

# CARACTERÍSTIQUES FÍSiques I QUÍMIQUES A DETERMINAR EN ELS COMPOSTOS FETS AMB FANGS RESIDUALS PER TAL D'ÉSSER UTILITZATS COM A SUBSTRATS

per

J. ARNÓ, O. BURÉS, J. MARZÀ I M. PUJOLÀ

Àrea de Química. Escola d'Agricultura de Barcelona

## RESUM

Hi ha una sèrie d'activitats humanes que comporten l'aparició de subproductes contaminants. En particular ens hem centrat en els fangs residuals de les indústries papereres i de les depuradores d'aigües urbanes. Aquests productes presenten problemes d'eliminació pel gran volum que se n'obté, i per llur contingut en substàncies nocives.

D'altra banda l'horticultura ornamental és un sector en expansió amb una demanda creixent de substrats. El substrat més utilitzat en l'actualitat és la torba, que té un preu molt alt. Observem doncs la necessitat de trobar materials alternatius més barats.

Això ens ha impulsat a estudiar la viabilitat dels fangs com a substrats. La utilització d'aquests materials requereix un condicionament previ, que és el que hom fa mitjançant el procés anomenat compostatge (fermentació aeròbica i termòfila d'un o més productes orgànics per a eliminar o minvar llur capacitat contaminant). El producte final és el compost, el qual ha de tenir unes propietats físico-químiques adients.

Resulta imprescindible un seguiment de l'evolució del compostatge i saber quan aquest ja ha acabat.

Aquest seguiment comporta el control d'uns paràmetres químics (concentració en macro- i micronutrients i metalls pesants, contingut i qualitat de la matèria orgànica...), paràmetres físico-químics (pH, CE, CBC...) i físics (densitat real i aparent, capacitat de retenció d'aigua...).

A més, han estat fetes proves de creixement de plantes ornamentals per tal d'estudiar l'aptitud del producte com a substrat.

Anomenem substrat un material amb unes característiques adients perquè s'hi desenvolupin les arrels de les plantes.

Un dels materials més utilitzats com a substrat és la torba, que és un producte poc abundant a la zona mediterrània i per tant molt car.

Això afegit a la demanda creixent de substrats, ja que l'horticultura ornamental és un sector en expansió, fa que sigui necessària la recerca de materials

substitutius dels substrats convencionals. Aquests productes alternatius han d'ésser barats i fàcils d'obtenir.

Els fangs de les depuradores de les papereres i de les aigües residuals urbanes són un problema per la dificultat d'eliminació del gran volum que hom n'obté, així com per llur potencial contaminant degut al fet que poden contenir metalls pesants, productes intermedis de la descomposició, detergents, restes d'insecticides o plaguicides, etc. Per a evitar els problemes derivats de l'alta concentració en metalls pesants (que no s'eliminen en el compostatge), hom utilitza fangs de zones no industrials.

Hom ha pensat doncs en la possibilitat de reciclar aquest subproducte de l'activitat humana per tal d'emprar-lo en l'horticultura.

Les propietats físiques d'aquest material no són gens bones. Són molt densos i retenen massa aigua, i per això és aconsellable de fer barreges amb altres materials (que també han d'ésser barats i fàcils d'obtenir) per tal de millorar-ne les propietats físiques. També cal tenir en compte que els fangs tenen una gran proporció de matèria orgànica i per tant són susceptibles de patir una fermentació.

És de tot punt necessari que la fermentació es produeixi abans d'ésser posats en testos.

Quan aquesta fermentació té lloc d'una forma controlada és anomenada compostatge, i el producte final que hom n'obté és el compost.

El compostatge és un procés pel qual actuen diferents microorganismes sobre el material que cal compostar. Aquests s'alimenten de la matèria orgànica fàcilment degradable i com a resultat produeixen una estabilització del compost.

Durant el compostatge es produeixen variacions en les característiques del compost, per l'acció dels diferents microorganismes que hi actuen.

El compostatge pot dividir-se en tres fases (inicial o mesofílica, termofílica i d'estabilització) segons els diferents microorganismes que hi actuen. Destaca la fase termofílica, que és en la que es produeixen els canvis més importants i és la que dura més temps; durant aquest període més o menys llarg (pot durar mesos) es consumeix principalment cel·lulosa i les temperatures se situen entre 40 i 80 °C.

Però no en tots els tipus de composts s'arriba a aquestes temperatures: els composts amb fang de paperera no pateixen la fase termofílica, car l'evolució del compost es produeix a una temperatura poc superior a l'ambiental. Aquestes diferències són degudes a la composició dels materials de partida i a les possibilitats d'unes bones condicions per a la vida microbiana (composts carbonatats i nitrogenats, aigua i oxigen).

És essencial, en fer un compostatge, de mantenir una humitat adequada (entre el 40 i el 50 %), i airejar el compost ja sigui barrejant-lo amb un agent airejador («bulking») i/o fent diferents volteigs.

Caldrà mantenir un equilibri entre els principals nutrients per als microor-

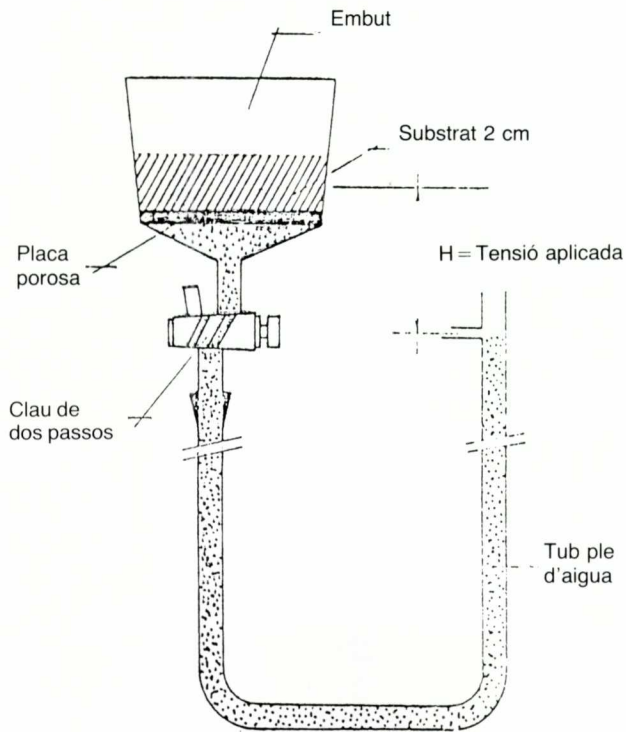


Fig. 1. - Determinació de la corba de retenció d'aigua per mitjà d'un fang porós.

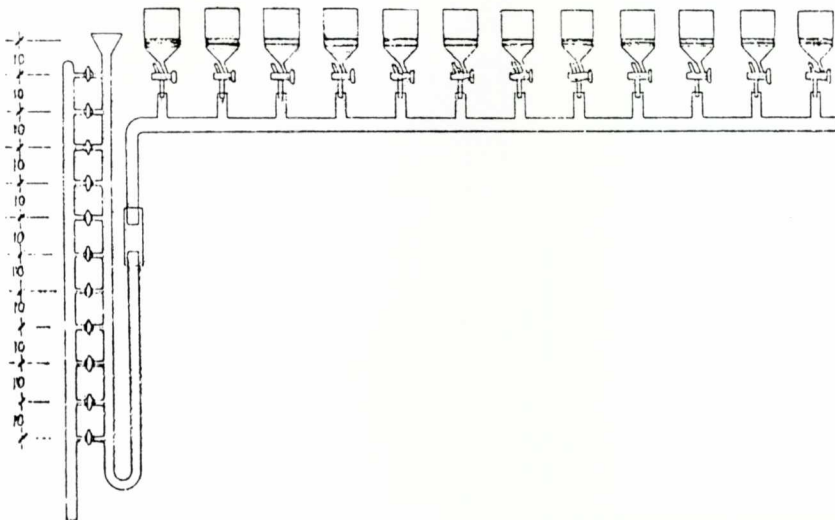


Fig. 2. - Aparell per a la determinació de la corba de retenció d'aigua dels substrats.

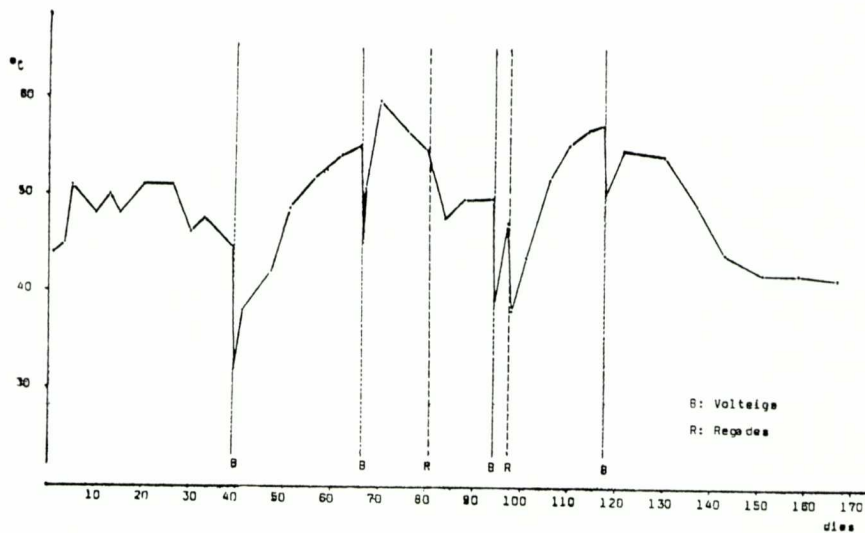


Fig. 3. - Evolució de la temperatura durant la fermentació. Escorça de pi.

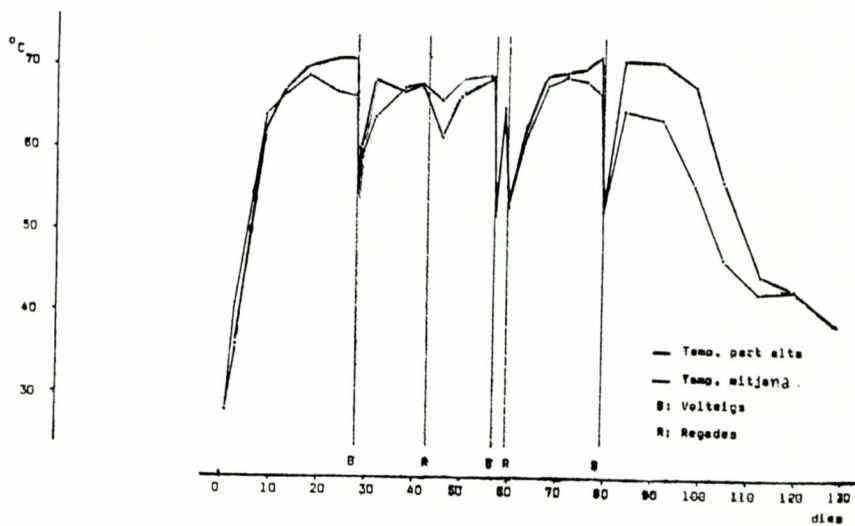


Fig. 4. - Evolució de la temperatura durant la fermentació. Fang de Blanes amb escorça de pi.



ganismes, que són els compostos carbonatats i els nitrogenats. Per aquest motiu es fan barreges amb fangs de depuradora (agents aportadors de nitrogen) i fangs de paperera o escorça de pi (agents aportadors de carboni).

El procés de compostatge podrà ésser seguit de paràmetres físics, químics i físico-químics. El mètode més eficaç, simple, ràpid, reproducible, objectiu i d'inequívoca interpretació és el de mesurar la temperatura a mitja pila i a 50 cm. de profunditat. Serveix per a la majoria de compostatges (els que tenen fase termofílica) i ens reflecteix l'activitat dels microorganismes, ja que, quan les condicions deixen d'ésser idònies, la temperatura disminueix. Tant si falta aire com aigua produeix una disminució de l'activitat microbiana que es tradueix en un canvi de temperatura.

Quan la temperatura no sigui un paràmetre adequat, en podríem fer servir d'altres que, encara que no siguin tan ràpids de mesurar, no deixen d'ésser igualment vàlids.

En tota fermentació es produeix una disminució del contingut en matèria orgànica d'una forma més o menys constant, per bé que bastant afectada per l'heterogeneïtat de la mostra. És un paràmetre vàlid per al seguiment del compostatge.

La relació C/N disminueix durant els processos de compostatge i tendeix a l'estabilització. En aquest cas hom no pot parlar mai de números concrets, ja que la variació dependrà dels materials que cal compostar i sobretot del valor de la relació C/N en un començament. Pel fet d'ésser un paràmetre químic resta molt afectat per l'heterogeneïtat que sempre existeix en les barreges de residus. Un valor aïllat no és representatiu. Cal sempre mirar com evoluciona aquest paràmetre en el temps.

El grau de descomposició és el percentatge de matèria orgànica resistent a l'atac amb àcid sulfúric del 72 % respecte al total de matèria orgànica, i dóna idea de l'estabilitat del compost. També en aquest cas cal veure l'evolució d'aquest paràmetre, ja que els valors aïllats depenen molt de l'origen de la matèria orgànica.

El compostatge es considera acabat quan la temperatura disminueix i s'apropa a l'ambiental o quan la relació C/N o el grau de descomposició (G.D.) s'estabilitzen. Llavors tenim el compost que podrà ésser utilitzat com a substrat si té unes propietats adequades.

### *Característiques que cal determinar en els substrats*

Les propietats físiques del substrat decidiran en gran mesura les possibilitats de desenvolupament de la planta en el test. Aquestes propietats donaran informació sobre la disponibilitat i distribució de l'aire i l'aigua en el substrat. En aquest sentit, les corbes de retenció d'aigua donen una gran informació. Aquestes

corbes es construeixen a partir dels volums d'aigua que reté el substrat a diferents tensions (el mètode fou descrit per De Boodt el 1968). L'aparell utilitzat consta d'un tub ple d'aigua destil·lada de la forma que hom indica a l'esquema, que acaba en un sistema d'aixetes, d'un costat, i en uns embuts amb placa porosa, de l'altre. Els embuts contindran el substrat objecte d'estudi, que estarà saturat d'aigua al començament de la prova. A intervals de 12 hores hom anirà obrint les aixetes a diferents alçades tot creant diferents tensions. Transcorregudes les 12 hores hom pesarà l'embut, i per diferència amb la pesada efectuada abans de la succió coneixerem l'aigua perduda.

Per obtenir la corba hom treballa amb les tensions de 10, 20, 50 i 100 cm de columna d'aigua. Així podem conèixer:

— Contingut en aire o macroporositat: diferència entre l'espai porós total i el volum d'aigua a 10 cm.

— Aigua fàcilment assimilable (AFA): és el volum d'aigua alliberada entre 10 i 50 cm de columna d'aigua.

— Aigua de reserva (AR): és el volum d'aigua alliberat entre 50 i 100 cm de columna d'aigua.

— Aigua difícilment assimilable (ADA): és el volum d'aigua que queda quan ha estat aplicada la succió de 100 cm de columna.

Una altra característica física d'interès és la densitat aparent, que ens informa sobre la quantitat total de porus.

El mètode es basa a trobar indirectament el material sòlid que hi ha en un cilindre de volum conegut i prèviament tarat. En pesar el cilindre ple de substrat humit sabrem el pes d'aquest, i coneixent la humitat sabrem també el pes del material sòlid sec, d'on deduirem la densitat aparent.

L'espai porós total és calculat a partir de la densitat aparent i de la real.

Valors elevats de la densitat aparent resulten problemàtics per l'excessiu pes dels testos i per les consegüents dificultats de maneig, així com perquè dificulten la penetració de les arrels.

Els resultats trobats per nosaltres no ens donen una distribució adient de les diverses fraccions d'aigua. Ha estat trobat un excés d'aigua difícilment assimilable (ADA) i un defecte d'aigua fàcilment assimilable (AFA) i d'aigua de reserva (AR), cosa que dificultava l'abastiment d'aigua a la planta (Taula 1).

Resulta també interessant de saber si es mantindran o no estables aquestes característiques en el decurs del desenvolupament de la planta. En les nostres experiències, no hi hem trobat cap variació important.

De les característiques físico-químiques, el pH és la més rellevant. Hom el determina sobre mostra fresca en un extret fet amb substrat i aigua destil·lada en la relació 1/25 (p/p).

La importància del pH resideix en el fet de condicionar l'absorció de nu-

Taula 1

## PROPIETATS FÍSQUES DE DIFERENTS COMPOSTS I SUBSTRATS

- Compost 1: Fang de la depuradora urbana de Tossa amb escorça de pi (1/1 v/v).  
 Compost 2: Fang de la depuradora urbana de Blanes amb escorça de pi (1/1 v/v).  
 Compost 3: Fang de paperera i fang de depuradora (1/1 v/v) amb pinassa com a airejador.  
 Compost 4: Fang de paperera i fang de depuradora (1/1 v/v) amb compost com a airejador.  
 Compost 5: Fang de paperera i fang de depuradora (2/1 v/v) amb brisa com a airejador.

Compost	D.R. g/cm <sup>3</sup>	D.A. g/cm <sup>3</sup>	% V EPT	% V Aire	% V AFA	% V AR	% V ADA
1	2,12	0,436	79,43	24,43	11,20	3,70	40,10
2	1,82	0,310	82,97	37,39	13,26	3,19	29,13
3	2,27	0,480	79,57	38,08	5,48	1,66	34,35
4	2,35	0,650	73,41	32,37	7,51	1,23	32,41
5	2,31	0,650	73,36	30,48	4,84	1,13	36,91
Torba i perlita (3/1)	1,71	0,110	93,45	42,96	24,03	5,21	21,26
Ideal	—	0,215	85	20-30	20-30	6-10	—
De Boodt 1968							

Taula 2

PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES I QUÍMIQUES  
DE DIFERENTS COMPOSTS

- Compost 1: Fang de la depuradora urbana de Tossa amb escorça de pi (1/1 v/v).  
 Compost 2: Fang de la depuradora urbana de Blanes amb escorça de pi (1/1 v/v).  
 Compost 3: Fang de paperera i fang de depuradora (1/1 v/v) amb pinassa com a airejador.  
 Compost 4: Fang de paperera i fang de depuradora (1/1 v/v) amb compost madur com a airejador.  
 Compost 5: Fang de paperera i fang de depuradora (2/1 v/v) amb brisa com a airejador.

Compost	pH	C.E. µmbos/cm	% M.O.T.	% Cox	G.D	% Ca	% K <sub>2</sub> O	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	% N s.m.s.
1	6,7	267	36,2	17,3	62,7	2,45	0,13	0,88	0,97
2	7,4	402	59,3	31,1	53,2	6,21	0,10	0,72	1,17
3	7,2	365	26,5	—	—	5,97	0,05	0,77	0,68
4	6,9	370	20,7	—	—	10,05	0,06	0,88	0,56
5	6,9	610	23,3	—	—	13,83	0,05	0,16	0,87



trients. Les plantes que hom utilitza en horticultura ornamental tenen llur hàbitat natural en zones tropicals, de sòls molt rentats i pH entre 5 i 6. Els pH alts (més de 8) bloquegen certs nutrients com fòsfor i ferro. Els pH massa baixos afavoreixen el rentat d'elements nutritius perquè els protons desplacen els cations del complex de bescanvi, a més de restar reduïts certs mecanismes fisiològics d'entrada de nutrient a la planta.

Les aigües de regatge que foren utilitzades en els nostres assaigs ens feren pujar els pH dels composts a causa de llur alt contingut de calci.

La conductivitat elèctrica és mesurada en el mateix extret fet servir per al pH. Aquesta és una dada que només ens posa en alerta quan s'obtenen valors alts (Taula 2, compost 5).

El mètode no dóna uns valors molt exactes i reproduïbles, ja que depenen força de la humitat del substrat (hom fa l'anàlisi sobre substrat fresc per tal de conservar l'aroni que es perdria en el procés d'assecatge).

Les propietats químiques que hom acostuma a controlar en un compost són el contingut en diversos elements i en matèria orgànica.

L'existència o no de nutrients en el compost no és un factor important a l'hora de decidir-ne la utilització com a substrat, ja que aquests poden ésser-hi aportats amb l'adobatge.

Hom acostuma a fer la valoració de la quantitat de nutrients a partir d'una dissolució de les cendres amb àcid. Això vol dir que avaluem la quantitat total de nutrients que té un material, encara que part d'aquests elements no estan a disposició de la planta, ja que es troben formant part d'estructures orgàniques no assimilables.

És aquesta una de les raons que fan que sigui molt important de conèixer en quin estat d'evolució es troba la matèria orgànica. Si el compost que pretenem d'utilitzar com a substrat té una fracció orgànica molt estable, formada per compostos molt polimeritzats, una gran part dels elements nutritius com ara nitrogen, fòsfor, sofre, calci, magnesi, potassi, etc. estaran immobilitzats i la planta no podrà gaudir-ne. Si per contra la matèria orgànica és encara en formes atacables, aquesta suposarà una reserva de nutrients que seran alliberats lentament i podran nodrir les plantes. És per això molt important de conèixer quines són les formes més abundants en un material molt orgànic.

La quantitat de matèria orgànica total és obtinguda per calcinació a 480°C. Hom utilitza aquesta temperatura per tal de no perdre el fòsfor, ja que després és analitzada la composició de les cendres.

Ja hem deixat clar que més important que conèixer la quantitat és conèixer la qualitat de la matèria orgànica. Hi ha diferents mètodes que ens determinen diverses fraccions orgàniques:

— El mètode de Walkley-Black determina la fracció orgànica atacable pel dicromat-sulfúric.



— Grau de descomposició: hom determina la matèria orgànica resistent a l'atac amb sulfúric del 72 %. Aquest mètode permet conèixer, per anàlisis posteriors, quina és la quantitat de nitrogen resistent a aquest atac.

— La determinació de la quantitat d'àcids húmics i fúlvics mitjançant extracció amb pirofosfat i sosa, i posterior anàlisi per oxidació i colorimetria, permet d'estudiar el grau de maduresa de la matèria orgànica (Saña, J., 1985).

— El mètode proposat per Harada i Inoko (1980) pretén d'avaluar la capacitat de bescanvi catiònic (CBC) de la fracció orgànica. Associa valors alts de la CBC amb més grau de maduresa.

Els estudis portats a terme no semblen, però, concloents en aquest aspecte.

Resta clar que cal avaluar la capacitat de transformació de la matèria orgànica, però cap dels mètodes provats fins ara no és capaç de donar-nos una resposta vàlida.

Per a poder dir quelcom de la matèria orgànica d'un compost cal conèixer els valors en què ha anat variant durant un cert període, veure per quins valors ha passat aquell paràmetre durant el compostatge i en quin valor es troba en un determinat moment, així com saber com s'ha produït l'evolució. Tampoc no podem dir que analitzar la matèria orgànica per un sol mètode sigui suficient. És la comparació dels valors obtinguts pels diversos mètodes allò que permet d'arribar a una conclusió.

Ens cal conèixer l'estat de la matèria orgànica perquè, a més de saber si podem disposar dels elements del compost per a nodrir la planta, ens dona informació sobre si la fermentació segueix en el test, la qual cosa podria portar seriosos problemes a la planta.

Per a utilitzar un compost com a substrat és preferible que mantingui unes propietats constants, encara que això suposi la no alliberació de nutrients.

La determinació de tots aquests paràmetres ens servirà per a saber si el substrat fet amb residus (en un inici contaminants) té unes propietats adequades. Això caldrà contrastar-ho amb proves de conreu amb diferents plantes per a veure les seves possibles utilitzacions.

Les proves fetes fins ara al departament de Química de l'escola universitària d'Enginyeria tècnica agrícola de Barcelona demostren que hi ha composts fets amb fangs de depuradora que poden servir perfectament com a substrat, mentre que altres tipus de fangs (segons els tractaments en llur obtenció) no hi són adients. I és totalment indispensable de fer un seguiment del compostatge per tal de poder determinar exactament el final de la fermentació i poder conèixer bé les propietats del compost.

## BIBLIOGRAFIA

- ARNÓ, J., *Assimilabilitat de macronutrients en diferents tipus de compost*, E.U.E.T.A. de Barcelona, Dep. de Química, 1984.
- BURÉS, O., *Proves de compostatge de fangs de depuradora amb escorça de pi i estudi de les possibles aplicacions com a substrat*, E.U.E.T.A. de Barcelona, Dep. de Química, 1983.
- MARZÀ, J., *Proves de creixement de *Tagetes patula* sobre composts obtinguts a partir de fangs de paperera*, E.U.E.T.A. de Barcelona, Dep. de Química, 1985.

Treballs de final de carrera dirigits per la Dra. M. Soliva.