,87	2,08
N-NH <sub>4</sub> (mg/kg)	829	1950	2171	230
C/N	19,10	12,60	13,41	13,52
% GE (grau d'estabilitat)	27,40	45,32	41,39	60,1
% N resistent <sup>45</sup>	45,1	54,0	60,0	58,0
% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,09	2,92	3,41	4,11
% K <sub>2</sub> O	1,33	1,87	3,38	1,73

## 9. EL BIOASSECATGE

Darrerament està prenent molta força una tecnologia anomenada *bioassecatge* (*biodrying*) com una alternativa per al tractament dels residus líquids i que és un magnífic exemple d'interacció entre processos físics i biològics.

El bioassecatge no és més que un procés de compostatge adreçat, no necessàriament a generar un adob, sinó a aprofitar la calor que se'n desprèn per evaporar parcialment l'aigua d'un material líquid que s'ha incorporat a la massa en compostatge.

Els conceptes que cal tenir en compte a l'hora de plantejar un bioassecat són els següents:

<sup>45</sup> Expressa el percentatge de nitrogen orgànic resistent respecte del nitrogen orgànic total.

- i) Durant la descomposició aeròbica de la matèria orgànica, els microorganismes només utilitzen aproximadament un 60% de l'energia generada per a la síntesis cel·lular o el metabolisme, mentre que el 40% restant es transforma en calor.
- ii) L'aire que circula a través del material que composta, ja sigui per *difusió* a través de la superfície, ja sigui per *convecció passiva* —efecte xemeneia— o per *ventilació forçada*, s'escalfa i a més transporta l'aigua que s'evapora.
- iii) Cada quilo de matèria orgànica que descompon pot evaporar entre 5 i 10 kg d'aigua. Aquesta proporció depèn de la degradabilitat i del contingut en greixos —com més degradable és i més greix conté, més aigua evapora—, i de les dimensions de la pila —com més superfície té en relació amb la massa, més energia es perd per la superfície, energia que no s'aprofita per evaporar aigua.
- iv) El material sòlid que s'utilitza en un procés de bioassecat sol ser massa sec perquè pugui haver-hi activitat microbiana. Per tant, la quantitat de material líquid que cal afegir ha de ser suficient perquè la mescla aconseguida:
  - Tingui una humitat adequada —aproximadament d'un 60%-70%— i així aquesta activitat pugui arrencar i desenvolupar-se.
  - Tingui d'inici una humitat que impedeixi que el procés s'aturi abans d'hora per manca d'aigua (recordeu la figura 30).
  - No quedi massa humida i tingui els seus porus plens de líquid, impossibilitant la circulació de l'aire.
- v) Quan la humitat inicial de la mescla material sòlid/material líquid és elevada —aproximadament d'un 80%—, però no obstaculitza el procés de compostatge, s'arribarà a un producte final menys voluminós però amb una humitat semblant (reviseu la mateixa figura 30), cosa que pot dificultar-ne la destinació final.
- vi) S'ha d'intentar que els materials sòlid i líquid tinguin relacions C/N complementàries per evitar emissions innecessàries de NH<sub>3</sub> cap a l'atmosfera (recordeu la figura 31).

A la taula 13 es recullen alguns dels paràmetres que cal tenir en compte —en groc— a l'hora de plantejar un procés de bioassecat. Ha de quedar clar que en l'exemple només s'hi recullen el que podríem anomenar reactius —els materials sòlid i líquid—, però també podria succeir que fes falta un material complementari per equilibrar la relació C/N —en l'exemple que es planteja seria molt convenient afegir aquest complement, ja que la relació que en resulta és baixa i es perdria molt N— i/o per donar la porositat adequada a la mescla per permetre el pas de l'aire.

A la taula 14 es recull un altre exemple de bioassecat. El material sòlid és ara un residu de la indústria agroalimentària que aporta l'energia per evaporar el material líquid, que és un purí. La relació C/N de la mescla és en aquest cas prou equilibrada i no hauríem d'esperar durant el procés pèrdues significatives de nitrogen en forma d'amoníac.

**Taula 13.** Exemple de plantejament d'un procés de bioassecat amb dos materials procedents d'explotacions ramaderes

<b>CÀLCUL BIOASSECAT</b>				<b>Paràmetres generals</b>	
<b>Característiques dels materials</b>				Calor d'evaporació de l'aigua	540cal/g
<b>Paràmetre</b>	<b>Material líquid</b>	<b>Material sòlid</b>		Eficiència en l'evaporació d'aigua	0,700
	<b>Purí porcí sencer</b>	<b>Purí assecat tèrmicament</b>	<b>Unitats</b>	(la resta escalfa aire o es perd)	Tant per u
Material					
Matèria seca (ms)	0,11	0,94	Tant per u		
Matèria orgànica (MO)	0,66	0,62	Tant per u sobre ms		
Nitrogen	7,63		mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L mat. fresca		
Nitrogen		1,5	% sms		
Densitat aparent	1056	520	kg/m <sup>3</sup>		
MO que es degrada en el procés	0,5	0,5	Tant per u sobre MO total		
Energia despesa en la degradació de MO	3740	3740	cal/g		
Capacitat evaporadora	0,25	1,41	kg aigua/kg material		
<b>Característiques desitjables de la mescla</b>					
	Matèria seca inicial	0,35	Tant per u		

### Altres característiques de la mescla

Relació C/N	20,6	
Proporcions de: Purí porcí sencer	0,71	Tant per u
Purí assecat tèrmicament	0,29	Tant per u
Relació en massa	2,46	Material líquid/material sòlid
Relació en volum	1,21	Material líquid/material sòlid

### Càlculs

Aigua evaporada pel material sòlid	0,57
Aigua evaporada pel material líquid	0,25
Aigua total evaporada	0,83
MO material sòlid degradada en el procés	0,12
MO material líquid degradada en el procés	0,04
Aigua generada per descomposició de la MO	0,09
MS total materials al final del procés	0,34
Aigua total al final del procés	0,17
% ms material final	<b>66</b>
% pèrdua de massa (respecte a l'inici)	<b>64</b>
% massa final respecte massa material líquid inicial	<b>51</b>

**Taula 14.** Exemple de plantejament d'un procés de bioassecat entre un purí i un residu de la indústria agroalimentària

<b>CÀLCUL BIOASSECATGE</b>				<b>Paràmetres generals</b>	
<b>Característiques dels materials</b>				Calor d'evaporació de l'aigua	540cal/g
				Eficiència en l'evaporació d'aigua	0,700
				(la resta escalfa aire o es perd)	
Paràmetre	Material líquid		Material sòlid		
	Purí porcí sencer	Marro	Unitats		
Material					
Matèria seca (MS)	0,11	0,38	Tant per u		
Matèria orgànica (MO)	0,66	0,98	Tant per u sobre MS		
Nitrogen	7,63		mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /L mat. fresca		
Nitrogen		1,5	% sms		
Densitat aparent	1056	575	kg/m <sup>3</sup>		
MO que es degrada en el procés	0,5	0,5	Tant per u sobre MO total		
Energia despresa en la degradació de MO	3740	3740	cal/g		
Capacitat evaporadora	0,25	0,90	kg aigua/kg material		
<b>Característiques desitjables de la mescla</b>					
	Matèria seca inicial	0,25	Tant per u		

### Altres característiques de la mescla

	Relació C/N	32,6	
Proporcions de:	Purí porcí sencer	0,48	Tant per u
	Marro	0,52	Tant per u
	Relació en massa	0,93	Material líquid/material sòlid
	Relació en volum	0,51	Material líquid/material sòlid

### Càlculs

Aigua evaporada pel material sòlid	0,97
Aigua evaporada pel material líquid	0,25
Aigua total evaporada	1,22
MO material sòlid degradada en el procés	0,20
MO material líquid degradada en el procés	0,04
Aigua generada per descomposició de la MO	0,13
ms total materials al final del procés	0,28
Aigua total al final del procés	0,47
% ms material final	<b>38</b>
% pèrdua de massa (respecte a l'inici)	<b>64</b>
% massa final respecte massa material líquid inicial	<b>75</b>

## 10. BIBLIOGRAFIA

ANDREWS, S. S.; LOHR, L. i CABRERA. M. L. (1999). «A bioeconomic model comparing composted and fresh litter for winter squash». *Agricultural Systems*, 61. P. 165-178

BOIXADERA *et al.* (2000). P. 9

BONILLA, M. J. (1983). *Influència del mostratge en el seguiment d'una prova de compostatge (escombraries urbanes i fangs de depuradores)*. Treball de final de carrera. Escola d'Agricultura de Barcelona

CÀCERES, R. (2003). *Compostatge de fems de boví i aprofitament del compost en la formulació de substrats per al cultiu en contenidor d'espècies arbustives*. Tesi doctoral

COMAS, J. (1985). «Evolució de la fracció orgànica d'un femer durant la fermentació». *Quaderns agraris*, núm. 6 (ICEA). P. 23-28

CONVERSE, J. C.; KOEGEL, R. G. i STRAUB R. J. (2000). «Nutrient separation of dairy manure». A: *Animal, Agricultural and Food processing wastes. Proceedings of the eight International Symposium*. Editat per J. A. Moore i publicat per American Society of Agricultural Engineers. P. 118-131

KOELSCH, R. K.; MILTON, C. T.; REESES, D. E. i GRANT, R. (2000). «Model for estimating manure excretion from animal nutrient balance». A: *Animal, Agricultural and Food processing wastes. Proceedings of the eight International Symposium*. Editat per J.A. Moore i publicat per American Society of Agricultural Engineers. P.103-110

LARNEY, F. J.; OLSON, A. F.; CARCAMO, A. A. i CHANG, C. H. (2000). «Physical changes during active and passive composting of beef feedlot manure in winter and summer». *Bioresource Technology*, núm. 75. P. 139-148

LEKASI, J. K.; TANNER, J. C.; KIMANI, S. K. i HARRIS P. J. C. (2003). «Cattle manure quality in maragua district, central Kenya: effect of management practices and development of simple methods of assessment». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94. P. 289-298

LLOREDA, G. (2004). *Gestió de la fracció sòlida de purí d'una explotació de vacum*. Treball de final de carrera. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

PÉREZ. C.; MANZANO. S. i SOLIVA. M. (1999). «Compostaje conjunto de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) y residuos vegetales: Influencia sobre los desprendimientos de CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>». *Residuos*, 46. P. 44-50

**RAMIRAN (Menzi, Pain i Smith;1998)**

RYNK, R. (2001). «Exploring the economics of on-farm composting». Part I. *Biocycle*; febrer. P. 61-66

RYNK,R. (2001). «Exploring the economics of on-farm composting». Part II. *Biocycle*; abril. P. 62-70

SAGUER, E. i GARRABOU, R. (1996). «Métodos de fertilización en la agricultura catalana durante la segunda mitad del siglo XIX. Una aproximación a los procesos físicos de reposición de la fertilidad agrícola». *La fertilización en los sistemas agrarios. Una perspectiva histórica*. Colección Economía y Naturaleza. Fundación Argentaria. P. 89-126

ISBN 84-7774-974-4

SAÑA J., i SOLIVA M. (1987). «El compostatge: procés, sistemes i aplicacions». *Quaderns d'ecologia aplicada*, núm. 11. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Servei de Medi Ambient. P. 1-98

SAÑA, J. (2004). *Optimización de las instalaciones de compostaje de fangos de depuradora*. Jornadas sobre Gestión y Tratamiento de Lodos de EDAR. Barcelona; 1 de desembre, 2004. Universitat de Barcelona / Diputació de Barcelona

SOLER, J. M. (1945). *Los estiércoles pecuarios y su conservación*. Anales de la Escuela de Peritos Agrícolas y Superior de Agricultura y de los Servicios Técnicos de Agricultura. Diputació Provincial de Barcelona

SOLIVA, M. (1994). Arxius ESAB. «L'agricultura com a productora i receptora de residus», núm. 5

SOLIVA, M. (2001). *Compostatge i gestió de residus orgànics*. Col·lecció Estudis i Monografies, 21. Diputació de Barcelona. Servei de Medi Ambient

SOLIVA, M. i FELIPÓ, M. T. (2003). «Organic wastes as a resource for Mediterranean soils». A: Langenkamp, H., Marmo, M. (eds). *Biological Treatment of Biodegradable Wastes. Technical aspects*. Brussel·les

VALL-LLOSERÀ, X. i VOLTAS, J. (1988). *Obtenció d'adob orgànic a partir de fems de conill: estudi de la influència del tractament aplicat*. Treball de final de carrera. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

VANOTTI, M. B.; RICE, J. M.; HOWELL, S. L.; HUNT, P. G. i HUMENIK F. J. (2000). «Advanced treatment system for liquid swine manure using solid-liquid separation and nutrient removal unit processes». A: *Animal, Agricultural and Food processing wastes. Proceedings of the eight International Symposium*. Editat per J. A. Moore i publicat per American Society of Agricultural Engineers. P. 393-400

## ANNEX: EXEMPLES D'INSTAL·LACIONS DE COMPOSTATGE DE DEJECCIONS RAMADERES



**Foto 1.** Pila de compostatge de deshidratat de purí de vacum, amb ventilació forçada (Can Castellà - la Roca del Vallès).



**Foto 2.** Aspecte del deshidratat de purí de vacum fresc —en primer terme— i després de ser compostat —al fons— (Can Castellà - la Roca del Vallès)



**Foto 3.** Sitges de compostatge de deshidratat de purí de vacum (Cooperativa La Fageda - Santa Pau). Les sitges es construïren per aprofitar millor la poca superfície disponible.



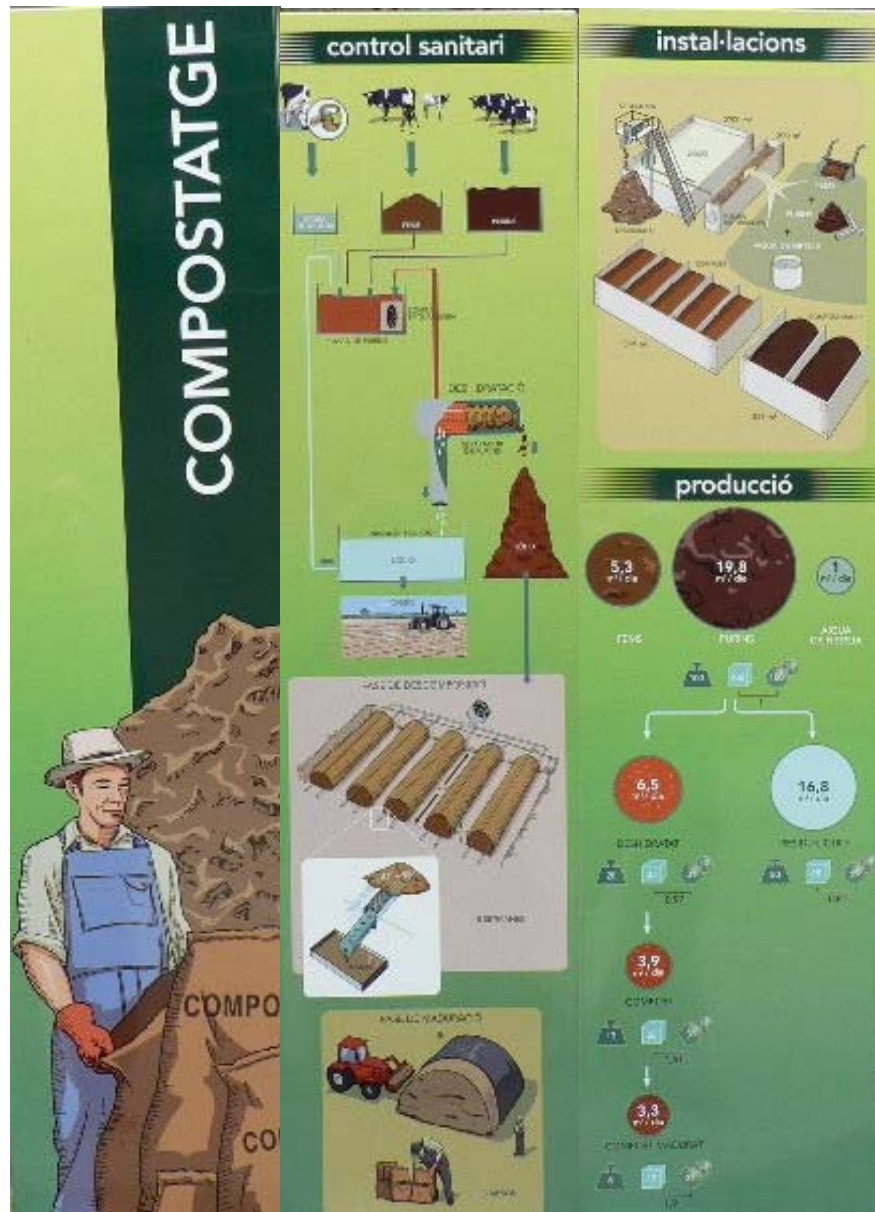
**Foto 4.** Aspecte en buit d'una de les sitges de compostatge de deshidratat de purí de vacum (Cooperativa La Fageda - Santa Pau). S'hi poden observar les rases fetes a la solera, on se situen els tubs perforats que serveixen per injectar aire al material.



**Foto 5.** Bateria de ventiladors que injecten l'aire a cada una de les sitges (Cooperativa La Fageda - Santa Pau). S'hi pot observar la canalització que condueix els lixiviats cap a una fossa, des d'on són bombats a la bassa de purins.



**Foto 6.** Canonada de polietilè que condueix l'aire fins a la massa en compostatge (Cooperativa La Fageda - Santa Pau). S'hi poden observar els forats per on surt l'aire, que es tapen amb una mínima capa d'estella per evitar que es taponin. En trobar-se la canonada per sota del nivell de la solera, no es veu afectada pel pas de la pala durant les operacions de càrrega i descàrrega. La rasa on està col·locada serveix també per desaiugar els lixiviats.



**Foto 7.** Tríptic on s'expliquen les manipulacions a què se sotmeten les dejeccions ramaderes i el balanç de massa que resulta de les operacions de deshidratació mecànica i compostatge de la fracció sòlida (Cooperativa La Fageda - Santa Pau).



**Foto 8.** Sitja per al compostatge de fems de conill (granja Can Fornés - les Franqueses del Vallès).



**Foto 9.** Ventilador i sistema de control del compostatge de fems de conill (granja Can Fornés - les Franqueses del Vallès) (foto de l'esquerra). La ventilació està temporitzada i termostatada. La temperatura es determina mitjançant una sonda clavada en el material (foto de la dreta). Quan supera la temperatura preestablerta —60 °C en aquest cas—, la ventilació es manté en funcionament fins a aconseguir rebaixar-la.