

PROVES DE COMPOSTATGE DE FANG DE DEPURADORA AMB ESCORÇA DE PI I ESTUDI DE LES POSSIBLES APLICACIONS COM A SUBSTRAT*

OLEGUER BURÉS i PASTOR

Àrea de Química. Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Agrícola de Barcelona.

*Aquest treball rebé el Premi per a Estudiants del curs 1984-85
instituit per la Societat Catalana de Biologia.

SUMMARY

We have composted two types of sewage sludge from different sources mixed with pine bark. Large piles were built so as to compare the process with an industrial one.

The materials were analyzed more or less every 15 days during composting. Temperatures were high. Some turnings and waterings were done to favour decomposition.

At the end of composting a sample of each pile was sieved and a growing experience was carried out with *Petunia*, *Dieffenbachia* and *Scindapsus aureus*.

The final compost has good properties and can be used as a substrate. We conclude that it's possible to prepare a commercial substrate from sewage sludge and pine bark, as it has been proved by the growing experience.

INTRODUCCIÓ

Un sector en ple desenvolupament en aquests moments és el de l'horticultura ornamental. Cada vegada s'utilitzen més plantes com a element decoratiu. Aquest fet desenvolupa un sector poc tecnificat encara i amb una dependència important de materials d'importació. Els substrats on creixen aquestes plantes són majoritàriament torbes d'importació, mentre que aquí tenim materials que poden tenir rendiments molt similars, a

més de poder fer servir residus que originen problemes de contaminació amb l'ús actual.

En aquest estudi s'utilitzen dos subproductes d'uns amplis processos. Un és l'escorça de pi, bastant utilitzada actualment en horticultura ornamental, i l'altre és el fang de depuradores d'aigües residuals, si bé aquest encara avui no té cap sortida útil ja que principalment es llença a abocadors.

L'objectiu que ens vam proposar era fer un substrat a partir dels dos materials citats, que pogués competir amb els que actualment

TAULA I.
Característiques dels productes inicials

	D.ap.	D.r.	EPT	pH	cond.	P.red.	% H	% N	% M.O.	% C	C/N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% Na ₂ O	% Ca	% Mg
1er. fang de Tossa	0,42	2,23	81,2	7,2	50	192	62,3	1,83	28,8	13,1	7,13	1,235	0,136	0,06	1,81	0,92
2on. fang de Tossa	0,35	2,17	83,9	7,5	73	120	66,2	2,05	32,8	14,9	7,25	1,139	0,128	0,07	1,15	1,21
Fang de Blanes	0,20	2,01	90,1	12,1	3050	-72	75,9	2,95	43,8	19,9	6,77	0,005	0,056	0,068	5,94	0,25
1a. Escorça	0,29	1,70	82,9	6,7	31	145	40,1	0,46	65,7	29,9	65,6	0,045	0,109	0,048	2,37	0,37
2a. Escorça	0,21	1,38	84,8	5,9	68	190	24,5	0,28	87,7	39,8	143	0,050	0,134	0,022	1,85	0,36
Torba amb perlita	0,12	1,77	93,2	4,2	98	210	47,9	0,61	60,7	27,6	45,2	0,072	0,011	—	0,20	0,12

es fan servir, tant en rendiment com econòmicament. Per això era necessari seguir un procés com els realitzats industrialment. Es van fer dues barreges ja que disposàvem de dos tipus de fang de depuradora, que es diferenciaven pel mètode final d'obtenció del fang sòlid. A més, com a referència es va fer una pila d'escorça de pi de la que sobrà després de fer la primera barreja.

El fang de depuradora és un material pastós que fa pudor i que porta gran quantitat de microorganismes que viuen en aigües fecals. L'escorça està formada per compostos químics que en certes concentracions poden resultar fitotòxics. Per aquest motiu és necessària una fermentació que elimini tots aquests problemes i estabilitzi el producte final. Caldria, doncs, optimitzar la fermentació i controlar-la per a veure quin és el moment més adequat per a utilitzar-lo com a substrat. D'això tracta aquest estudi, a més de la comprovació final, que s'ha efectuat tot realitzant un conreu amb plantes ornamentals, tant d'espècies tropicals que es fan servir com a plantes d'interior com de plantes adaptades als climes mediterranis. Aquesta comparació s'ha fet entre les dues barreges obtingudes, l'escorça sola i la torba amb perlita com a substrat dels més utilitzats actualment.

Definim substrat com un medi físic natural o artificial de suport d'una planta dins un «container», que per a complir la seva finalitat ha de tenir unes característiques de pes, disponibilitat d'aire i d'aigua, capacitat d'intercanvi iònic, nutrients... Són principal-

ment importants les propietats físiques que el defineixen, i són òptimes les següents:

Densitat aparent	0,215 gr/cm ³
Espai porós total	85 %
Aire	20-30 %
Aigua fàcilment assimilable	20-30 %
Aigua de reserva	6-10 %

Les propietats químiques no tenen una importància essencial ja que es modifiquen amb l'aportació d'adobs; encara que nosaltres preteníem aconseguir uns substrats amb suficients nutrients com per estalviar-nos l'adobat inicial.

MATERIALS

Fangs de depuradora: se'n van utilitzar de dos tipus; el primer, procedent del municipi de Tossa, s'obté per digestió aeròbica i posterior secat en eres de sorra. Aquest fang, que va arribar en dos «containers» de 6 m³, tenia un aspecte pastós, compacte, humit i, a més, feia pudor; era fred i s'hi apreciava un alt contingut de sorra procedent de l'era. El segon tipus de fang, que era de la depuradora d'aigües residuals del municipi de Blanes, s'obté per digestió aeròbica i filtrat amb addició de floculant; tenia un aspecte més «fi», sense sorres; era menys pastós que el de Tossa, també feia pudor i presentava una lleugera estructuració en masses de 5 a 10 cm. de diàmetre i alguna de més gran que recordava l'altre fang. La seva temperatura era una mica superior a l'ambiental, de la qual cosa es dedueix que començava a fermentar.

De les anàlisis realitzades a les dues parts de fang de la depuradora de Tossa i de la de Blanes (Taula I), cal destacar l'elevat pH del fang de Blanes degut a la precipitació amb òxid de calci, l'elevada conductivitat i la careència de fòsfor, mentre que la porositat i la densitat aparent fan pensar en l'obtenció d'un substrat físicament ideal.

Escorces: eren de pins dels boscos del Gironès, on es pelen els troncs per a aprofitar la fusta per a fer paper. L'escorça corresponia a una barreja de la dels pins que habiten la comarca, que són: *Pinus halepensis*, *P. pinea*, *P. Pinaster* i *P. insignis*. Va ser portada en dues tongades de característiques sensiblement diferents. Primer es van portar 18 m³ d'escorça que havia començat a fermentar, tenia un color fosc i s'hi apreciava part mineral. Havia estat triturada en un molí de martells amb una criba de 14 mm. La segona escorça, d'igual origen i tractament que la primera, tenia un color molt clar i un aspecte més net; això vol dir que era crua i seca (s'havia extret de l'arbre feia molt poc i no havia fermentat). Aquesta diferència d'aspecte queda ben reflectida en les anàlisis (Taula I).

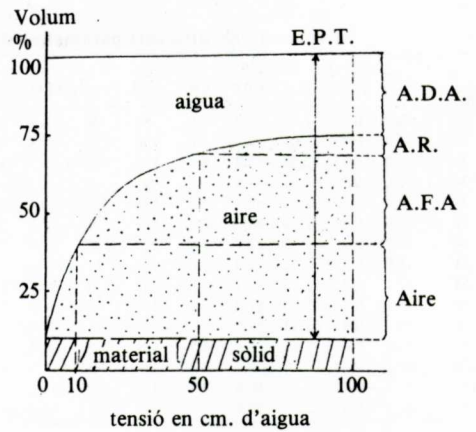
Torba amb perlita: va ser utilitzada com a referència, com a substrat amb millors característiques dels que actualment s'utilitzen. Es va fer amb torba de *Sphagnum* procedent de l'U.R.S.S. i d'Alemanya i amb perlita d'ús hortícola a la proporció 2:1 (v/v). De l'anàlisi (Taula I) cal destacar les bones propietats físiques. Es va creure que el pH baix seria contrarestat amb l'aportament d'aigua de reg basificant per l'alt contingut en calci, però calia haver comptat en eliminar l'excés d'acidesa inicial.

MÈTODES

Mètodes de camp

El dividim entre els referents a la fermentació de les piles i els referents al conreu de plantes.

Per a realitzar la fermentació es disposava d'un terreny amb sòl de sauló compactat, si-



- A.D.A. aigua difícilment assimilable.
- A.R. aigua de reserva.
- A.F.A. aigua fàcilment assimilable.
- Aire volum % aire.
- E.P.T. espai porós total.

Fig. 1. Corba de retenció d'aigua.

tuat a Barcelona, d'una pala carregadora amb capacitat de 1,5 m³ i dels altres serveis necessaris. Es van fer les barreges agafant una palada d'escorça i seguidament una de fang fins utilitzar-lo tot. Les dues piles amb barreges es van fer amb un interval de 38 dies i els volums eren de 24 m³ a la de Tossa i 12 m³ a la de Blanes. La pila d'escorça controlada, de 6 m³, era la que sobrava de fer la primera barreja. Les piles van ser voltejades 4 vegades, en els moments en què es va veure que la temperatura s'estabilitzava; també van ser mullades dues vegades quan l'humitat se situava entre el 40 i 45 %, on es pot començar a considerar com un factor limitant per a la fermentació. La segona regada es va fer degut a la poca eficàcia de la primera, ja que els regs de superfície escorren l'aigua per les vores i no penetra a l'interior.

Les mostres eren agafades amb un cilindre metàl·lic d'uns 250 cm³ de volum, a uns 50 cm de profunditat i a mitja pila; el cilindre s'enrasava i es passava la mostra a una bossa de plàstic numerada. S'agafaven mostres aproximadament cada 15 dies, encara que aquest període va variar entre 9 i 19 dies de-

TAULA II.
Evolució dels diferents paràmetres durant la fermentació. Fang de Tossa amb escorça.

Dia	% H	D.ap.	D.r.	EPT	pH	cond.	Pot.R.	M.O.	% C	% N	G.D.	C/N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% Na ₂ O	% Ca	% Mg	Fe	Cu	Cr
3	50,2	0,35	1,98	82,3	7,0	66	134	46,3	20,5	1,1	50,1	21,3	0,780	0,155	0,077	2,02	0,30	10,7	1,7	0,5
15	54,4	0,35	2,01	82,6	8,0	158	72	44,1	20,0	1,2	—	16,8	—	—	—	—	—	—	—	—
30	56,0	0,35	2,08	83,2	8,8	117	135	39,3	17,8	1,3	—	14,6	—	—	—	—	—	—	—	—
36	52,0	0,35	2,05	83,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	49,4	0,35	2,03	82,7	8,2	196	113	43,1	19,6	1,0	—	19,3	—	—	—	—	—	—	—	—
50	46,9	0,36	1,99	81,9	8,3	118	40	45,3	20,6	1,2	—	18,6	—	—	—	—	—	—	—	—
66	40,8	0,35	1,96	82,2	7,0	222	87	47,4	21,5	1,0	—	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—
71	43,0	0,42	2,02	79,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85	42,1	0,37	2,07	82,1	7,6	242	81	39,9	18,1	0,9	68,5	21,0	—	—	—	—	—	—	—	—
95	39,4	0,40	2,15	81,4	6,8	291	141	34,8	15,8	0,9	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—
106	39,7	0,43	2,13	79,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
116	37,0	0,41	2,12	80,6	6,7	354	118	36,8	16,7	0,7	—	25,6	0,434	0,115	—	2,10	0,34	—	—	—
127	37,1	0,44	2,12	79,2	6,7	336	168	36,7	16,7	1,0	—	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—
155	40,7	0,42	2,16	80,8	6,4	359	115	33,6	15,3	0,8	61,1	19,1	0,919	0,134	0,088	2,83	0,43	8,8	2,3	0,5
176	42,3	0,47	2,12	77,8	—	—	—	36,7	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Densitat en gr/cm³

Conductinitat en μmhos/cm

Fe, Cu i Cr en p.p.m.

gut a que s'agafaven després de cada remenada, i aquestes no sempre coincidien amb el temps establert, ja que es decidia fer-les segons els resultats de les anàlisis. L'escorça s'anàlitzava un cop de cada dos que s'agafaven mostres de les altres piles i es feien tres repeticions, mentre que de les barreges se'n feien sis al començament per arribar finalment a quatre quan va augmentar l'homogeneïtat de les barreges. La temperatura es mesurava amb un termòmetre de mercuri a 50 cm de profunditat perpendicularment a mitja pila i a la part superior, fent tres repeticions als costats.

Les proves de conreu es van realitzar a partir de mig estiu amb mostra de les barreges garvellada a 1,5 cm de diàmetre i fent servir escorça de pi i torba amb perlita com a testimoni. Les plantes utilitzades van ser esqueixos de *Dieffenbachia exotica* i de *Scindapsus aureus* (Photos) com a plantes tropicals d'interiors, i planter de *Petunia* com a planta de temporada. Les dues primeres es van situar en hivernacle i les petúnies a l'aire lliure.

La disposició va fer-se en forma de quadrat llatí de 4 × 4 amb 4 repeticions; això vol dir 16 plantes de cada espècie en cada substrat. Teníem, doncs, 3 quadrats llatins amb 64 plantes cada un. Les regades es

van fer periòdicament amb adob líquid a les plantades en torba amb perlita, i a partir del dia 15 a les plantades en escorça, degut als forts símptomes de carències. Els controls que es van fer van ser la mesura aproximada del diàmetre i l'alçada màxima cada 10 dies en *Petunia*, a més del nombre de flors i poncelles que es van comptar cada 5 dies a partir de la primera floració. En *Dieffenbachia* es va comptar el nombre de fulles de la tija principal sense brots axil·lars i el nombre de brots laterals. En Photos es va comptar el nombre de fulles noves.

Dos mesos després de la plantació es va considerar acabada la prova de conreu i es va realitzar una anàlisi foliar de les tres espècies segons el substrat de conreu.

Mètodes de laboratori

Els podem dividir en físics, físico-químics, químics i biològics. Tenen importància especial els físics ja que un substrat sense nutrients pot ser un bon substrat, però un que tingui unes propietats físiques desfavorables, mai no podrà ser aprofitable.

Les determinacions físiques durant la fermentació han estat:

Humitat (H): calculada per assecat a 105 °C durant 24 hores.

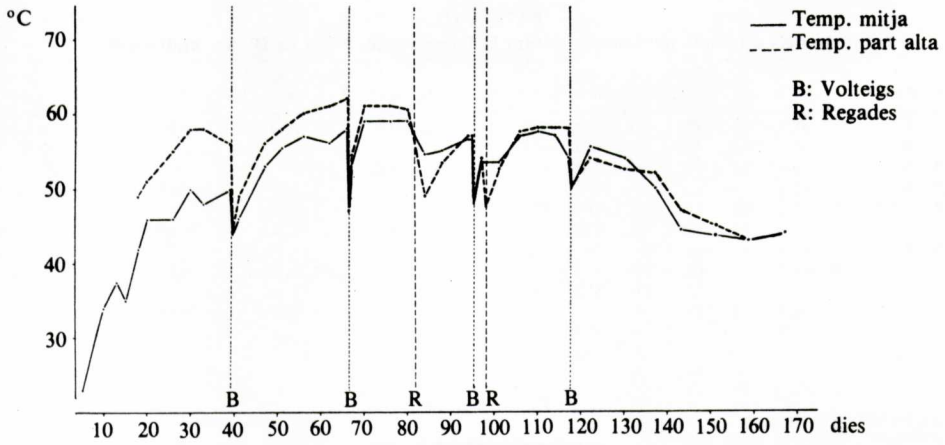


Fig. 2. Evolució de la temperatura durant la fermentació. Fang de Tossa amb escorça de pi.

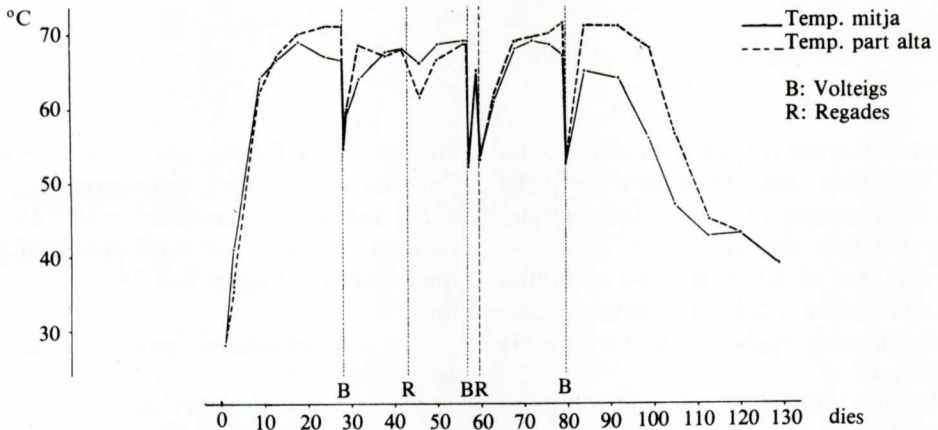


Fig. 2. Evolució de la temperatura durant la fermentació. Fang de Blanes amb escorça de pi.

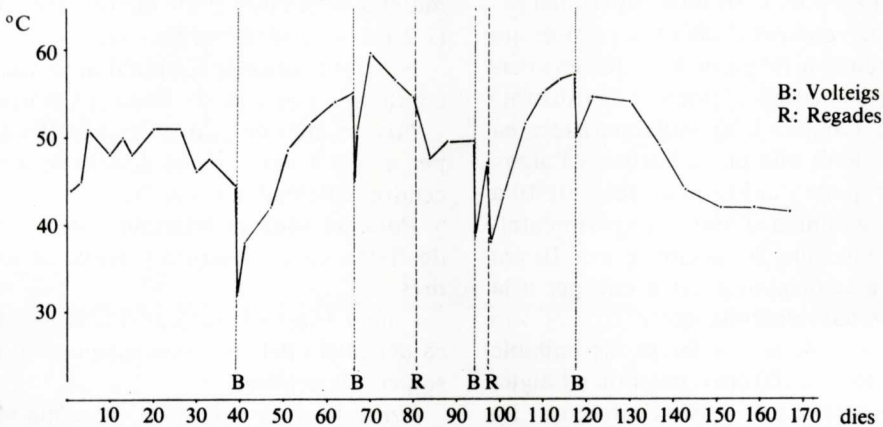


Fig. 2. Evolució de la temperatura durant la fermentació. Escorça de pi.

TAULA III.
Evolució dels diferents paràmetres durant la fermentació. Fang de Blanes amb escorça.

Dia	% H	D.ap.	D.r.	EPT	pH	cond.	Pot. R.	M.O.	% C	% N	G.D.	C/N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% Na ₂ O	% Ca	% Mg	Fe	Cu	Cr
1	49,1	0,23	1,63	85,9	8,9	496	111	70,4	32,0	1,1	51,3	31,1	0,095	0,087	0,042	4,89	0,27	0,0	0,0	0,2
12	53,5	0,22	1,71	87,1	9,4	482	8	65,1	29,6	1,2	—	30,5	—	—	—	—	—	—	—	—
28	44,8	0,24	1,59	84,9	7,5	512	80	73,1	33,2	1,0	—	34,7	—	—	—	—	—	—	—	—
33	41,2	0,24	1,61	85,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47	37,0	0,24	1,62	85,2	8,0	532	72	71,0	32,3	1,0	—	34,9	—	—	—	—	—	—	—	—
57	42,3	0,25	1,74	85,7	7,9	431	88	62,6	28,5	1,0	52,0	30,8	—	—	—	—	—	—	—	—
68	42,0	0,27	1,72	84,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
78	38,7	0,26	1,70	84,7	7,7	633	109	65,3	29,7	1,0	—	28,4	0,439	0,118	—	5,20	0,97	—	—	—
89	34,0	0,28	1,73	83,8	7,7	725	136	63,8	29,0	1,2	—	25,0	—	—	—	—	—	—	—	—
117	36,2	0,25	1,81	86,0	6,6	582	92	57,7	26,2	1,0	64,7	25,3	0,009	0,073	0,059	4,93	0,22	0,1	0,0	0,1
138	38,6	0,32	1,75	81,8	—	—	—	62,3	28,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Escorça de pi																				
1	40,1	0,29	1,70	82,9	6,7	31	145	65,6	29,9	0,5	57,4	65,5	0,045	0,109	0,048	2,37	0,37	10,8	0,2	0,3
15	38,8	0,27	1,79	85,0	6,7	48	156	59,0	26,8	0,4	—	65,1	—	—	—	—	—	—	—	—
36	36,2	0,32	1,80	82,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	34,3	0,30	1,80	83,4	6,2	46	95	58,4	26,4	0,4	—	62,3	—	—	—	—	—	—	—	—
85	31,3	0,30	1,81	83,4	7,4	76	88	58,0	26,4	0,5	58,3	57,9	—	—	—	—	—	—	—	—
116	39,3	0,32	1,88	82,9	7,3	114	110	53,4	24,3	0,4	—	54,4	0,158	0,131	—	3,65	0,26	—	—	—
155	26,8	0,34	1,88	82,1	6,9	143	89	53,2	24,2	0,4	70,2	57,3	0,090	0,132	0,072	2,69	0,28	10,9	0,3	0,4
176	29,1	0,37	1,82	79,6	—	—	—	57,1	26,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Densitat aparent (D. ap.): és el pes d'un volum no alterat, que es calcula a partir del pes sec de la mostra que era agafada amb un cilindre de volum conegut.

Densitat real (D.r.): és el pes d'un volum de material sòlid i es calcula a partir del contingut en matèria orgànica i d'una fórmula experimental.

Espai porós total (E.P.T.): és el volum no ocupat pel material sòlid en mostra no alterada; es calcula a partir de les densitats aparent i real i amb una fórmula experimental.

Corbes de retenció d'aigua: aquest és un dels paràmetres més importants que ens permet conèixer el comportament dels substrats enfront de l'aigua. L'aparell consisteix en uns embuts amb una placa porosa a l'aigua al fons, als quals s'aplica una succió de 10 a 100 cm de columna d'aigua. Experimentalment s'ha vist que la succió de 0 a 10 cm correspon a la disponibilitat d'aire per a la planta, l'aigua retinguda entre 10 i 50 cm correspon a l'aigua fàcilment assimilable (AFA) i la de 50 a 100 cm correspon a l'aigua de reserva (AR); a més tensió l'esforç que ha de fer la planta està en detriment del seu

creixement; a l'aigua que encara queda se l'anomena difícilment assimilable (ADA).

Els mètodes físico-químics són els referents al pH, conductivitat i potencial redox que s'han mesurat en una dilució 1:25 de la mostra.

Les determinacions químiques han estat les següents:

Matèria orgànica: pel mètode de calcinació a 560 °C durant tres hores.

Carboni: calculat a partir del contingut en matèria orgànica i d'un factor experimental (2,2 per a substrats orgànics).

Nitrogen: mètode Kjeldahl amb valoració contínua a l'aparell de Bouat i Cruzet.

Fòsfor: mètode colorimètric de Bray Kurtz per a sòls a partir de la dissolució àcida de cendres calcinades a 480 °C.

Potassi i Sodi: es determina per fotometria de flama en la dissolució àcida de les cendres.

Calci i Magnesi: valoració complexomètrica del calci i del calci més magnesi en la dissolució de cendres.

Grau de descomposició: ens dona idea de l'estabilitat de la matèria orgànica del subs-

trat. Relaciona la matèria orgànica total amb la resistent a l'atac amb àcid sulfúric.

Com a proves biològiques de laboratori es van realitzar tests de germinació a partir d'un extracte del substrat posat en una càpsula de Petri amb paper de filtre com humectant. Cada càpsula contenia 25 llavors de *Lactuca sativa* (enciam); es van fer 4 repeticions per substrat. Aquesta prova ens avisa de la presència d'inhibidors que són presents en productes com l'escorça de pi i que desapareixen amb la fermentació.

RESULTATS

Fermentació

Respecte al mètode utilitzat per a fer i remenar les piles ha donat el resultat esperat. El problema més important que se'ns ha presentat ha estat la falta d'homogeneïtzació de les barreges i la dificultat en agafar mostres de poc pes per a fer les anàlisis, excepte en l'escorça que ha demostrat ser molt homogènia. Cal destacar la poca eficàcia de les regades superficials en un principi, ja que l'aigua corra pila avall mullant només els primers mil·límetres més externs sense penetrar, sobretot en la d'escorça. Al final de la fermentació els terrossos de fang que encara hi havia es desfeien amb facilitat amb una mica de pressió, però eren perfectament visibles. L'evolució dels diferents paràmetres analitzats durant la fermentació ha estat la següent:

Temperatura: resulta ser el paràmetre més significatiu per a conèixer l'activitat dels microorganismes. En cada pila oscil·lava en un nivell típic comprès entre 56 i 58 °C per a la de fang de Tossa, entre 67 i 69 °C per a la que té fang de Blanes i entre 50 i 55 °C per a la d'escorça. Les alteracions produïdes han estat degudes a les remenades i a les regades. La baixada final ens indica l'acabament del procés fermentatiu.

Humitat: en començar la humitat de les barreges era ideal, però amb el temps va anar baixant, sobretot en les més petites. Va ser

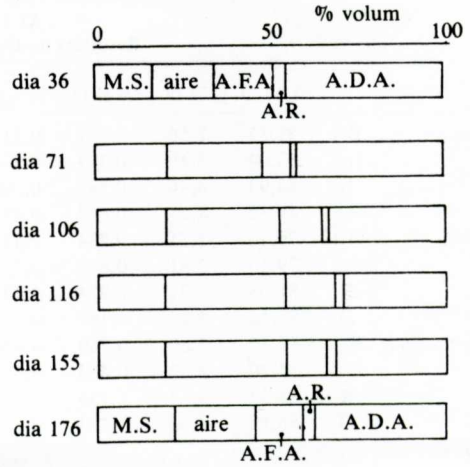


Fig. 3. Comparació de resultats. Corbes de retenció d'aigua. Fang de Tossa amb escorça de pi.

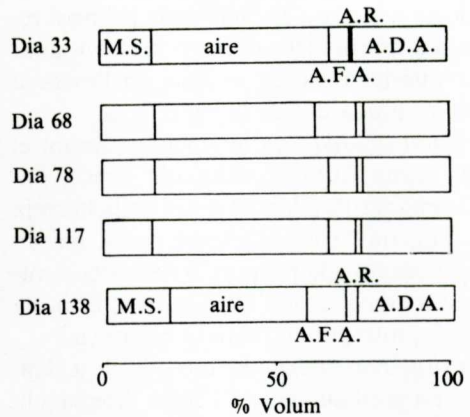


Fig. 3. Comparació de resultats. Corbes de retenció d'aigua. Fang de Blanes amb escorça de pi.

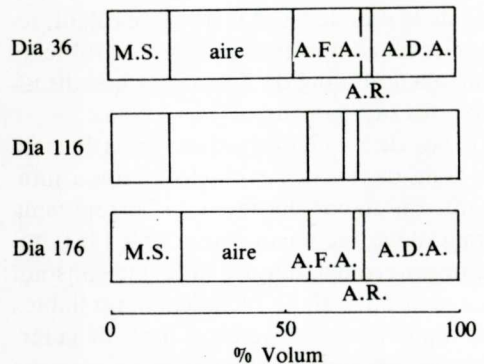


Fig. 3. Comparació de resultats. Corbes de retenció d'aigua. Escorça.

TAULA IV.
Resultats de les anàlisis foliars

		% M.O.	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O	% Na ₂ O	% Ca	% Mg	Fe	en ppm	
										Cu	Cr
<i>Pothos</i>	B-1	81,53	2,56	0,547	0,539	1,476	2,01	0,49	0,28	0,05	0,16
	B-2	83,04	3,18	0,399	0,534	1,251	2,10	0,53	—	0,08	0,15
	R	84,94	4,44	0,587	0,506	1,222	1,30	0,36	0,00	0,01	0,13
	O	86,32	4,55	0,617	0,487	0,949	1,51	0,40	0,64	0,10	0,15
<i>Petúnia</i>	B-1	79,46	1,51	0,834	0,435	1,509	3,26	0,56	1,14	0,16	0,12
	B-2	79,59	2,81	0,645	0,712	1,213	3,56	0,60	0,00	0,06	0,14
	R	81,08	4,22	0,924	0,431	1,273	2,65	0,32	1,72	0,08	0,16
<i>Dieffenbachia</i>	O	82,12	5,15	1,187	0,285	1,519	2,09	0,35	7,79	0,24	0,16
	B-1	84,45	3,80	0,760	0,464	1,466	1,60	0,69	0,00	0,00	0,12
	B-2	85,20	3,72	0,480	0,583	1,164	1,99	0,70	0,00	0,01	0,11
	R	84,53	4,14	1,336	1,000	1,655	1,61	0,65	0,00	0,03	0,14
	O	86,19	4,61	1,233	0,353	1,159	1,68	0,46	2,84	0,04	0,20

Tipus de substrat: B-1: fang de Tossa amb escorça R: escorça de pi
B-2: fang de Blanes amb escorça O: torba i perlita

necessari regar les piles dos cops, aquest segon degut a la poca eficàcia de la primera regada. La pluja dels darrers dies va anar millor que les regades, excepte en l'escorça que no es mulla des de la superfície.

Densitat aparent: va augmentar durant el procés d'una forma continuada i molt paral·lela en les tres piles. El nivell de la barreja amb fang de Tossa és elevat per a ser un substrat, degut a la proporció de matèria mineral. En canvi la de l'altra barreja és bona degut al contingut en matèria orgànica.

Densitat real: degut al mètode de càlcul augmenta gradualment en funció directa a la disminució de la matèria orgànica.

Espai porós total: disminueix proporcionalment a l'increment de la densitat aparent i de la real degut al mètode de càlcul; les tres piles tenen una evolució molt paral·lela i la barreja amb fang de Tossa és la que disminueix més ràpidament.

Corbes de retenció d'aigua: en la barreja amb fang de Tossa l'evolució és força interessant. En un començament la barreja tenia bastant aigua fàcilment assimilable i li faltava aire; va evolucionar d'una forma constant fins a tenir poca aigua fàcilment assimilable i excés d'aire a les dues terceres parts de la fermentació; en aquest moment es va extreure la mostra per a fer les proves de conreu ja

que es creia que el temps de fermentació havia estat suficient; més tard es va veure que aquest havia estat el moment en què les propietats físiques eren més desfavorables. Finalment la retenció d'aigua va variar, disminuint l'aire i augmentant l'aigua fàcilment i difícilment assimilable fins el dia 176 després d'haver començat. En aquest moment es va considerar definitivament acabada la fermentació amb unes propietats físiques a la zona de substrats ideals amb una mica de falta d'aigua de reserva. En la barreja amb fang de Blanes no hi ha hagut gaire variacions durant el procés fermentatiu, les corbes s'han mantingut molt semblants. Cap al final s'ha produït una millora de les propietats en disminuir l'aire i augmentar l'aigua retinguda. Aquest substrat té un excés d'aire, la qual cosa vol dir que serà necessari regar-lo més o serà útil per a testos baixos. En aquest cas la mostra tampoc va ser agafada en el moment idoni.

La retenció d'aigua en l'escorça ha variat poc. Al final resulta un producte amb bastant aire i poca aigua del que es dedueix que l'escorça és adequada per a barrejar-la amb un material amb deficiència d'aire.

pH: les dues barreges presenten una variació semblant amb una pujada inicial i un descens progressiu fins a situar-se una mica

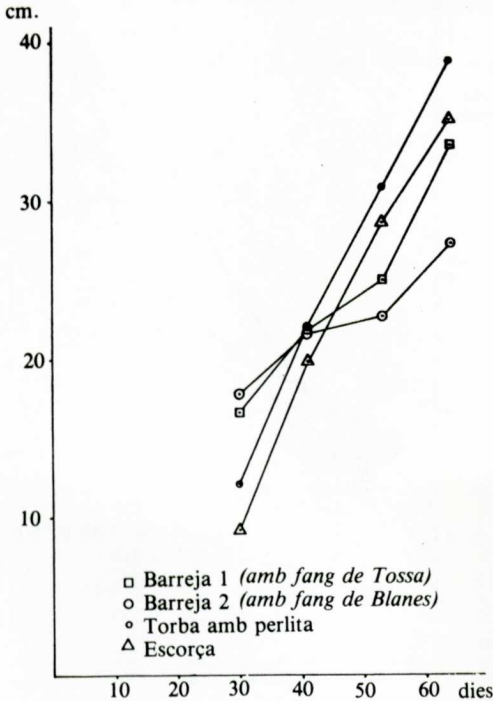


Fig. 4. Creixement en diàmetre de les petúnies.

per sota de 7, molt satisfactori per a un substrat. Destaca l'important baixada de la barreja amb fang de Blanes que comença a un pH de 8,9. L'escorça, en canvi, augmenta el pH amb la fermentació.

Conductivitat: augmenta progressivament durant el procés. La causa principal l'atribuïm al mètode que utilitza mostra fresca, que cada cop era més seca i per tant cada cop tenia més matèria seca. Destaca la menor homogeneïtat respecte a aquest paràmetre en la barreja amb fang de Blanes i l'elevat nivell, que podria arribar a ser fitotòxic.

Potencial d'oxidació-reducció: ens dona idea de la demanda d'oxigen; seria un paràmetre útil si es fes la mesura in situ, ja que el transport de la mostra l'altera. Serviria de referència per a fer els volteigs.

Matèria orgànica: com és normal en tota fermentació el contingut disminueix amb el temps d'una forma més o menys constant, encara que la dificultat en homogeneïtzar la

mostra provoqui alts i baixos. La disminució mitjana ha estat de 8,7 % en 100 dies en la barreja amb fang de Blanes i de 7,9 % en 100 dies en la de Tossa.

Nitrogen: es produeixen petites fluctuacions durant el compostatge, però s'atribueixen a l'heterogeneïtat del mig gram de mostra utilitzada i sobretot a l'heterogeneïtat de la humitat dins la mostra agafada. Tot i així les variacions han estat mínimes i despreciables per a l'escorça que és alhora més homogènia.

Relació C/N: Una fermentació fa disminuir aquesta relació, que en el nostre cas ha estat molt suau, sent de 6,1 u/100 dies en la barreja amb fang de Blanes, 6,9 u/100 dies en l'escorça i 0,45 u/100 dies en la barreja amb fang de Tossa; aquesta última es pot considerar nul·la. Això ho atribuïm a la intervenció de dos paràmetres molt influïts per l'heterogeneïtat i a l'excessiva baixada de nitrogen en aquesta.

Grau de descomposició: augmenta amb el temps sobretot a la segona meitat del procés fermentatiu degut a la formació de matèria orgànica resistent.

Fòsfor: els continguts en fòsfor assimilable de l'escorça i de la barreja amb fang de Blanes són baixos, d'on es dedueix que farà falta adobar. L'anàlisi de la mostra per al conreu de la barreja amb fang de Blanes té un contingut alt que atribuïm als mostreigs ja que els resultats finals van demostrar el contrari. La barreja amb fang de Tossa té un nivell acceptable.

Potassi i sodi: les tres piles tenen nivells semblants. S'esperava un major contingut en potassi dels fangs, en canvi l'escorça en té igual o més. El sodi es troba en quantitat acceptable i semblant en les tres piles.

Calci i magnesi: hi ha un bon contingut en calci, sense ser excessiu. Suposem que en la barreja amb fang de Blanes hi ha més calci, però es troba en una forma no soluble a l'àcid clorhídric i per tant no assimilable. El magnesi es troba en una proporció semblant a les tres piles, que creiem adequada.

Ferro, coure i crom: El contingut es pot considerar normal i molt lluny de ser un excés, excepte en la barreja amb fang de Blanes que no té coure ni ferro assimilable, degut a que estan bloquejats en una forma no soluble a l'àcid clorhídric.

Respecte a les propietats biològiques en els test de germinació realitzats durant la fermentació hi ha hagut una diferència significativa a l'1 % entre les mostres de les barreges i la del blanc de referència. La darrera mostra analitzada resulta no ser significativament diferent. Deduïm que abans i durant la fermentació hi ha inhibidors de la germinació que desapareixen amb la fermentació, i que al final encara queden algunes restes, sobretot en la barreja amb fang de Blanes, però estadísticament no significatives.

Proves de camp

Petunia: A primers de juliol es van sembrar *Petunia* híbrida de flors vermelles senzilles i a finals de mes es van plantar als testos. Se'n van plantar tres per test per assegurar-nos l'arrelament i amb la intenció de fer un posterior aclariment. L'arrelament va ser una mica difícil per la forta insolació i la calor, però es va superar ràpidament excepte en les plantades en torba i perlita que van estar pansides alguns dies i es va produir gran mortalitat sent necessari replantar tres testos. Aquest problema l'atribuïm a l'estructuració de la torba amb perlita que li manca la compacitat que és necessària en un principi per mantenir en contacte les poques arrels del planter amb el substrat. Als 15 dies es va fer l'aclarida.

Ja des d'un principi i fins a finals d'agost la diferència entre els substrats era molt clara; les de les barreges eren grans i maques, mentre que les de l'escorça mostraven símptomes de carència que van obligar a adobar-les com la torba amb perlita; i aquestes últimes havien quedat molt endarrerides. Les mesures de creixement realitzades es van començar als 30 dies d'haver plantat, encara

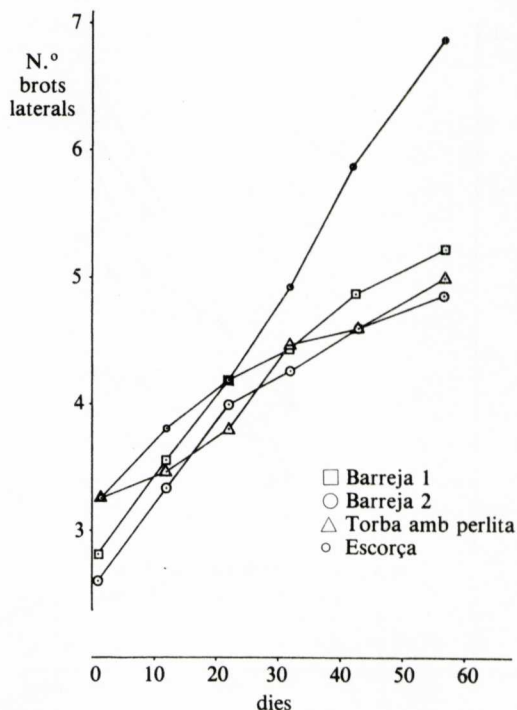


Fig. 5. Augment del nombre de brots laterals en *Dieffenbachia*.

que durant els primers dies es van comptar fulles, però després es va fer impossible. La gran diferència entre substrats va desaparèixer en 10 dies; a partir del dia 41 les plantes que destacaven eren les de torba i perlita i escorça amb un aspecte més maco, mentre que les plantades en les barreges eren altes i estretes i amb fulles més petites, sobretot en les de fang de Blanes.

En començar a florir es van comptar les flors i poncelles de cada planta. L'evolució en els quatre substrats ha estat molt paral·lela, florint primer les de les barreges i després les altres amb una separació dels màxims de 10 dies. La major florida s'ha produït en la barreja amb fang de Tossa, la menor en la de Blanes i la floració en torba amb perlita i escorça han estat les més homogènies.

Dieffenbachia: Es van plantar esqueixos arrelats en torba, en testos de 14 cm de diàmetre amb els quatre substrats. Durant el

primer mes totes les plantes eren molt semblants encara que les plantades en escorça tenien un color una mica més grogós i les de torba amb perlita una mica més blanc. Als 50 dies la diferència era clara, les plantades en torba amb perlita eren més verdes, més altes i més exuberants, i totes les altres eren més baixes, grogueses i molt semblants entre elles.

El nombre de brots augmenta poc en les plantades en les barreges i amb escorça, però es produeix un fort augment en les plantades en torba amb perlita, que els dona exuberància. El nombre de brots més el de fulles reflecte el nombre teòric de fulles que tindria el brot principal si no se'n assequés cap. Aquest valor augmenta d'una forma constant durant el conreu i no hi ha gaire diferències entre substrats. Cal destacar l'efecte de l'adobat en escorça que ha fet que mantingüés el nivell dels altres substrats.

Scindapsus aureus (Pothos): Van ser plantats a partir d'esqueixos amb arrels. Tot i que es va buscar la màxima homogeneïtat, els plantats en la barreja amb fang de Tossa tenien una mica més de fulles; potser això va influir en què aquests fossin els que més van créixer. Aquesta diferència que s'aprecia en el gràfic no era visible; totes les plantes es veien molt semblants. Els últims dies semblava que les plantades en torba amb perlita creixessin amb més vigor; això s'aprecia en el gràfic ja que la pendent del creixement de les plantades en torba amb perlita i escorça augmenta, mentre que en les altres tendeix a disminuir.

Anàlisi foliar

D'aquestes anàlisis és d'on deduïm l'assimilació dels nutrients per part de la planta, excepte en el cas de *Dieffenbachia* plantades en escorça, cas en què la mostra va ser agafada, per accident, després d'un adobat foliar, i això ha afectat el resultat. El contingut més alt de matèria orgànica es produeix sobre els substrats de torba amb perlita seguit per

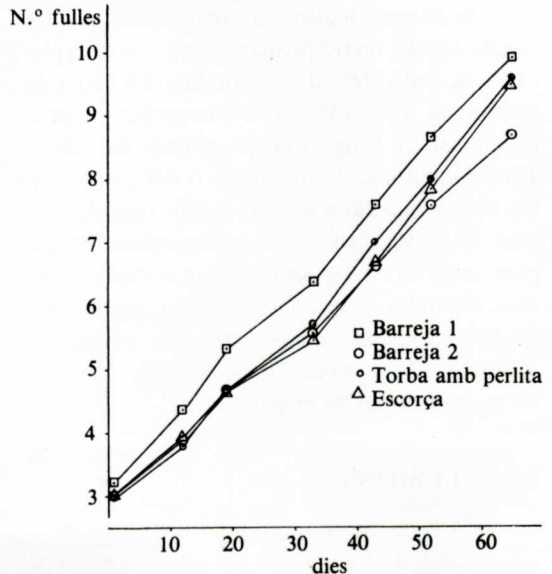


Fig. 6. Creixement en nombre de fulles dels *Pothos*.

l'escorça; això reflecteix un major percentatge de minerals en els substrats amb fang. Si considerem normals els nivells de nitrogen en els dos substrats adobats, veiem com en les barreges hi ha una carència en les tres espècies utilitzades; això ho atribuïm a què el nitrogen es troba en forma orgànica no utilitzable.

El fòsfor es troba en quantitat suficient en *Scindapsus* i *Petunia* excepte en les plantades amb la barreja amb fang de Blanes, on el fòsfor del substrat està bloquejat per l'alt contingut en calci en el moment de la precipitació del fang a la planta depuradora d'aigües. En *Dieffenbachia* també la barreja amb fang de Tossa presenta una deficiència que atribuïm a una major demanda en fòsfor d'aquesta espècie i que el substrat no pot subministrar.

Els nivells de potassi i sodi són alts, però no creiem que originin interaccions. El contingut en calci i magnesi de les fulles és proporcional al del substrat i un xic elevat en les barreges amb fang; això pot influir en la carència de nitrogen en bloquejar l'absorció. Hi ha una falta de ferro en la barreja amb

fang de Blanes degut a la precipitació en forma de fosfat fèrric principalment, que explicaria la falta dels dos elements. El ferro és present ja que es fa servir clorur fèrric per a precipitar el fang. Per interacció del ferro amb el magnesi, la disminució del primer en les fulles fa augmentar la proporció del segon. El color groc de les *Dieffenbachia* no plantades en torba amb perlita s'explica per una estranya carència de ferro segons les anàlisis. Podem comprovar com no hi ha problemes per excés dels metalls coure i crom; més aviat és el contrari.

CONCLUSIONS

— És possible abtenir un substrat comercial a base de fang de depuradora i escorça de pi.

— El problema d'homogeneització de la barreja és greu, caldria un sistema mecànic en fer les barreges que homogeneitzés el màxim possible i estalviés el garbellat final.

— El compostatge ha durat 175 dies en l'escorça i barreja amb fang de Tossa i 140 en la de fang de Blanes. El mètode és adequat i el substrat es troba en les millors condicions després del procés fermentatiu.

— Les propietats físiques del substrat amb fang de Tossa són bones; la densitat aparent és una mica elevada (0,45 gr/cm³); el contingut d'aire (23 %) i d'aigua fàcilment assimilable (14 %) és adequat i una mica alt el de difícilment assimilable. El substrat amb fang de Blanes té un alt contingut d'aire (39 %) i baix d'aigua fàcilment assimilable (11,5 %); destaquem la bona densitat aparent (0,29 gr/cc).

— Els pH dels substrats se situen en la zona ideal. Les conductivitats no són en cap moment excessives.

— El contingut en matèria orgànica és alt en el substrat amb fang de Blanes (≅ 60 %) i una mica baix en l'altre (≅ 36 %). Els continguts de nitrogen (0,82-1,00 %), potassi (0,07-0,15 %), sodi (0,04-0,09 %), calci (2,0-5,2 %) i magnesi (0,2-0,9 %) són bons,

així com els de fòsfor (0,12-0,16 %) i ferro (9-11 ppm) en la barreja amb fang de Tossa, mentre que en l'altre estan immobilitzats degut al procés de precipitació que es fa a aquest tipus de fang.

— Desapareixen inhibidors amb el procés fermentatiu.

— Es produeix un avenç del desenvolupament i floració en *Petunia* en les barreges amb fangs.

— En els substrats amb fang o escorça no responen bé les *Dieffenbachia*, mentre que en els *Scindapsus* no hi ha quasi cap diferència respecte als plantats en torba amb perlita.

— Les plantes han respòs bé a les propietats físiques i físico-químiques dels substrats, però no a les químiques, ja que ens trobem que no poden absorbir nitrogen perquè està en forma de matèria orgànica; no hi ha ferro i fòsfor assimilable en el substrat amb fang de Blanes per bloqueig químic; en canvi les fulles tenen major proporció de calci, magnesi, potassi i sodi que les plantades en torba amb perlita.

BIBLIOGRAFIA

1. BECH, J. i R. JOSA. *Pràctiques de laboratori. Sòls i adobs*. E.U.E.T. Agr. de Barcelona.
2. BONMATÍ, M., J. SAÑA, M. SOLIVA. *Curs 1981-82. Pràctiques d'anàlisi química. I i II part*. E.U.E.T.A. Barcelona.
3. DE BOODT, M., VERDONCK, I. CAPPAERT. 1973. *Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates*. Gent.
4. FELIPÓ, M.T., O. VERDONCK, I. CAPPAERT i M. DE BOODT. 1979. *Estudio de las propiedades físicas de los sustratos hortícolas*. Anals edaf. i agrob. Madrid.
5. FERNÁNDEZ, R. Oct. 1980. *Posibilidades de la utilización de lodos procedentes de plantas de depuración de aguas*. Seminari recuperació de recursos dels residus. Soria.
6. GARAU, M.^a A. 1983. *Estudio de la mineralización en el suelo del nitrógeno de lodos procedentes de plantas de depuración de aguas residuales*. Fac. Farmàcia. Univ. Barcelona.
7. LORENZO, P. 1981. *Compostage aeróbico de corteza de pino y madera de pino trituradas para transformar estos materiales en sustratos útiles en horticultura*. Fac. de Biología. Univ. de Barcelona.
8. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1980. *Métodos oficiales de análisis. Suelos y aguas*. Madrid.

9. MUNN, D.A. *Chemical and physical properties of composted hardwood bark*. Ohio. State University. Wooster OH.
10. PAGÈS, M. 1980. *Metodologia per a la caracterització física de substrats*. Congrés de cultura catalana.
11. PAGÈS, M., O. VERDONCK, M. DE BOODT. *Estudio comparativo de las propiedades físicas de los «pequeños bloques prensados» y los sustratos más comunes en el cultivo hortícola*. Anals INIA. n.º 14 1981.
12. POMARES, F. *Valor fertilizante de los lodos residuales*. Curso ahorro de energía racionalizando la fertilización. CRIDA-7.
13. SOLIVA, M., M.T. FELIPÓ, M.A. GARAU i J. SAÑA. Dec. 1982. *Com aprofitar per a l'agricultura els fangs residuals derivats de la contaminació?* (Ciència). n.º 22.
14. TRILLAS, M.I., M. PAGÈS, P. LORENZO, SANT, F.X. MARTÍNEZ i J. AGUILAR. *Algunes consideracions sobre el cultiu de plantes en substrats artificials dins de containers*. Obra social agrícola «la Caixa».
15. VERDONCK, O. *Utilization of pine bark compost in horticulture*. Gent. Belgium.
16. ZUCONI, F., A. PERA, M. FORTE i M. BERTOLDI. *Evaluating toxicity of immature compost*. Març-abril 1981. Biocycle.