

¿COM APROFITAR PER A RESIDUALS DERIVATS

per M. Soliva, M.T. Felipó, M.A. Garau i J. Saña

20 (716 / Volum 2 / desembre 1982

ciència 22)

Les aigües residuals d'origen urbà, industrial o agrari plantegen, d'una banda, un problema de contaminació. Tanmateix és possible tractar-les per al seu aprofitament. Això resoldria simultàniament un problema de medi ambient i ajudaria a reduir en una petita part el dèficit en matèria orgànica dels sòls. Tots dos objectius obliguen a la realització d'un balanç acurat dels residus orgànics que es produeixen.

Montserrat Soliva i Torrentó (Torres de Segre, 1943) és doctora en ciències químiques i Josep Saña i Vilaseca (Sabadell, 1952) és llicenciat en química. Tots dos pertanyen actualment al departament de química agrícola de l'Escola d'Agricultura de Barcelona. Maria Teresa Felipó i Oriol (Manresa, 1947) és doctora en farmàcia i Maria Antònia Garau i Guasch (Ciutat de Mallorca, 1953) és llicenciada en farmàcia. Totes dues pertanyen al departament d'edafologia de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona.

● L'augment de població i la seva concentració en determinades zones així com el desenvolupament industrial han estat les principals causes, en els darrers anys, de l'increment de residus. Moltes són les solucions aportades fins al moment per eliminar-los, però no totes tenen en compte que això pot ser també motiu de contaminació del medi ambient. Per altra banda caldria considerar les característiques i la composició dels residus i no oblidar la seva possible reutilització. Els residus deixaran de ser problema en el moment que se'ls atribueixi un valor i una destinació.

En funció del contingut d'aigua, poden agrupar-se en residus sòlids i líquids; pel seu origen, poden ser classificats de la manera següent:

- Urbans: escombraries i aigües residuals
 - Industrials
 - Agraris: fems, purines i restes vegetals.
- En aquest estudi tan sols es parlarà del fang obtingut en la depuració d'aigües

residuals municipals. Aquestes són una barreja de tres components:

- Aigües domèstiques, que contenen essencialment excretes humanes i detergents.

- Aigües industrials, riques en components molt determinats: metalls pesants, substàncies orgàniques específiques, entre d'altres i amb uns valors de pH extrems.

- Aigües de pluja amb càrrega mineral forta: sorres, argiles.

Per tant, el fang que s'obté com a subproducte en el procés de depuració d'aquestes aigües. És un material molt heterogeni. La seva composició depèn no tan sols de l'origen de l'aigua residual, sinó també de la tecnologia de depuració emprada, així com de l'època de l'any (volum de població, condicions climatològiques, entre d'altres).

El destí final del fang residual segueix dos camins molt diferents: l'un és l'eliminació i l'altre la reutilització. Cada un d'ells té diferents possibilitats:

- Eliminació: Incineració

Abocament controlat al mar, al sòl o a les escombraries.

La incineració tan sols redueix el volum al voltant d'un 50% a causa de l'alt contingut en fracció mineral dels fangs, contribueix a la contaminació de l'aire, al mateix temps que destrueix una possible font energètica. L'abocament al mar, en els països on es feia, ara ha estat prohibit. D'altra banda, el vessament al sòl per omplir espais comporta el desaproveïment d'uns nutrients i si no es fa ben fet pot contaminar les aigües subterrànies.

-Utilització: Aprofitament energètic (obtenció de metà, fuel i hidrocarburs en general)

Recuperació d'alguns components (metalls pesants, fosfats, proteïnes, etc.)

Agronòmica: Adobs organominerals i esmenes.

Els dos primers requereixen una infraestructura molt costosa per dur-los a terme, així com un dispendi energètic considerable. La recuperació de proteïnes per a l'alimentació animal implica un control molt estricte, està en els seus inicis i no se'n coneixen efectes en la cadena tròfica. La utilització com a adob o com a esmena comporta també certs perills si no es fa controlada; perquè també pot contaminar les cadenes tròfiques per acumulació de metalls pesants, per residus de pesticides o bé per microorganismes patògens. Però està considerada per molts com l'única alternativa ja que és la manera més racional de desfer-se d'aquests residus rics en substàncies nutritives. Pel seu contingut en macro i microelements nutrients es poden comparar amb els fems, tradicionalment emprats com a adobs arreu del món. Les solucions que s'assagen actualment a Catalunya són l'abocament al mar o bé a les escombraries (en alguns casos amb posterior incineració) i també com a adobs però sense cap mena de control. L'aprofitament com a adob té diferents i fonamentades raons. El contingut en matèria orgànica d'aquests residus és elevat i els nostres sòls són pobres en aquest component. L'actual crisi energètica ha encarit moltíssim els preus dels adobs minerals i els residus són rics en macro i micronutrients. També, l'ús desmesurat de fertilitzants minerals en els darrers anys ha estat la causa d'empobriment del sòl, erosió i a la vegada contaminació

L'AGRICULTURA ELS FANGS DE LA CONTAMINACIÓ?

(ciència 22

desembre 1982/Volum 2/717) 21

dels ecosistemes naturals; per tant, un aport de fertilitzants orgànics al sòl disminuiria l'erosió, al mateix temps que en milloraria les propietats físiques i químiques.

SISTEMES DE DEPURACIÓ I PLANTES DE TRACTAMENT A CATALUNYA

Per raons sanitàries i turístiques les plantes depuradores d'aigües residuals s'han estès per la Costa Brava des de la primera meitat de la dècada dels seixanta. Se n'ha construït també en alguns nuclis urbans amb més densitat de població i el pla d'aigües de Catalunya preveu la construcció d'un centenar de noves depuradores abans de l'any 2000.

En la figura 1 es representa esquemàticament el tractament d'aigües residuals i de fangs.

El procés depurador emprat, com ja s'ha dit, condiciona la composició química del fang i per tant la seva qualitat.

Així, segons s'indica a la taula 1, la digestió del fang en disminueix el contingut en matèria orgànica i les substàncies nutritives es concentren.

També s'observen (taules 3 i 4) diferències claus en funció del tipus d'estabilització (digestió aeròbica o anaeròbica) a què ha estat sotmès el fang i segons que aquest sigui condicionat químicament o no.

A la taula 2 s'indiquen aquelles depuradores d'aigües residuals de les quals ha estat estudiada la composició del fang residual.

Per estudiar les variacions possibles en la qualitat dels fangs derivats de diferents processos de tractament i davant la manca al nostre país de plantes urbanes amb digestió anaeròbica (no funcionava encara la de Reus), es va recórrer a depuradores d'aquestes característiques situades més lluny (Oviedo, Palència, Múrcia) i també una d'aigües industrials (Torras

Hostench) que correspon a residus provinents d'una estació de tractament de les aigües residuals d'una paperera.

A continuació es comenten les propietats fertilitzants i el possible perill contaminant dels fangs estudiats. S'han analitzat noranta mostres de fangs procedents de les esmentades depuradores, mostrant cada dos mesos al llarg de tot un any. Els resultats que s'indiquen en les taules 3, 4 i 5 representen les mitjanes dels continguts.

POTENCIAL FERTILITZANT

La llei vigent d'adobs (10 de juny de 1970) considera com a adob orgànic aquelles substàncies que tenen "un mínim del 35 % de matèria orgànica; suma de contenidos de N, P₂O₅ y K₂O totales superiores al 6 %, con un mínimo del 2 % de N orgánico, del cual un 80 % será insoluble en agua", i com a fertilitzant organomineral quan tenen "15 % de matèria orgànica y un contenido mínimo de N orgánico del 1 %, del cual un 80 % será insoluble en agua". Les mitjanes de valors obtinguts de la composició orgànica i mineral dels fangs estudiats, expressats sobre matèria seca, són els següents:

% M.O. oxidable	% N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
48,58	3,55	2,75	0,30

Segons aquests valors i la llei d'adobs vigent es podrien classificar com a adobs orgànics; i en els casos de fangs de tractament anaerobi o bé de condicionament químic, que són més pobres en matèria orgànica, podrien rebre la classificació de fertilitzants organominerals.

Durant el procés de digestió d'un fang, la matèria orgànica (M.O.) sofreix un conjunt de processos bioquímics, en certa manera comuns a la major part dels processos naturals de fermentació, que es poden resumir en dos:

- descomposició o mineralització, que dona lloc a compostos més senzills: CO₂, H₂O, CH₄, NH₃, H₂S,...
- estabilització o humificació

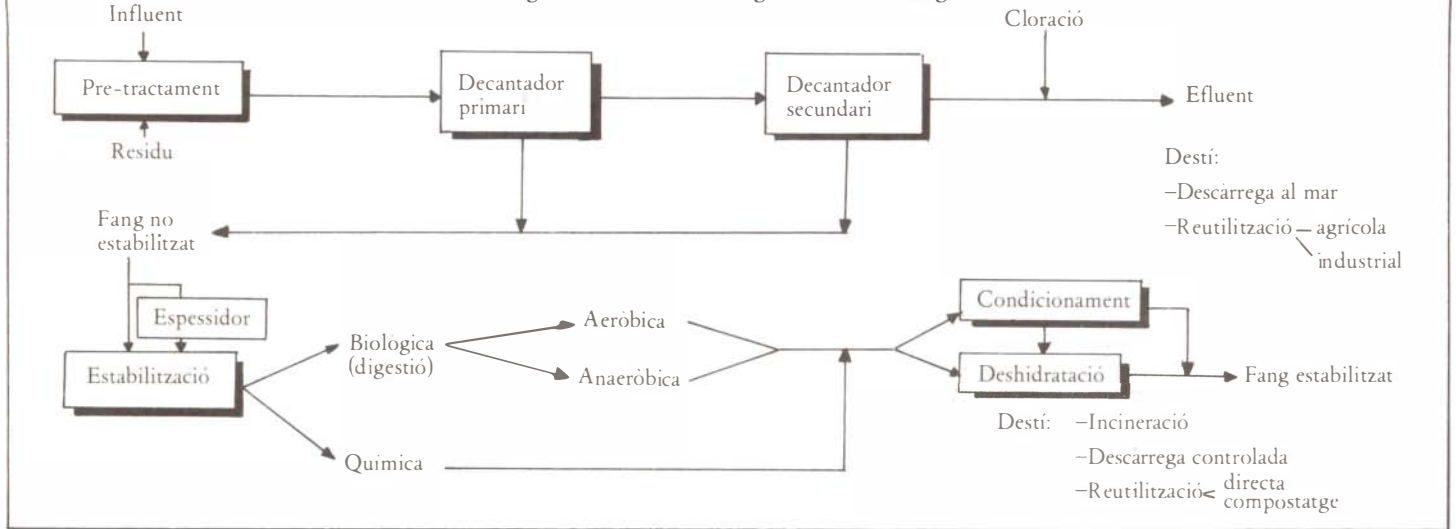
La matèria orgànica humificada, anomenada també humus, és formada per un conjunt de substàncies de composició heterogènia però que presenta una sèrie de característiques físico-químiques: color fosc, pes molecular alt (1.000 a 250.000), caràcter col·loidal, gran capacitat de retenció d'ions, facilitat d'unió amb fraccions col·loïdals inorgàniques del tipus de l'argila; i bioquímiques, molt concretes. Aquestes substàncies juguen un paper important en la fertilitat del sòl.

Hi ha diversos mètodes que determinen el contingut d'humus en els adobs orgànics, basats en una o algunes de les propietats abans citades. En aquest treball, s'ha emprat per a la caracterització de la fracció orgànica dels fangs l'anomenat grau de descomposició o humificació; aquest mètode es fa servir per tal de caracteritzar les torbes i es basa en la resistència a la biodegradació de les substàncies húmiques.

Dels resultats del contingut en M.O. total i del seu grau de descomposició s'observa que:

- el contingut en M.O. dels fangs aerobis és superior al dels anaerobis
 - aquest contingut minva en aquells fangs que han sofert condicionament químic (addició de CaO - FeCl₃) abans que siguin filtrats
 - contràriament, la M.O. dels fangs anaerobis és més estable, com es dedueix d'un grau de descomposició més gran
 - el grau de descomposició es veu afectat pel funcionament de la planta depuradora (control més estricte del seu funcionament) i pel volum d'aigua a tractar (el grau de descomposició minva durant l'estiu)
 - així mateix, el grau de descomposició és afectat per la presència de lignines d'origen agroindustrial (valors alts en el fang de Llançà a causa d'una indústria vinícola, o bé fluctuacions irregulars en el fang industrial de Torras Hostench).
- La major part del nitrogen es troba en forma orgànica; aquest contingut és precisament el valor que es fa servir per determinar la quantitat mínima de fang

Figura 1. Tractament d'aigües residuals i fangs



aplicable a un sòl agrícola en funció de les necessitats del conreu que s'hi faci. Però no tot el nitrogen és immediatament assimilable per la planta; una fracció no ho serà en el curs del primer o primers anys després de l'aplicació. El percentatge de nitrogen mineralitzable dependrà del fang, del sòl i de les condicions climatològiques. Un índex indicatiu és, però, la quantitat de nitrogen hidrolitzable que té el fang. El nitrogen no hidrolitzable és el que està lligat a les fraccions orgàniques més resistents a la descomposició. Dels resultats obtinguts es dedueix:

– el contingut en nitrogen total és més gran en els fangs aerobis

– el percentatge relatiu de N hidrolitzable sobre el N total és més petit en els fangs anaerobis (això vol dir que es poden esperar uns efectes fertilitzants d'aquests fangs més a llarg termini).

La relació C/N és un paràmetre que es fa servir per a la caracterització d'adobs orgànics, ja que afecta la nutrició nitrogenada del conreu. Aquesta relació hauria d'oscil·lar entre 8 i 12, per evitar el bloqueig del N assimilable del sòl o desnitrificacions, efectes produïts respectivament a relacions C/N altes o baixes. S'observen uns valors excessivament baixos en el conjunt de fangs aerobis, mentre que els anaerobis tenen valors lleugerament alts, respecte als valors considerats òptims. Per tant, la seva aplicació com a adobs requerirà certes precaucions per evitar efectes indesitjables sobre els conreus.

La riquesa en *fosfor* d'un adob s'expressa agronòmicament com el percentatge en P_2O_5 , bé sigui soluble en aigua, soluble en citrat amònic o bé el total (soluble en àcids forts). Les dues primeres fraccions són les formes més fàcilment assimilables pels conreus. Aquests conceptes que s'apliquen als adobs minerals no tenen el mateix significat en els organominerals com els fangs; encara que una fracció important de fòsfor és soluble en citrat, la major part es troba en forma orgànica i la seva assimilabilitat dependrà de la seva evolució (mineralització).

TAULA 1. VARIACIÓ DE LA COMPOSICIÓ QUÍMICA DEL FANG DURANT LA DIGESTIÓ

(Font: Burd, R.A., 1968. A STUDY OF SLUDGE HANDLING AND DISPOSAL).

	N %	C %	C/N	P %	cendres %
Fang no digerit	2,83	40,32	15,35	1,00	33,75
Fang digerit	3,31	28,61	10,40	1,34	44,90

TAULA 2. DEPURADORES D'AIGÜES RESIDUALS MUNICIPALS ESTUDIADES I EL SEU TRACTAMENT

MUNICIPI	Referència	Efluent	Estabilització	Condicionament	Assecat
Begur	Be	mixt	aeròbic	–	eres
Blanes	Bl	mixt	aeròbic	CaO-FeCl ₃	filtració
Colera	Co	domèstic	aeròbic	–	eres
L'Estartit	Es	mixt	aeròbic	–	eres
Llança	Ll	mixt	aeròbic	–	eres
Mallorca (Sant Jordi)	Ma	mixt	aeròbic	–	eres
Múrcia (Rincón de Beniscornia)	Mu	mixt	anaeròbic	–	eres
Olot	Ol	mixt	aeròbic	–	eres
Oviedo	Ov	mixt	anaeròbic	CaO-FeCl ₃	filtració
Palència	Pa	mixt	anaeròbic	–	eres
Portbou	Pb	domèstic	aeròbic	–	eres
Port de la Selva	Ps	mixt	aeròbic	–	eres
Roses	Ro	mixt	aeròbic	–	eres
Torras Hostench (Girona, paperera)	Th	industrial	–	polielectròlits	–
Vilafranca del Penedès	Vi	mixt	aeròbic	polielectròlits	filtració

La riquesa en *potassi* d'un adob s'expressa com el percentatge en K_2O . Els continguts totals de K₂O en els fangs estudiats són baixos, comparant-los amb els continguts dels altres dos macroelements essencials. Això és degut a la gran solubilitat de les sals potàssiques i, per tant, a la seva eliminació amb els efluent.

Els fangs contenen diversos elements que actuen com a *nutrients secundaris* dels vegetals (Ca, Mg i Na). S'observa un lògic augment del Ca en el fang que han rebut condicionament químic (Blanes i Oviedo). Les diferències trobades en els continguts dels altres fangs poden atribuir-se al tipus d'aigua de cada població.

La quantitat de sodi és petita en tots els

fangs, exceptuant Roses, on hi havia filtracions d'aigua de mar.

És interessant considerar també certes *característiques físico-químiques* que podrien afectar negativament el sòl i els conreus: – el pH del fang a la majoria dels casos oscil·la al voltant de la neutralitat, però en els fangs de condicionament amb CaO-FeCl₃ arriba a tenir valors molt bàsics.

– la conductivitat és alta en els fangs obtinguts per condicionament químic i en aquells casos que hi ha entrada d'aigua de mar a la depuradora (Roses).

L'ús continuat i les dosis excessives de fang amb pH o conductivitats anormals poden ser causa d'efectes perjudicials per

TAULA 3. CONTINGUTS EN MATÈRIA ORGÀNICA, NITROGEN, FÒSFOR I POTASSI

FANG	Matèria org. total %	Grau descomp.	N total %	N hidrolitz. %	C/N	P ₂ O ₅ total %	P ₂ O ₅ sol. %	K ₂ O total %
Be	62,24	28	5,35	4,63	5,0	4,29	0,78	0,37
Bl	34,38	25	2,21	1,85	7,6	2,11	0,50	0,09
Co	53,74	35	4,21	3,57	6,0	1,90	0,65	0,34
Es	50,52	37	3,54	2,70	6,6	3,86	0,67	0,30
Ll	47,32	48	3,72	3,14	6,4	1,83	0,37	0,23
Ma	66,45	31	6,00	5,22	5,0	6,32	0,67	0,39
Mu	50,43	42	3,46	2,57	7,4	3,49	0,64	0,18
Ol	47,24	36	3,76	2,83	7,4	2,44	0,49	0,18
Ov	24,37	48	1,14	0,73	12,8	1,77	0,48	0,08
Pa	26,45	60	1,07	0,64	15,0	1,38	0,59	1,10
Pb	55,56	45	4,39	4,10	6,2	3,85	0,64	0,43
Ps	56,41	36	4,35	3,31	10,4	3,02	0,55	0,29
Ro	54,71	37	4,35	3,47	6,0	3,67	0,77	0,34
Th	32,48	37	0,44	0,44	14,0	0,13	0,05	0,05
Vi	65,02	26	5,20	—	6,0	1,25	—	0,20

TAULA 4. CARACTERÍSTIQUES FÍSICO-QUÍMIQUES I CONTINGUTS TOTALS EN NUTRIENTS SECUNDARIS

FANG	pH	conductivitat mm hos/cm	Ca total %	Mg total %	Na total %
Be	6,6	3,0	4,67	0,41	0,29
Bl	9,6	7,0	18,91	0,34	0,20
Co	6,8	2,0	3,10	0,42	0,11
Es	7,1	4,4	9,24	0,46	0,46
Ll	6,8	2,4	6,58	0,30	0,18
Ma	6,7	4,6	5,94	1,06	0,29
Mu	7,2	4,2	8,55	0,82	0,20
Ol	6,7	2,4	11,51	0,34	0,14
Ov	11,4	7,5	20,12	0,40	0,19
Pa	7,6	0,8	6,07	0,22	0,09
Pb	6,5	2,7	4,56	0,40	0,13
Ps	6,5	2,8	4,72	0,36	0,18
Ro	6,7	11,2	3,75	0,54	1,01
Th	8,0	1,2	5,27	0,10	0,14
Vi	7,3	1,8	3,51	0,26	0,45

TAULA 5. CONTINGUT EN MICROELEMENTS I CONCENTRACIÓ MÀXIMA ACCEPTABLE EN FANGS MUNICIPALS

FANG	Cd ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Mn ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm
Be	3	37	214	0,34	172	39	285	859
Bl	3	36	56	3,36	316	40	126	613
Co	4	35	148	0,89	171	39	233	1.289
Es	4	35	123	0,97	1.307	37	177	816
Ll	3	87	236	0,45	101	58	183	922
Ma	5	15	234	0,18	22	23	299	1.409
Mu	5	51	131	0,70	94	31	232	1.750
Ol	7	1925	109	0,90	158	103	202	1.481
Ov	3	15	61	0,49	206	28	195	548
Pa	4	25	1.954	0,51	71	76	284	475
Pb	4	47	146	0,47	210	44	253	1.215
Ps	5	55	163	0,42	66	39	243	1.127
Ro	4	30	122	0,54	98	23	225	1.231
Th	< 1	12	11	0,17	65	16	63	64
Vi	—	30	165	0,53	70	—	180	530
Concentració màxima acceptable	20	1 000	1 000	4	500	200	1 000	3 000

als conreus i a llarg termini poden produir alteracions estructurals del sòl.

POTENCIAL CONTAMINANT

Com a conseqüència de la fertilització d'un sòl amb fangs residuals es poden

provocar efectes negatius si no es fa d'una forma controlada; aquests efectes serien: la contaminació del sòl, de les aigües subterrànies, dels conreus i, finalment, una possible incidència sobre la cadena tròfica. Els elements contaminants que poden trobar-se en els fangs residuals són els metalls pesants, els resi-

Mapa de les depuradores d'aigües residuals en funcionament actualment a Catalunya



desembre 1982 / Volum 2 / 719 23

dues orgànics tòxics i els microorganismes patògens.

Els *metalls pesants* (Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Se, As, Al i V) a certs nivells poden ser tòxics per als conreus, i també alguns microelements essencials (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo) poden ser-ho si es troben en altes concentracions en el fang.

Encara que tots ells puguin ser assimilables per les plantes i entrar dins de la cadena alimentària, la incidència sobre ells disminuirà segons: les característiques físico-químiques del sòl, la solubilitat del metall, la immobilització per les arrels de les plantes així com la fitotoxicitat manifesta que poden provocar.

Hi ha nivells indicatius de microelements en fangs o paràmetres equivalents que limiten el seu ús com a fertilitzant; a la taula 5 s'indiquen els valors limitants aconsellats per certs països (EUA i Suïssa, etc.), encara que són més els països que tenen establerts només uns valors tolerables, així com les mitjanes dels resultats del contingut total de microelements.

S'observa:

- un lògic augment del contingut de Fe als fangs de precipitació química
- nivells en general no limitants, encara que en localitats molt determinades apareixen valors alts d'un element en concret, que poden atribuir-se a factors naturals o derivats de la industrialització. Per exemple: a Olot, alt nivell de Cr i Zn degut a l'abocament incontrolat de les aigües d'una indústria metal·lúrgica; a Palència, alt nivell de Cu i Ni motivat per l'aport de les aigües d'una indústria electroquímica i a l'Estartit, alt contingut en Mn atribuïble a la mateixa aigua.

El fang conté també petites quantitats de *residus orgànics tòxics* provinents de pesticides que inclouen des d'hidrocarburs senzills fins a hidrocarburs aromàtics polinucleats, essent la majoria d'ells clorats. Les principals raons per les quals es consideren potencialment tòxics aquests productes són les següents: són poc solubles en aigua, difícilment biodegradables, es transporten i s'acumulen dins la cadena alimentària a causa de la seva afinitat pels lípids i alguns d'ells són mutàgens.

TAULA 6. COMPARACIÓ ECONÒMICA DEL CONTINGUT EN FERTILITZANTS DELS ADOBS ORGÀNICS

	Matèria orgànica				Valor fertilitzant			Preu comercial		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		en pessetes/100 kg			aproximat pessetes/100 kg		
Preus unitaris comparatius (ptes/kg)	2,0	75,8	68,9	37,4						
Es pren com a base	fems	urea	superfosfat	sulfat potàssic						
	% ptes	% ptes	% ptes	% ptes						
PRODUCTES NATURALS										
Compost	44	88	1,2	91	0,9	62	0,5	19	260	200
Torbes	80	160	1,0	76	-	-	-	-	236	4.000
Fems	70	140	3,4	258	3,2	220	3,4	127	745	200
PRODUCTES COMERCIALS										
Iberhumus	45	90	1,0	76	-	-	-	-	166	-
Guanhumus	65	130	2,6	197	3,5	241	1,2	45	613	1.300
Vigor-humus	45	90	8,0	606	5,0	344	1,0	374	1.414	1.950
Gallifertil	60	120	4,0	303	3,5	241	2,5	93	757	-
FANGS RESIDUALS										
	49	98	3,6	273	2,8	193	0,3	11	575	-

24 (720/Volum 2/desembre 1982

Es recomana que els bifenils policlorats, considerats altament tòxics, no es trobin en una concentració superior a 10 ppm en el fang que es pretén aplicar al camp. La càrrega de *contaminació biològica* que porten els fangs és un factor que cal tenir molt en compte, ja que la seva utilització agrícola suposa un contacte més o menys directe amb les persones i les plantes consumibles.

Els principals microorganismes que poden tenir una incidència epidemiològica són: bacteris (*Salmonella*, *E. Coli* i *Mycobacterium*), virus, protozous i paràsits intestinals (*Ascaris*, *Trichuris*), la majoria d'origen fecal. Tot i que el procés de depuració comporta una reducció quantitativa important d'aquests patògens, s'ha pogut comprovar que la qualitat sanitària dependrà, sobretot, del grau d'humitat del fang al moment de fer-lo servir, del temps que hagi estat exposat a les radiacions solars i dels possibles tractaments de precipitació o d'estabilització que hagi sofert. La supervivència dels organismes patògens al sòl és molt variable però difícilment supera els sis mesos. El problema pot sorgir, però, quan aquests microorganismes van a parar als aqüífers, tot i que el sòl actua com a filtre i la radiació solar com a germicida; o bé quan es queden sobre les plantes directament consumibles per persones o animals.

NORMES GENERALS D'APLICACIÓ AL SÒL

A títol d'exemple, s'analitzen i exposen breument les tendències més generalitzades:

- L'aport de fang és funció del seu contingut en metalls pesants contaminants, de manera que aquesta quantitat no superi el contingut de metalls que s'afegiria mitjançant una fertilització amb fem
- l'aport de fang és funció no tan sols d'un coneixement previ de la seva composició, sinó també del sòl i del tipus de conreu.
- En el darrer cas, la quantitat de fang aplicada es basa en les necessitats de substàncies nitrogenades del conreu i en el contingut en metalls del fang. Si aquest

és baix es pot emprar el fang com a fertilitzant nitrogenat, però si el contingut en certs element és alt, tan sols pot utilitzar-se com a suplement nitrogenat. Cal considerar, doncs, dos valors: un valor mínim fertilitzant segons les necessitats de substàncies nitrogenades del conreu (25-50 Tm fang/ha) i un valor màxim o limitant determinat pel contingut en metalls pesants del fang.

Els altres nutrients, si són deficitaris, s'aporten en forma d'adobs minerals; aport gairebé sempre necessari en el cas del potassi. Al contrari, el fòsfor generalment és present en quantitat suficient per a les necessitats de qualsevol conreu.

A més, cal tenir en compte uns criteris generals de l'emplaçament fisiogràfic i del mateix sòl; de tal manera que l'aport de fang residual no sigui causa de contaminació del medi ambient.

Un *emplaçament ideal* per a la utilització del fang hauria de complir les següents característiques:

- Quant a la posició fisiogràfica:
- El pendent hauria de ser inferior al 4% i pendents superiors només serien acceptables quan l'objectiu fos reduir l'erosió però no més del 6%, ja que poden haver-hi pèrdues per escorrentia
- La xarxa de drenatge hauria de ser centripeta
- Respecte al sòl i al material original:
- Alta capacitat d'infiltració superficial i moderada permeabilitat sub-superficial
- Bones condicions de drenatge per assegurar condicions oxidants al llarg de tot l'any
- Moderat grau de retenció d'aigua
- Materials de textura mitjana o fina
- pH entre 6,5 i 8,2, per evitar solubilitzacions excessives de metalls
- Alta capacitat d'intercanvi catiónic del sòl

- Capa freàtica fonda
- Que la fondària del sòl tingui com a mínim un metre i que en aquest espai no apareguin capes de materials impermeables.

Totes aquestes mesures són aconsellables però no restrictives.

Cal també remarcar que el contingut en microorganismes patògens dels fangs és elevat, però s'ha observat que el nombre d'aquests disminueix considerablement quan el fang és assecat en eres. Per tant, no s'hauria d'emprar aquest en forma líquida sobre els conreus a consumir en cru (hortalisses) i en els prats on han de pasturar els animals, cal esperar un mes entre l'aplicació i el pasturatge.

Així, per fertilitzar un sòl amb fang residual municipal cal fixar les dosis d'aplicació en funció dels conceptes abans considerats i controlar-ne periòdicament, sobretot al començament, les propietats físico-químiques i biològiques.

Es difícil, si no impossible, donar unes normes concretes d'aplicació per al nostre país, ja que com s'ha vist és necessari estudiar cada cas en particular i són diversos els factors que hi incideixen: fang, sòl, conreu, condicions climàtiques, entre d'altres; però sí que es pot afirmar que, d'entre els fangs estudiats, llevat del d'Olot i l'Estartit cap altre no té concentracions altes de metalls pesants i per tant no és d'esperar que causin problemes.

VALOR

AGROECONÒMIC DELS FANGS

Prenent com a punt de partida el nombre d'habitants aproximat, 250.000 (s'exclou Barcelona per l'elevada contaminació), que aboquen les aigües residuals a depuradores de les quals s'ha tingut informació i segons l'estimació que cada habitant elimina per dia un equivalent a 75 g de

TAULA 7. EXIGÈNCIA ENERGÈTICA EN LA FABRICACIÓ D'ADOBES MINERALS

(font: P.P.I. Atlanta, EUA, 1979, Int. Fert. Corresp. XX (4))

Unitats de fertilitzant kg	Megacalories d'energia fòssil per produir 1 kg d'element fertilitzant	kg de petroli tipus Aràbia pesant
N	13 - 20	1,20 - 1,85
P ₂ O ₅	3,5 - 4	0,32 - 0,37
K ₂ O	1,3 - 2,5	0,12 - 0,23

TAULA 8. ESTALVI QUE DONARIA LA UTILITZACIÓ DELS FANGS RESIDUALS COM A ADOBS

	Tones de fang any	Tones de M.O. any	Ptes. a què corresponen segons Taula 6	kg de petroli estalviats segons Taula 7
DEPURADORES ACTUALS	6.750	3.308	19.021.000	509.895
DEPURADORES EN CAS HIPOTÈTIC	162.000	79.380	456.435.000	12.237.480

fang sec, ens trobaríem al cap de l'any amb 6.750 tones de fang. En l'hipotètic cas que les aigües residuals de tota la població de Catalunya (6 milions d'habitants) fossin depurades, equivaldria a 162.000 tones per any.

A la taula 6 es presenta un resum del contingut en matèria orgànica i macro-nutrient d'alguns dels adobs orgànics emprats correntment i dels fangs de depuradores (mitjana de les nostres dades), calculant per a cada cas el seu valor econòmic com a fertilitzant. Per als preus actuals comercials s'ha fet una estimació aproximada tenint en compte els augments dels darrers anys. Es pot observar que en el cas de productes comercials, es paga molt més del seu valor real i que menystenir la utilització dels fangs és malmetre una gran quantitat de substàncies aprofitables (les que contenen) i d'energia (la necessària per produir els adobs comercials). Això està representat en la taula 7.

Així, segons els càlculs de les quantitats que es produeixen actualment i les que es podrien obtenir en el cas més extrem (depurant totes les aigües), es pot aconseguir un estalvi com l'indicat a la taula 8. Una vegada vista la quantitat aproximada de fangs que es produeixen i els que es poden produir al nostre país, el seu valor fertilitzant i el que costarien valorant-los pels seus continguts en macroelements i M.O., passem a veure si la quantitat de sòls cultivables a Catalunya i la seva necessitat de M.O. pot justificar el possible ús d'aquests fangs.

La superfície cultivable a Catalunya, segons dades de la Diputació de Barcelona de l'any 1977 sobre "La gestión de los residuos sólidos urbanos en la provincia de Barcelona", és de 1.209 milers de ha. La descomposició de la M.O. humificada d'aquesta superfície es pot xifrar aproximadament en 1.088 milers de tones per any.

Es dona aquí molta importància a l'aportació de M.O. i a la seva deficiència en els nostres sòls: això és perquè quan s'aporta un adob orgànic al sòl, s'hi in-

trodueix una certa quantitat d'elements minerals, al mateix temps que té una funció milloradora de les propietats físiques, que cal remarcar. Així, la M.O. transformada (substàncies húmiques) afavoreix, dins les transformacions químiques i biològiques que tenen lloc contínuament en el sòl, la formació d'agregats que milloren l'estructura (facilitat d'aïreació i drenatge, augment de la capacitat de retenció d'aigua i de la temperatura del sòl) i complexos organominerals que juguen un paper molt important en la nutrició (augmenten la retenció de cations).

En l'explotació agrària tradicional de Catalunya, els fems han estat en un lloc preferent dins de l'aprofitament òptim dels recursos de què disposa la petita empresa agrícola; però en aquests moments en què cal intensificar al màxim els conreus, la producció de fems no és suficient i a més a més no sempre es produeixen al lloc on es necessiten. Així, la província de Barcelona és la capdavantera en la producció de fems, amb un 41% del total, seguida de Girona i Lleida, amb un 25%, mentre Tarragona queda al darrera de tot per la seva poca producció ramadera i amb un elevat déficit de M.O. En intentar fer un balanç total de M.O. als nostres sòls, s'ha de considerar que el consum aproximat d'adobs orgànics és de 222.500 tones (expressat en M.O., un 40% de la qual s'humifica) i que unes 645.000 tones de M.O. (un 15% de la qual s'humifica) es reposen per aportacions degudes als mateix conreus. Si les necessitats teòriques les xifràvem en 1.088 milers de tones de M.O. humificada, el déficit teòric s'apropa als 902 milers de tones anuals.

De tot això es pot concloure que: Com que tothom està d'acord que és necessari protegir el medi ambient i millorar la qualitat de vida, cal depurar les aigües residuals i eliminar el residu que es produeix. La millor manera d'eliminar-lo és aprofitar-lo racionalment com a adob perquè a la vegada que significa un estalvi important, ajuda a reduir en una

petita part el déficit de matèria orgànica dels sòls. Com que això suposaria tan sols un 7% en el cas hipotètic esmentat en la taula 8 (suposant un 45% d'humificació), és obligat fer un balanç de tots els residus orgànics que es produeixen i buscar la forma més adequada per rendibilitzar-los.

(M. Soliva, M.T. Felipó, M.A. Garau i J. Saña)

Nota

Voldriem agrair a Dolors Pascal, Angel de la Riva i Dolors Torrentó la seva aportació d'algunes dades analítiques.

Materials de lectura

Application of sludges and wastewaters on agricultural land: A planning and educational guide. Ohio Res. "Bulletin 1090". Ed. B.D. Knezed i al. Ohio agricultural research and development center. 1976.
M.T. Felipó i al.: *Posibilidades de aprovechamiento de lodos de depuradoras de aguas residuales como enmienda y fertilizante de suelos.* Ponència presentada a la Conferència Intermunicipal contra la Pol·lució de la Mediterrània. Barcelona, 1981.

M.A. Gamrasni: *Utilisation agricole des boues d'origine urbaine.* Paris. A.F.E.E. 1979.

R.C. Loehr: *Land application of wastes.* (Vol. I i II). Nova York. Ed. Van Nostrand Reinhold Ltd. 1979.

J. Saña i al.: *Composició química i propietats físiques de fangs residuals i la seva aplicació agrícola.* An. Sec. Ciències. Col·legi Univ. Girona III (3), 1978.

J. Saña i al.: *Organic composition of municipal sewage sludges.* Int. Symp. Humus et Planta. VII. Txecoslovàquia, 1979.

J. Saña i al.: *Los fangos de depuradora y su uso como fertilizante.* Ponència presentada a la VII Convenció de la Indústria Química. Sevilla, 1980.

A. de la Riva i al.: *Comparación de técnicas analíticas de determinación del grado de humificación en un tipo de residuo orgánico (fangos de depuradora) usado como abono.* Treball final de carrera de l'EUTA. Barcelona, 1980.

Soils for management of organic wastes and wastewaters. Madison. Ed. L.F. Elliot. SSSA, ASA, CSSA. 1977.