

EL COMPOSTATGE DE LLOTS EN L'ESTACIÓ DEPURADORA D'AIGÜES RESIDUALS DE REUS PER A LA PRODUCCIÓ DE SUBSTRATS DE CONREUS

per

JAUME CABRÉ I FONTSERÈ

Llicenciat en Ciències Químiques
Societat Catalana de Química

INTRODUCCIÓ

Un dels temes que més preocupa els especialistes en depuració d'aigües residuals de tot el món és el tractament dels llots resultants d'aquest procés. Això ha estat posat de manifest en tots els congressos i simposis sobre el tema, el contigut científic i tècnic d'una gran part dels quals es refereix als llots i a llur tractament i eliminació final.

Concretant-nos a títol d'exemple, tan sols a Catalunya amb la culminació del Pla de Sanejament actualment en curs, en què prop del 90% de la població estarà connectada a sistemes convencionals de depuració, hom preveu que la producció de llots arribarà a les mil tones diàries de matèria seca.

La solució a la problemàtica creada se centra en tres possibles opcions:

- Abocament controlat al sòl o a mar.
- Incineració i posterior abocament controlat de les cendres.
- Aprofitament per a l'agricultura amb tractament o sense.

Tots ells tenen avantatges i inconvenients tant tècnics com econòmics, així com medio-ambientals. L'últim resulta molt atractiu per raons sobre les quals no cal insistir, però presenta importants incògnites.

Per donar resposta als interrogants plantejats i poder abordar així realitzacions concretes en aquest camp, es projecta i construeix una planta de compostatge experimental a l'E.D.A.R. de Reus.

L'E.D.A.R. de Reus tracta un volum anual d'aproximadament 4.200.000 m³ d'aigües d'origen predominantment urbà.

La línia d'aigua inclou: un tractament inicial, una decantació primària, airejament, decantació secundària i una cloració final.

DIAGRAMA FLUX E.D.A.R.

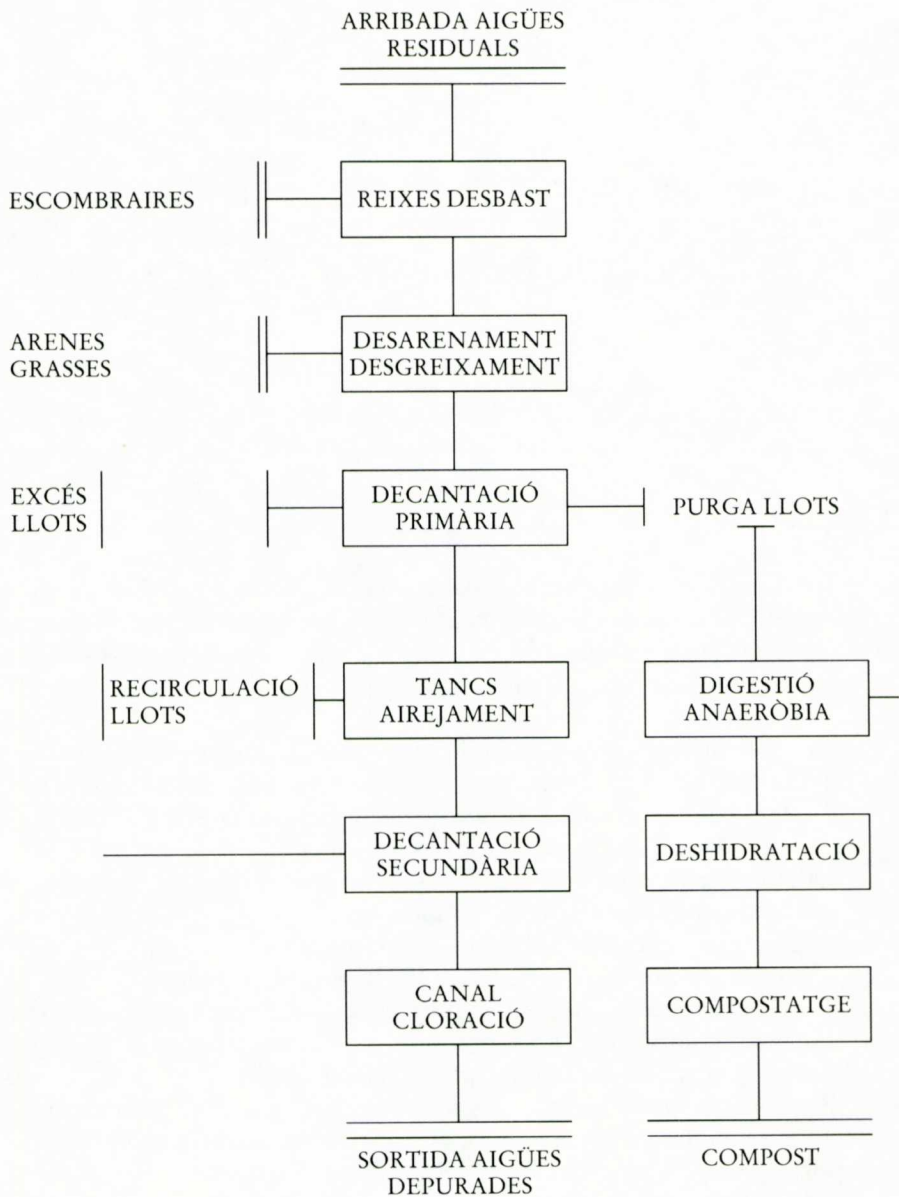


FIG. 1

La línia de fangs inclou: una digestió anaeròbia i una deshidratació mitjançant filtres de banda.

El procés de depuració genera una quantitat anual de quasi 4.000 m³ de llot deshidratat, amb un contingut en matèria seca proper a les 900 tones.

Aquesta E.D.A.R. reuneix una sèrie de circumstàncies un xic especials pel que fa a l'eliminació del procés de depuració:

- Producció d'una quantitat important de llots (superior a les 2 tones de matèria seca diària).

- Elevada riquesa en matèria orgànica i nutrients en els llots.

- Carència absoluta d'altres alternatives convencionals d'eliminació de llots (abocadors, emissaris, etc.).

Aquests llots presenten també uns altres inconvenients, com poden ésser una humitat elevada (de l'ordre del 80%), o la producció d'olors desagradables, entre els més importants.

Aquest cúmul de circumstàncies obligaren l'Ajuntament de Reus, juntament amb l'empresa concessionària del servei d'explotació i manteniment de l'E.D.A.R., a buscar una solució al problema d'eliminació dels llots.

Finalment, hom va optar per un procés de compostatge de llots amb piles airejades, que era el que presentava unes perspectives econòmico-ambientals més favorables.

La planta de compostatge va entrar en funcionament l'abril de 1986. Un cop superats els problemes inicials de posada en marxa, la planta ha estat funcionant d'una forma estable des del juliol de 1986 (veure Fig. 1).

Convé assenyalar aquí el fet que la planta de compostatge de Reus és la primera d'Espanya d'aquest tipus, la qual cosa li confereix un component experimental a l'hora de fer consideracions tant tècniques com econòmiques; i s'ha d'assenyalar, també, que seran sempre les condicions locals les que marcaran la viabilitat del procés en últim terme.

SISTEMES DE COMPOSTATGE DE LLOTS

El compostatge és un camí per a transformar els llots en un recurs de valor agronòmic.

Des d'un punt de vista tècnic, el compostatge es defineix com un mètode de tractament de residus sòlids en el qual els components orgànics es descomponen biològicament, en unes condicions aeròbies controlades, fins arribar a un estat que permeti llur manipulació, emmagatzemament i aplicació sobre el terreny, sense cap impacte negatiu sobre el medi ambient.

El compst, producte resultant d'un procés de compostatge, és una substància humificada que presenta unes importants propietats com a condicionant de sòls. Conté, així mateix, uns determinats macro- i micro-nutrients que afavoreixen el creixement dels vegetals, per bé que el contingut

en nitrogen no resulti suficientment elevat per a poder-lo considerar un fertilitzant.

A més, la calor generada durant la descomposició destrueix significativament els gèrmens patògens presents en el llot original.

Existeixen tres sistemes per al compostatge de llots:

- El sistema de volteig.
- Les piles estàtiques airejades.
- El reactor tancat.

Las operaciones bàsiques són sempre les mateixes.

- 1^a - Barreja de llot més material de suport.
- 2^a - Descomposició aeròbia termòfila.
- 3^a - Maduració.
- 4^a - Assecatge (eventualment).
- 5^a - Garbellament.
- 6^a - Emmagatzemament i expedició.

SISTEMA EMPRAT A L'E.D.A.R. DE REUS

Dels tres sistemes utilitzats més normalment, el que ha estat posat en pràctica per al compostatge dels llots de l'E.D.A.R. de Reus és el de piles estàtiques airejades.

En síntesi, el procés consisteix en cinc fases diferenciades tal com s'il·lustra en el diagrama de flux adjunt (fig. 2).

1 - Barreja amb un material de suport o *bulking*

L'elevada humitat del llot no permet la circulació d'aire dins la massa; pel fet que es tracta d'un procés aerobi, és necessària la barreja amb algun material que doni porositat i estructura al llot. L'agent *bulking* pot ésser: escorça, fulles seques, compost de residus sòlids urbans, etc.

2 - Pila estàtica airejada

La barreja se situa sobre una base de material de suport o de compost acabat que conté uns tubs perforats connectats a un ventilador centrífug. Durant unes tres setmanes es manté la pila amb airejament forçat. En aquesta fase s'asseixen temperatures superiors als 60°C a l'interior de la barreja, per la qual cosa el material queda higienitzat. També es produeix una important reducció de sòlids volàtils i del contingut d'humitat, que depèn de la quantitat total d'aire que travessa la pila i de la temperatura (fig. 3).

3 - Curament

El material fermentat s'apila de nou, aquesta vegada sense airejament per tal d'aconseguir el màxim grau d'esterilització i reducció d'humitat.

4 - Garbellament

En aquesta fase se separa la fracció gruixuda de la fina per obtenir un

producte d'aspecte agradable i per reciclar els gruixuts com a material de suport.

L'última fase del procés és l'emmagatzemament i expedició del compost obtingut.

Entre els principals avantatges d'aquest mètode, podem citar:

- La higienització del producte, gràcies a les temperatures elevades.
- La desodorització total del compost.
- La reducció d'humitat fins a un 30-35%.
- En general, l'obtenció d'un adob fàcilment manipulable, de bones característiques agronòmiques.
- Baix cost d'instal·lació d'equips i explotació.

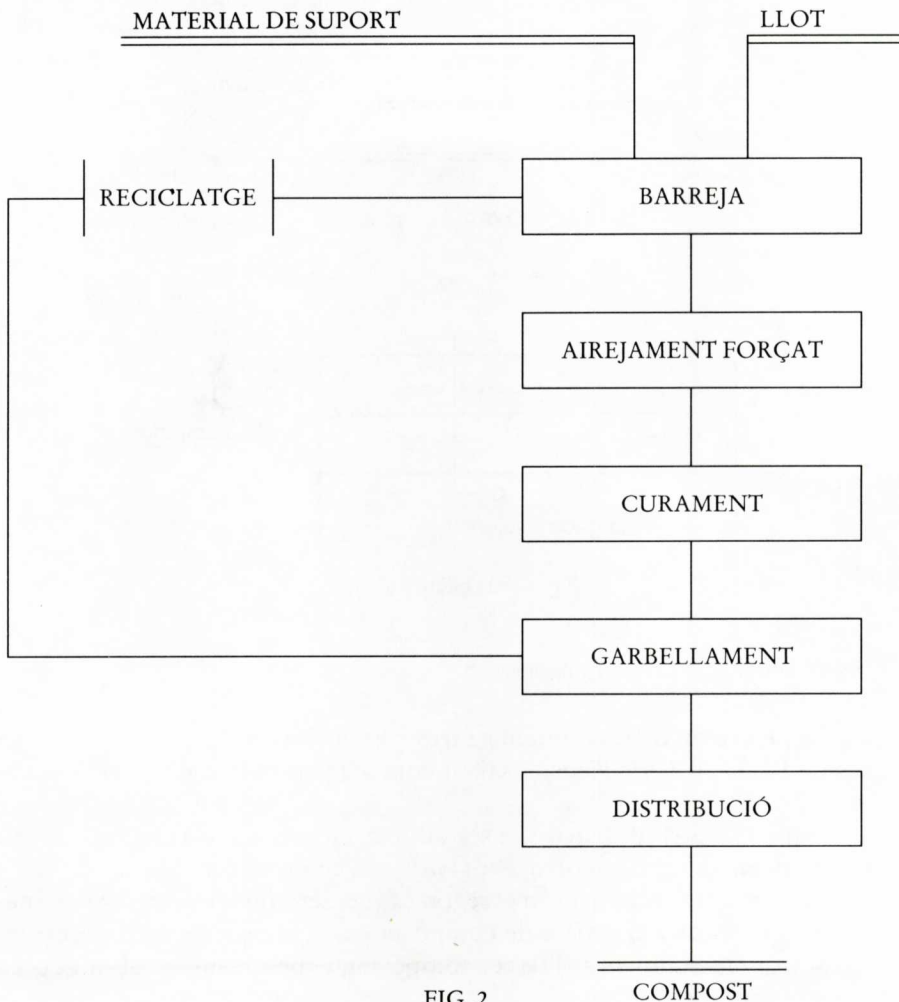


FIG. 2

COMPOST

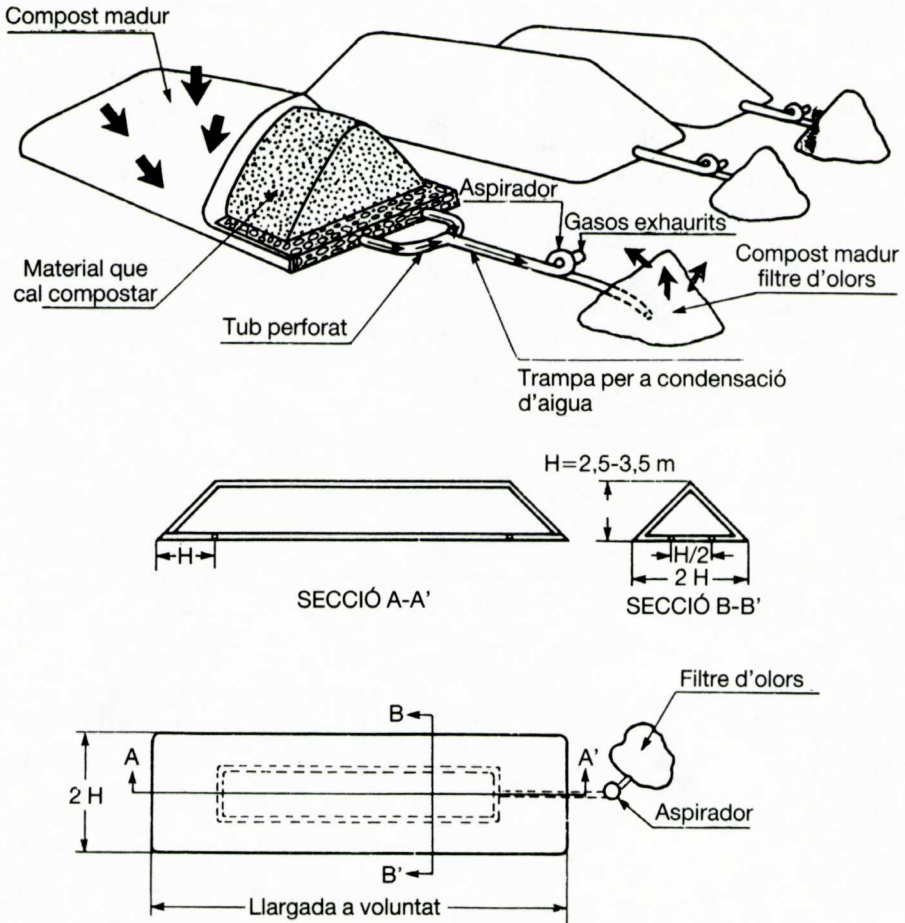


Fig. 3. Pila estàtica airejada.

CARACTERITZACIÓ DEL COMPOST

Es presenten dades referents a tres compostatges diferents, fent servir llocs de l'E.D.A.R. de Reus, assajant com a agent *bulking* diferents materials.

Aquests materials han estat: serradures, escorça de fusta en un cas, bria de raïm en un altre, escorça de pi triturada en un tercer cas.

En el primer compost i en el segon es van determinar diversos paràmetres per a controlar el procés de compostatge, no veient-se en la necessitat de realitzar el seguiment del tercer compostatge, pels resultats obtinguts en les proves anteriors.

Compost núm. 1

Els materials que calia compostar eren llot de depuradora, serradures i escorça de fusta com a material de suport.

Es barrejaren en les proporcions següents:

| | |
|--------------------|-------------------|
| Llot | 20 m ³ |
| Material de suport | 40 m ³ |

Es varen realitzar dos compostatges paral·les, un amb airejament forçat i un altre sense aquest.

Des de la data en què es va iniciar el compostatge, durant el primer mes, es varen efectuar determinacions analítiques cada quatre dies. En el mes i mig posterior, període que va transcórrer fins a donar per finalitzar el compostatge, les determinacions es varen realitzar cada quinze dies.

Els resultats obtinguts al llarg del compostatge s'indiquen a les figures nús. 4-13 i taula 1.

Compost núm. 2

Es va iniciar un altre procés de compostatge, utilitzant llot de depuradora i com a material de suport brisa de raïm.

Les proporcions de la barreja foren:

| | |
|--------------------|-------------------|
| Llot | 50 m ³ |
| Material de suport | 50 m ³ |

Es realitzà un seguiment analític cada setmana durant tres mesos, període en el qual es va donar com a finalitzat el compostatge.

Els resultats obtinguts s'indiquen a les figures nús. 4-19 i taula 2.

Compost núm. 3

En l'obtenció d'aquest compost hom utilitzà com a material de suport l'escorça de pi triturada i compost reciclar.

Les proporcions de la barreja foren:

| | |
|------------------|--------------------|
| Llot | 100 m ³ |
| Escorça de pi | 50 m ³ |
| Compost reciclat | 50 m ³ |

Es valorà el compost final, del qual vàrem obtenir els resultats indicats en taula 1.

TAULA 1. CARACTERÍSTIQUES FÍSICO-QUÍMIQUES

| | COMPOST NÚM. 1 | | COMPOST NÚM. 2 | | COMPOST NÚM. 3 | |
|---------------------------------|----------------|------------|----------------|--------|----------------|--------|
| | AIREJAMENT | SENSE AIRE | | | | |
| % Humitat | 37,5 | 38,4 | 20,6 | | 35,7 | |
| H ₂ | 7,12 | 6,97 | 7,7 | | 6,38 | |
| Ph | | | | | | |
| KCl | 6,91 | 6,76 | 6,6 | | 6,14 | |
| Conductivitat (1:5) mmhs/cm. | 6,35 | 5,59 | 3 | | 4,58 | |
| % N | 1,53 | 1,76 | 4,17 | | 3,35 | |
| % C | 12,09 | 13,69 | 29,15 | | 26 | |
| C/N | 7,91 | 7,65 | 7 | | 8,44 | |
| % M.O. Oxi | 20,68 | 23,28 | 49,86 | | 43,31 | |
| % M.Q. Total | 31,34 | 35,48 | 63,14 | | 58,5 | |
| % CO ₂ ⁻ | 15 | 14 | 4,5 | | 8,8 | |
| % P ₂ O ₅ | 0,59 | 0,55 | 0,8 | | 0,75 | |
| C.I.C.meg/100g | 61,88 | | 114,5 | | 72,5 | |
| Bases Interc. meg/100g | | | | | | |
| Ca | 52 | 53 | 70 | | 57 | |
| Mg | 21,8 | 25,7 | 22 | | 21 | |
| Na | 23 | 24,8 | 3 | | 4,1 | |
| K | 9,1 | 9,6 | 26,7 | | 12,55 | |
| E.P.T.(p.p.m.) | TOTALS | ABSORB. | TOTALS | ABSORB | TOTALS | ABSORB |
| Cu | | | 223 | 62 | 361 | 133 |
| Cd | 3 | 2 | 2 | 1,3 | 1,93 | 1,89 |
| Co | 7 | 2,7 | 2,5 | 0,62 | 4,91 | 0,75 |
| Fe | 4.378 | 1.166 | 3.256 | 575 | 7.488 | 1.551 |
| Ni | 70 | 35 | 123 | 21 | 133 | 36 |
| Mn | 170 | 93 | 90 | 50 | 161 | 91 |
| Pb | 100 | — | 93 | 81 | 206 | 171 |
| Zn | | | 1.620 | 1.346 | 2.470 | 2.085 |
| Cr | 75 | 2,9 | 252 | 13 | 522 | 443 |
| Densitat real | 2,19 | | 1,73 | | 1,80 | |
| Densitat ap. | 0,51 | | 0,278 | | 0,298 | |
| Porositat tot. | 98,36 | | 83,97 | | 83,25 | |
| Vol. % Aire | 0,86 | | 23,5 | | 32,62 | |
| Vol % H ₂ O | 56,28 | | 26,1 | | 25,57 | |
| | q-1 | | q-2 | | q-3 | |

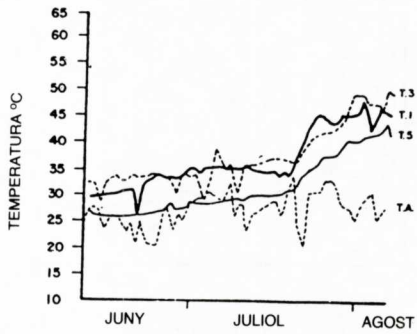


Fig. 4. Temperatura fila no airejada.

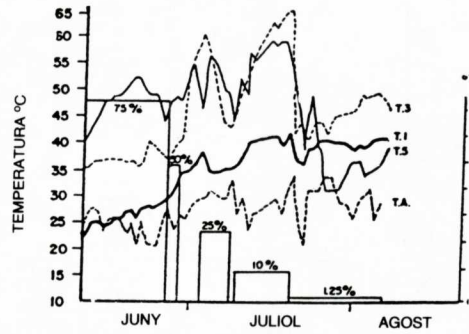


Fig. 5. Temperatura fila airejada.

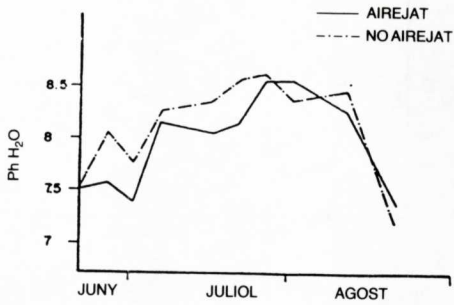


Fig. 6. Ph H₂O.

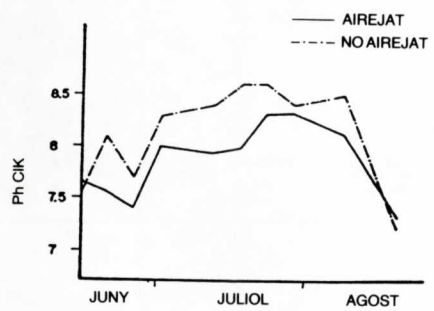


Fig. 7. Ph ClK.

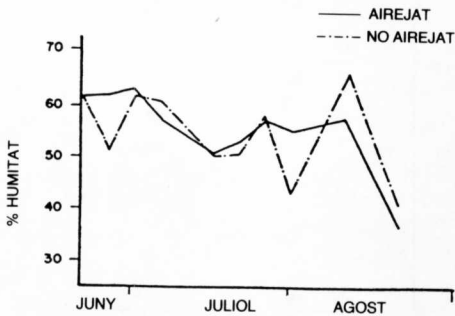


Fig. 8. Humitat.

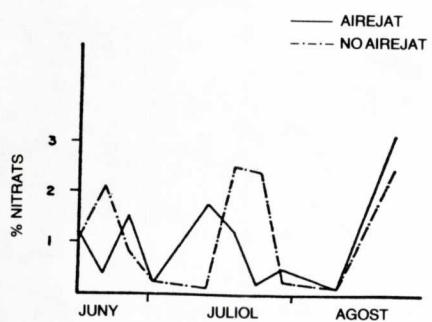


Fig. 9. Nitrats.

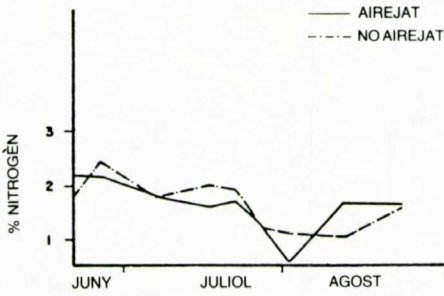


Fig. 10. Nitrogèn.

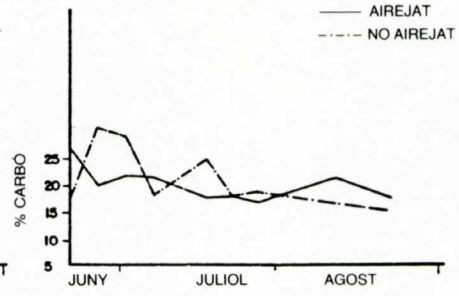


Fig. 11. Carbó.

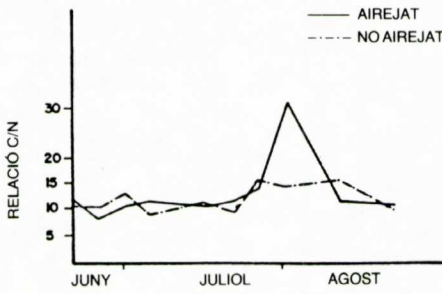


Fig. 12. Relació C/N.

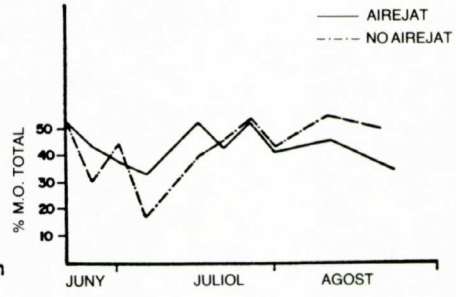


Fig. 13. Matèria orgànica.

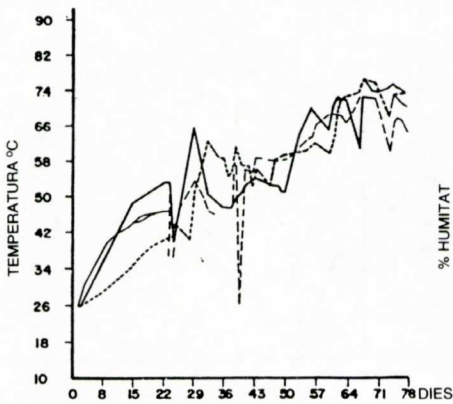


Fig. 14. Evolució temperatura.

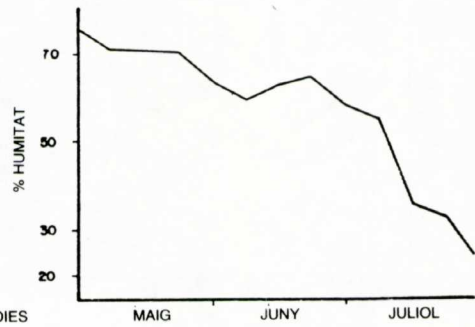


Fig. 15.

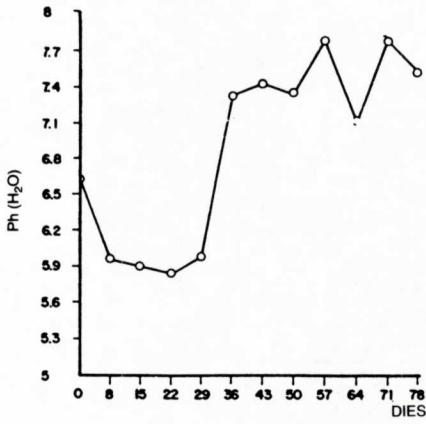


Fig. 16. Evolució Ph (H₂O).

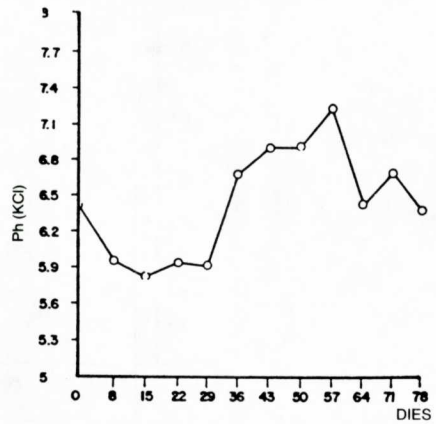


Fig. 17. Evolució Ph (KCl).

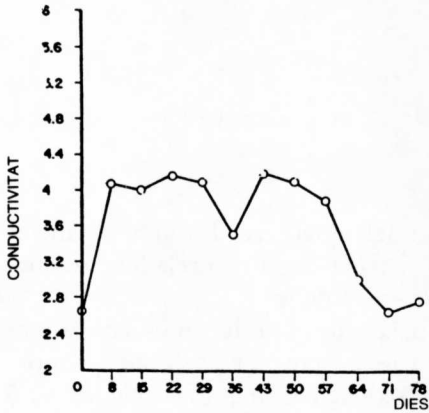


Fig. 18. Evolució de la conductivitat.



Fig. 19. Evolució carbó oxidable.

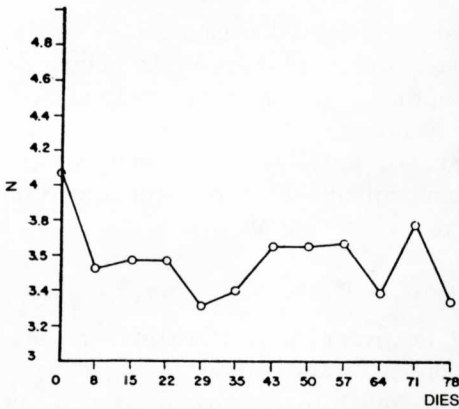


Fig. 20. Evolució del nitrogen total.

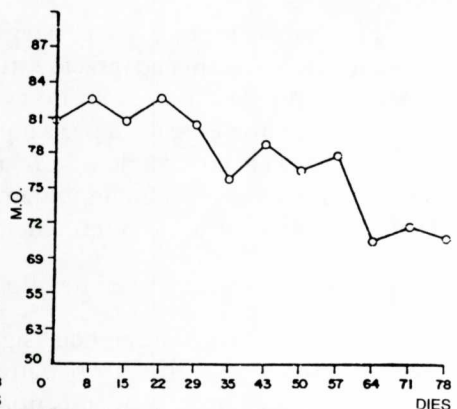


Fig. 21. Evolució matèria orgànica total.

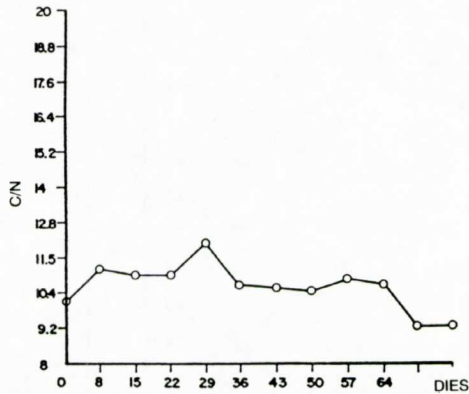


Fig. 22. Evolució de la relació C/N.

CONCLUSIONS

Dels resultats obtinguts s'extreuen les conclusions següents:

Referents a la tècnica de compostatge

Pot afirmar-se que, en les condicions dels assaigs i en les circumstàncies específiques de l'E.D.A.R. de Reus, el sistema de piles airejades presenta avantatges substancials respecte al sistema de volteig.

Els rendiments del procés quant al balanç de matèries són relativament baixos, sempre inferiors al 75% de matèria seca entrant. L'elevada proporció de pèrdues no es justifica tan sols per l'oxidació de matèria orgànica, sinó també per la influència de factors externs a la pròpia fermentació (vent, trafegament, etc.).

Els equips emprats (pala carregadora, sistema d'airejament, garbellatge) han demostrat una adaptació satisfactòria en llur comesa. la qualitat de la barreja en pala carregadora no és òptima i cal pensar en la implantació d'una maquinària específica per a aquesta feina.

Pel que fa al control de la fermentació, el paràmetre que uneix una millor senzillesa de mesurament juntament amb una informació més que suficient sobre l'evolució de la fermentació, és la temperatura.

Referents a la caracterització del producte obtingut

No s'han detectat diferències significatives a les característiques analítiques dels substrats obtinguts per airejament estàtic i volteig.

Pel que fa a metalls pesants potencialment tòxics, en cap cas no s'han detectat nivells preocupants. De tota manera, aquesta és una característica

que depèn tan sols del contingut d'aquests elements en el llot, per la qual cosa no és extrapolable a d'altres situacions.

En tots els productes obtinguts, la salinitat, mesurada com a conductivitat elèctrica de l'extracte aquós, ha resultat elevada, superior a 3 mmhos/cm; aquesta característica és la que pot resultar més limitant en l'ús del compost com a sustrat.

Referent al grau d'estabilització (humificació) assolit per la matèria orgànica, és similar en tots tres casos, com ho demostren la relació C/N i C.I.C., que són molt semblants. (Taula 2)

Referents als assaigs d'aplicació

En el conreu de consum humà assajat –tomaca– es va apreciar una disminució de la producció relacionada amb l'increment del contingut salí dels sustrats.

No es va detectar acumulació de metalls pesants potencialment tòxics Co, Cr, Cd, Ni, Pb, ni es va observar correlació entre el contingut de compost en el sustrat i la quantitat de nutrients en els fruits i fulles de les plantes conreades.

En els conreus ornamentals assajats es manifestaren efectes diferents segons la tolerància a la salinitat de cada espècie.

La consideració global dels assaigs d'aplicació permet de concloure que el compost pot utilitzar-se com a sustrat en una àmplia gamma d'espècies hortícoles i ornamentals, tenint en compta que la tolerància a la salinitat de les espècies elegides en serà el factor limitant.

És remarcable l'alta capacitat de retenció d'aigua del compost, que permet una bona gestió de l'aigua de reg i serveix per a pal·liar en part l'efecte nociu de la salinitat excessiva.

Referent a la viabilitat econòmica

Si bé en els aspectes tècnics el sistema és acceptable sota un punt de vista econòmic, la producció de sustrats de conreu a partir de llots d'estacions depuradores no és una activitat rendible.

Tanmateix, assumint l'activitat com un sistema més d'eliminació de llots d'estacions depuradores, en determinades circumstàncies pot competir quant a despeses amb altres sistemes alternatius emprats.

MERCAT

Si bé l'estudi tècnic i científic detecta algunes limitacions en l'ús del compost, tal com ho hem vist en les proves realitzades, la conclusió és que té aplicacions interessants. A partir d'aquí, el que més determinarà la viabilitat del procés assajat seran les possibilitats de comercialització, preus, xarxa comercial, etc., i llur relació amb els costos de producció.

Existeixen, en principi, dues formes bastant diferents de comercialitzar aquests tipus de productes, que corresponen a dos mercats diferenciats:

Mercat domèstic: Es refereix a l'ús del producte per part de particulars. La distribució es realitza mitjançant comerciants detallistes. Les despeses de distribució i comercialització són elevades, però el valor afegit que s'obté per unitat de producte també pot ésser força elevat. En contrapartida, el volum total del mercat és més petit i la seva dispersió molt accentuada.

Mercat professional: Es refereix als productors de planters, plantes i professionals de la jardineria i agricultura en general; en aquest cas el substrat sol presentar-se a dojo o en grans envases.

L'experiència obtinguda en la comercialització del producte ha demostrat les grans dificultats que existeixen per a abordar el mercat domèstic. La creació d'una xarxa comercial representa uns costos desproporcionats si ho comparem amb les expectatives d'ingresos.

El mercat professional no té la majoria d'aquests inconvenients, però els seus preus de venda finals són més baixos.

TAULA 2. CARACTERÍSTIQUES GENERALS I ORGÀNIQUES EN FANGS

| PARÀMETRES | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | RE-1 | RE-2 | RE-3 | RE-4 | RE-5 | RE-5' | RE-6 |
| Data de mostreig | 12/86 | — | — | 7/87 | — | — | — |
| % Humitat | — | — | — | — | — | — | — |
| pH (1/25 en aigua) | 6,07 | 6,07 | 6,51 | 6,33 | 6,04 | 6,31 | 6,59 |
| Conductivitat (mS/cm) | 1,00 | 1,01 | 0,80 | 0,66 | 0,75 | 0,73 | 0,66 |
| % Matèria orgànica | 63,37 | 62,82 | 62,27 | 64,94 | 65,21 | 64,58 | 65,70 |
| % Carboni oxidable total | 33,81 | 27,35 | 30,17 | 36,90 | 35,98 | 34,61 | 36,83 |
| Grau de descomposició | 40,78 | 44,60 | 45,46 | 49,70 | 49,25 | 47,98 | 48,39 |
| % Nitrogen orgànic total | 3,94 | 3,92 | 3,70 | 3,67 | 2,82 | 3,65 | 3,68 |
| % Nitrogen orgànic no hidrolitzable | 1,07 | 1,25 | 0,99 | 1,35 | 1,14 | 1,01 | 1,15 |
| Relació C/N | 8,58 | 6,98 | 8,15 | 10,05 | 12,76 | 9,48 | 10,01 |

FRACCIONAMENT HÚMIC DE FANGS

| PARÀMETRES | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | RE-1 | RE-2 | RE-3 | RE-4 | RE-5 | RE-5' | RE-6 |
| % C. Ac. húmics | 0,732 | 1,266 | 0,971 | 0,247 | 1,099 | 0,616 | 1,102 |
| % C. Ac. fúlvics | 3,366 | 3,649 | 3,484 | 3,455 | 3,663 | 3,940 | 2,939 |
| % C. humina | 7,971 | 6,409 | 8,478 | 4,301 | 4,973 | 5,159 | 4,520 |

RELACIONS HÚMIQUES

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grau d'humificació | 35,69 | 41,40 | 42,87 | 21,69 | 27,06 | 28,07 | 23,24 |
| Taxa d'extracció | 0,121 | 0,180 | 0,148 | 0,100 | 0,132 | 0,132 | 0,110 |
| C. M.O. lliure/C | 0,643 | 0,586 | 0,571 | 0,783 | 0,729 | 0,719 | 0,768 |
| C. Ac. húmics/C | 0,022 | 0,046 | 0,032 | 0,007 | 0,031 | 0,018 | 0,030 |
| C. Ac. fúlvics/C | 0,100 | 0,133 | 0,115 | 0,094 | 0,102 | 0,114 | 0,080 |
| C. humina/C | 0,236 | 0,234 | 0,281 | 0,117 | 0,138 | 0,149 | 0,123 |
| Índex de polimerització | 0,217 | 0,347 | 0,279 | 0,071 | 0,300 | 0,156 | 0,375 |
| Índex de color E ₄ /E ₆ | 4,60 | 5,24 | 4,69 | 5,86 | 9,36 | 8,91 | 12,17 |

Explicacions referents als paràmetres esmentats

GRAU D'HUMIFICACIÓ: $\frac{[C. Ac. húmics + C. Ac. fúlvics + C. humina]}{C. Ox. total} \cdot 100$

TAXA D'EXTRACCIÓ: $[(C. Ac. húmics + C. Ac. fúlvics)/C. Ox. total] \cdot 100$

ÍNDEX DE POLIMERITZACIÓ: C. Ac. húmics/C. Ac. fúlvics

ÍNDEX DE COLOR E₄/E₆: Quocient de les absorbàncies a 472 nm (E₄) 665 nm (E₆) de l'extracte dels Ac. húmics + fúlvics

ELEMENTS FERTILITZANTS I ELEMENTS POTENCIALMENT TÒXICS EN FANGS

| PARÀMETRES | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra | Mostra |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | RE-1 | RE-2 | RE-3 | RE-4 | RE-5 | RE-5' | RE-6 |

MACROELEMENTS

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|
| Nitrogen (% N) | 3,94 | 3,92 | 3,70 | 3,67 | 2,82 | 3,65 | 3,68 |
| Fòsfor (% P ₂ O ₅) | 4,06 | 4,23 | 5,33 | 4,36 | 4,32 | 4,54 | 3,99 |
| Potassi (% K ₂ O) | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,12 |

ELEMENTS SECUNDARIS

| | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Calci (% Ca) | 7,72 | 7,69 | 8,27 | 6,72 | 6,61 | 7,07 | 6,75 |
| Magnesi (% Mg) | 0,70 | 0,72 | 0,73 | 0,73 | 0,69 | 0,71 | 0,65 |
| Sodi (% Na) | 0,09 | 0,19 | 0,22 | 0,06 | 0,12 | 0,12 | 0,11 |
| Sofre (% S) | — | — | — | — | — | — | — |

OLIGOELEMENTS

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ferro (ppm Fe) | 10.590 | 10.439 | 7.774 | 9.479 | 8.386 | 8.472 | 8.748 |
| Manganès (ppm Mn) | 158 | 156 | 160 | 154 | 150 | 157 | 162 |
| Zinc (ppm Zn) | 9.697 | 6.452 | 4.334 | 4.425 | 4.227 | 4.508 | 4.789 |
| Coure (ppm Cu) | 731 | 746 | 816 | 896 | 850 | 851 | 766 |

ELEMENTS POTENCIALMENT TÒXICS

| | | | | | | | |
|-----------------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Niquel (ppm Ni) | 470 | 434 | 280 | 337 | 303 | 295 | 344 |
| Crom (ppm Cr) | 938 | 1.050 | 970 | 914 | 773 | 786 | 745 |
| Plom (ppm Pb) | 454 | 398 | 351 | 343 | 339 | 330 | 374 |
| Cadmi (ppm Cd) | 13 | 11 | 11 | 6 | 5 | 5 | 5 |

BIBLIOGRAFIA

1. ANÓNIMA. "Solid Markets for Commercial Compost" BioCycle, gener/febrer (1982).
2. BURES, O. *et al.*: "Composting Sewage Sludge. Pine Bark" E.U.E. Técnica Agrícola, Barcelona (1984).
3. BURGE, W.D., *et al.*: "Criteria for achieving pathogen destruction during composting" Journal W.P.C.F., Desembre (1981).
4. CHESNIM, L.: "Computerized Composting of Municipal Wastes" BioCycle, gener/febrer (1982).
5. CLARK, C.S. *et al.*: "Large scale of composting: Thecniques" Journal EE. Div. ASCE, Vol. 103 (1977).
6. CLARK, C.S. *et al.*: "Laboratory scale composting: Studes". Journal E.E. Div. ASCE, Vol. 104 (1978).
7. CLARK, C.S. *et al.*: "Biological health risks associated with the composting of wastewater treatment plant Sludge". Journal W.P.C.F. desembre (1984).
8. COLACCICO, D., *et al.*: "Cost of Sludge Compodting" Agricultural Research Service USDA, febrer (1977).
9. CROMBIE, G.: "Evolution of a Compost Plant" novembre/desembre (1982).
10. DALLAIRE, G.: "Aerated-pile composting: a promsing new alternativa for disposing of sewage sludge". Civil engineering. ASCE setembre (1978).
11. DALMAT, D.J. *et al.*: "C-composting's Potencial for developing Nations" BioCycle, novembre/desembre (1982).
12. DE BERTOLDI, M. *et al.*: "Co-Composting Refuse and Sludge" BioCycle, gener/febrer (1982).
13. DIAZ, J.A.: "Nuevas tecnologías en estabilización y desinfección de lodos". E y S Municipales, julioil (1985).
14. DUARTE, M.: "Los secretos de un buen proceso de cribado" Ingeniería Química, febrer (1985).
15. ELLIOT, J.C. *et al.*: "Changing from Incineration to Composting" BioiCycle, març (1985).
16. EPSTEIN, E. *et al.*: "Composting sewage sludge". Proc. National Conference on Municipal Sludge Management, Pennsylvania (1974).
17. EPSTEIN, E. *et al.*: "Composting raw sludge" Proc. national Conference on Municipal Sludge Management and Disposal, California (1975).
18. EPSTEIN, E. *et al.*: "A forced aeration system for composting wastewater sludge" Journal W.P.C.F. abril (1976).
19. FRANKOS, N.H. *et al.*: "Using woodchips of Specific Species in Composting". BioCycle, maig/juny (1982).
20. GOLDSTEIN, N.: "Innovations in the Static Pile" BioCycle, març/abril (1985).
21. GOLUEKE, C.G.: "Composting: Study of the process and its principles" Rodale Press. Inc Emmans. Pennsylvania (1973).

22. GOLUEKE, C.G. *et al.*: "Composting combined refuse and sewage sludge". *Comp. Sci. Land Utiliz.* (1980).
23. GOLUEKE, C.G. *et al.*: "Cycles of Community Waste Composting". *BioCycle*, abril (1985).
24. HARTENSTEIN, T.: "Sludge decomposition and stabilization". *Science*, núm. 212 (1981).
25. HAUG, R.T.: "Engineering principles of sludge composting" *Jornal W.P.C.F.* Vol. 51 (1979).
26. HIGGINS, A.J. *et al.*: "Evaluation of Screens for Sludge Composting". *BioCycle*, maig/juny (1981).
27. HIGGINS, A.J. *et al.*: "Mixing Systems for Sludge Composting" *BioCycle* setembre/octubre (1981).
28. HIGGINS, A.J. *et al.*: "Risk Assessment Involving Sewage Sludge and Compost" *BioCycle* novembre/desembre (1982).
29. HOITINK, H.A.J. *et al.*: "Role of Compost in suppression of Soilborne Plant Pathogens of Ornamental Plants" *BioCycle*, maig/juny (1984).
30. HOLDEN, C.: "A formen's Ode to Composting". *BioCycle*, abril (1985).
31. KUCHENRITHER, R.d. *et al.*: "Design and operation of an aerated windrow composting facility". *Journal W.P.C.F.*, març (1985).
32. KUTER, G.A. *et al.*: "Effects of aeration and temperature on composting of municipal sludge in a full scale vessel system" *Journal W.P.C.F.*, abril (1985).
33. LEVASSEUR, J.P. *et al.*: "Accelerated Co-composting of Refuse and Sludge" *BioCycle*, març (1985).
34. LUTZ, W.: "International Perspective on Composting" *BioCycle*, març (1984).
35. MACGREGOR, S.T. *et al.*: "Composting Process control Based on Interaction Between Microbial Heat Output and Temperature". *Applied and Environmental Microbiology*, juny (1981).
36. MILLER, F.C. *et al.*: "Direction of ventilation in composting wastewater sludge" *Journal W.P.C.F.* gener (1982).
37. MILLET, F.: "Valorisation et commercialisation des compost. Définition des marchés". *Journées Information Eaux 82*, Poitiers (1982).
38. OBRIST, W.: "Examens des procedes de compostage des boues". *Wasser Energic. Luft* (1978).
39. PARR, J.F. *et al.*: "Composting sewage sludge for land application" *agriculture and Environment*, núm. 1 (1978).
40. PRESSEL, F. *et al.*: "Analysing Decay Rate of Compost". *BioCycle*, setembre/octubre (1981).
41. ROLETTO, E. *et al.*: "Chemical Parameters for Evaluating Compost Maturity". *BioCycle*, març (1985).
42. SENKE, F. *et al.*: "Compost Suitability for Greenhouse Ornamental Plants". *BioCycle*, gener/febrer (1984).
43. TALSHILKAR, S.C. *et al.*: "From Nutrient-Poor Compost to High-Grade Fertilizer" *BioCycle* (1984).
44. VETTER, J.: "System Design for High Capacity Screening" *BioCycle* gener/febrer (1984).

45. WILLSON, G.B. *et al.*: "Recent advances in compost technology". Proc. National Conference on Sludge Management Disposal and Utilisation Miami (1976).
46. ZUCCONI, F. *et al.*: "Evaluating Toxicity for Immature Compost". BioCycle, març/abril (1981).