

# DETERMINACIÓ DEL CONTINGUT DE METALLS PESANTS EN FANGS RESIDUALS PER A PODER ÉSSER APLICATS AL SÒL

per

M. D. PASCAL, M. T. FELIPÓ, J. CARDÚS

Departament d'Edafologia. Facultat de Farmàcia  
Universitat de Barcelona

## RESUM

Hom anomena fangs residuals el subproducte de la depuració d'aigües. Són materials molt heterogenis que, per llur riquesa en matèria orgànica, nitrogen, fòsfor i altres nutrients, poden ésser emprats com a fertilitzants i condicionadors de sòls; però aquesta aplicació resta limitada per llur contingut en metalls pesants, el qual pot ésser variable principalment en funció de l'origen de l'aigua.

En aquest treball hom ha estudiat, al llarg d'un any, la concentració en diferents metalls, de fangs procedents de catorze depuradores, la majoria de Catalunya, i n'han estat preses mostres cada dos mesos; ha estat posat de manifest que són materials molt heterogenis respecte a llur contingut en metalls pesants, i que la majoria de fangs estudiats podrien ésser reutilitzats a través del sòl per la baixa concentració que presenten en metalls pesants.

## *Introducció*

Com a conseqüència de l'actual crisi energètica i el cost que suposa l'obtenció de fertilitzants de síntesi, és lògic de pensar en l'aprofitament de residus orgànics per a aplicar al sòl com a adob i esmena.

Ens referirem concretament als fangs que resulten de la depuració d'aigües residuals.

Aquests subproductes són formats per una gran varietat de materials, generalment en forma de suspensió. La seva composició varia d'una depuradora a l'altra, i depèn més de l'origen de l'aigua residual que del procés de depuració emprat. Generalment són rics en matèria orgànica (al voltant del 50 % sobre pes sec), nitrogen i fòsfor. Per tal de poder utilitzar-los a través del sòl com a fertilitzants, s'ha de fer de forma controlada i tenint en compte no solament l'acció directa sobre el sòl, sinó també la incidència sobre els conreus, la cadena alimentària i el medi.

A Catalunya s'estima que la producció actual de fangs residuals és approxi-

madament de 7.000 tm/any, però, si es depuraven totes les aigües, aquesta quantitat seria de 162 tm/any (SOLIVA i col·lab., 1982).

L'eliminació de fangs, com la de qualsevol residu, és per a la societat un problema tant econòmic com sanitari. Actualment, a Catalunya hom els tira al mar, en abocadors d'escombraries (en alguns casos són cremats posteriorment) o també són utilitzats com a adob però sense cap mena de control.

La fertilització amb fangs pot afavorir als conreus i assegurar-los una nutrició adequada com a conseqüència de l'aportació d'elements nutritius i dels efectes que produeixen sobre el mateix sòl: afavoreixen la seva estructuració i la formació d'humus i de complexos húmico-argilosos, i augmenten l'activitat microbiana, el poder de retenció d'ions i la capacitat de retenció hídrica (EPSTEIN, 1973; EPSTEIN i col·lab., 1976; GUPTA i col·lab., 1977; KHALEEL i col·lab., 1981; TOUCHTON i col·lab., 1975 i 1976; BECK i col·lab., 1979; etc.).

Cal tenir en compte, però, respecte a la presència de metalls pesants (Taula 1), que si alguns són essencials per a la nutrició de les plantes, a determinades con-

Taula 1  
EFECTES DELS METALLS PESANTS EN LA NUTRICIÓ VEGETAL  
I ANIMAL SEGONS LOHER (1979)

Element	Comentari	Essencial		Tòxic	
		Planta	Animal	Planta	Animal
Al	—	no	no	pH 5,5	—
As	Fitotòxic abans de toxicitat animals	no	no	sí	sí
B	—	sí	no	sí	—
Cd	Interacció amb Zn i Se	no	no	sí	sí
Co	Part de la vit. B <sub>12</sub>	—	sí	—	—
Cr	Activa la insulina	no	sí	—	—
Cu	Tòxic per a ovins sí el Mo < 0,1 ppm	sí	sí	sí	10-20 ppm *
F	—	no	sí	sí	sí
Fe	Freqüent deficiència en animals	sí	sí	pH < 5	—
Hg	Acumulació en medi aquàtic	no	no	—	sí
Mn	Tòxic en sòls àcids	sí	sí	pH < 5	—
Mo	Indueix deficiència de Cu	sí	sí	—	5-20 ppm *
Ni	—	no	pot ésser-ho	sí	possible
Pb	—	no	no	—	sí
Se	Pot ésser deficient o tòxic	no	sí	—	4 ppm *
Zn	Carència en certes dietes d'USA	sí	pot ésser-ho	sí	—

\* Concentració en el vegetal tòxica per a animals.

centracions poden ésser fitotòxics o bé acumular-se en els vegetals i així entrar en la cadena tròfica o contaminar les aigües subterrànies.

Malgrat que l'aplicació de fangs al sòl es faci ja en molts països, fins ara no hi ha unes normes d'aplicació unificades. Fins i tot en molts Estats d'USA tenen la seva normativa particular. En general es fa en funció de les necessitats nitrogenades del conreu, i el contingut en metalls pesants és el factor limitant que més sovint hom considera. A la Taula 2, hom indica la concentració màxima de metalls pesants en fangs, acceptada per diversos països (HUCKER, 1981).

Taula 2  
CONCENTRACIÓ (ppm) DE METALLS PESANTS EN FANGS RESIDUALS  
ACCEPTADA PER DIVERSOS PAÏSOS (HUCKER, 1981)

	Alemanya	Dinamarca	Finlàndia	França	Holanda	Noruega	Suècia	Suïssa
As	—	—	—	—	10	—	—	—
Cd	30	30	30	15	10	15	15	30
Co	—	—	100	20	—	—	50	100
Cr	1.200	500	1.000	200	500	—	1.000	1.000
Cu	1.200	700	3.000	1.500	600	—	3.000	1.000
Hg	25	—	25	8	10	7	8	10
Mn	—	—	3.000	500	—	—	—	—
Mo	—	—	—	—	—	—	—	20
Ni	200	—	500	—	100	—	500	200
Pb	1.200	1.200	1.200	300	500	300	300	1.000
Zn	3.000	6.000	5.000	3.000	2.000	—	10.000	3.000

### Material i mètodes

Hom estudià durant un any, prenent mostres cada dos mesos, el contingut de metalls pesants presents en fangs de catorze depuradores, la majoria situades a la Costa Brava. En la taula 3, és indicada la localització i les característiques de les depuradores estudiades. En les mateixes mostres foren determinats demés altres paràmetres, els quals es poden trobar comentats en altres treballs (SOLIVA i col·laboradors, 1982; GARAU, M. A., 1983; PASCAL, M. D., 1984; SAÑA, J., 1985; FELIPÓ i col·lab., 1985).

El contingut total de metalls fou determinat per espectrofotometria d'absorció atòmica, prèvia calcinació de les mostres a 450° durant 2 h. i dissolució de les cendres en HCl2N.

Taula 3  
 CARACTERÍSTIQUES DE LES ESTACIONS DEPURADORES

Referència	Municipi	Efluent	Estabilització	Condicionament	Assecatge
BE	Begur	Mixt *	Aeròbica	—	Eres
BL	Blanes	Mixt	Aeròbica	CaO-FeCl <sub>3</sub>	Filtració
Co	Colera	Domèstic	Aeròbica	—	Eres
ES	Estartit	Mixt	Aeròbica	—	Eres
LL	Llança	Mixt	Aeròbica	—	Eres
MA	Mallorca (S. Jordi)	Mixt	Aeròbica	—	Eres
MU	Múrcia (Rincón de Beniscornia)	Mixt	Anaeròbica	—	Eres
OL	Olot	Mixt	Aeròbica	—	Eres
OV	Oviédo	Mixt	Anaeròbica	CaO-FeCl <sub>3</sub>	Filtració
PA	Palència	Mixt	Anaeròbica	—	Eres
PB	Portbou	Domèstic	Aeròbica	—	Eres
PS	Port de la Selva	Mixt	Aeròbica	—	Eres
RO	Roses	Mixt	Aeròbica	—	Eres
Th	(Torras Hostench)	Ind. paper.	—	Polielectròl.	—

\* Origen domèstic i industrial.

*Resultats i discussió*

Dels resultats obtinguts, hom observa primerament que, per a una mateixa depuradora, els valors màxims i mínims del contingut de cada metall no corresponen a una determinada època de l'any.

Foren calculats els valors màxims, mínims i la mitjana de cada metall estudiat i per a cadascuna de les depuradores. Després hom en calculà la mitjana global i els coeficients de variació que s'indiquen en la Taula 4, i hom observà que les mitjanes globals són inferiors o en algun cas iguals a les obtingudes per

Taula 4  
MITJANES DELS DIFERENTS METALLS CONTINGUTS EN  
FANGS DE CATORZE DEPURADORES (N = 76)

	Mitjana (ppm)	Coef. variació (%)
Cd	4	28
Cr	162	301
Cu	258	183
Mn	208	150
Ni	42	54
Pb	212	29
Zn	955	47

fangs procedents de depuradores urbanes de: 93 localitats sueques (BERGGREN i col·lab., 1972), 57 de l'estat de Michigan (BLAKESLEE, 1973), 42 de britàniques (BERROW i col·lab., 1972), 300 corresponents a localitats del Canadà, Anglaterra i Suècia (PAGE, 1974) i 150 d'USA (SOMMERS, 1977).

Hom observà demés que els coeficients de variació són molt elevats i semblants als que citen altres autors per a fangs d'altres països. Es pot establir, però, que el Cd, Pb, Zn i Ni són els que mantenen una concentració més constant en totes les localitats, i en canvi el Cr, Cu i Mn són els de màxima variabilitat.

Això es podria justificar perquè:

— En el fang d'Olot hi havia una concentració molt alta de Cr perquè una indústria metallúrgica eliminava les aigües a la xarxa urbana.

— El de Palència estava molt concentrat en Cu perquè una indústria electroquímica també vessava les aigües a la xarxa urbana.

— En els fangs d'algunes localitats de la Costa Brava el contingut en Mn era elevat degut potser a causes geoquímiques.



Si les 76 mostres de fang analitzades són distribuïdes d'acord amb uns marges de concentració establerts (Taula 5), hom pot deduir el nombre de mostres que tenen una determinada concentració per a cada element estudiat. La distribució de mostres que obtenim és semblant a la que cita PAGE (1974).

Taula 5  
DISTRIBUCIÓ DE FANGS EN FUNCIÓ DE LA CONCENTRACIÓ  
EN METALLS (N = 76)

	Concentració màx. acceptada ppm. a)	Nombre de mostres de concentració (ppm) compresa entre:					
		< 1	1-10	10-100	100-1.000	1.000-10.000	> 10.000
Cd	30	6	<u>68</u> b)	2	0	0	0
Cr	1.000	5	4	<u>57</u>	5	<u>5</u> c)	0
Cu	1.000	0	5	18	<u>48</u>	<u>5</u>	0
Mn	—	2	1	25	<u>45</u>	3	0
Ni	200	1	3	<u>68</u>	4	<u>1</u>	0
Pb	1.000	0	1	9	<u>66</u>	0	0
Zn	3.000	0	0	5	<u>39</u>	32	<u>1</u>

a) Indica la concentració màxima acceptada per a fangs residuals municipals (Suïssa).

b) Els números subratllats indiquen la concentració de la majoria de les mostres.

c) Els números emmarcats indiquen el nombre de mostres que superen la concentració màxima acceptada.

En agrupar independentment (Taula 6) les mostres de fang obtingudes per tractament AERÒBIC (55 mostres), ANAERÒBIC (15 mostres) i les procedents

Taula 6  
MARGES DE CONCENTRACIÓ (ppm) DELS METALLS ESTUDIATS QUE  
TENEN LA MAJORIA DELS FANGS OBTINGUTS PER  
TRACTAMENT AERÒBIC, ANAERÒBIC I EL PRODUCTE D'UNA  
INDÚSTRIA PAPERERA (TH)

	Aeròbic	Anaeròbic	TH
Cd	1 - 4	1 - 4	< 1
Cr	10 - 100	10 - 50	10 - 50
Cu	100 - 300	10 - 100	1 - 10
Mn	100 - 500	10 - 100	10 - 100
Ni	10 - 50	10 - 50	10 - 20
Pb	100 - 400	100 - 200	10 - 100
Zn	100 - 1.300	100 - 1.000	10 - 100

d'una indústria paperera TH (6 mostres) i fer per a cada grup una distribució de freqüències com la que ha estat indicada abans, observem que la majoria de fangs obtinguts per tractament anaeròbic tenen una concentració més baixa en Cr, Cu, Mn i Pb que els aeròbics i que el de TH tractat amb polielectròlits té un contingut en qualsevol metall inferior al dels altres fangs estudiats.

Tanmateix a partir d'aquests resultats no es pot dir que el procés d'estabilització del fang condicioni el contingut de metalls. Per a això caldria sotmetre un mateix fang a ambdós processos i posteriorment analitzar els productes resultants, car el contingut de metalls d'un fang està molt directament relacionat amb l'origen de l'aigua residual.

A partir d'aquesta taula hom pot indicar demés que el 80 % de les mostres tenen una concentració (ppm) compresa entre els valors següents: Cd (1-4), Cr (10-100), Cu (100-300), Mn (100-500), Ni (10-50), Pb (100-400) i Zn (100-1300).

Les conclusions que es poden deduir d'aquest treball són les següents:

Els fangs procedents d'estacions depuradores d'aigües residuals, són materials molt heterogenis respecte a llur contingut en metalls pesants.

Hom observa variacions en el contingut de metalls tant en els fangs obtinguts en diferents èpoques per a una mateixa depuradora, com entre els procedents de diferents depuradores. Aquestes variacions s'evidencien en els coeficients de variació parcials i globals respectivament.

Gairebé la totalitat dels fangs estudiats poden ésser reutilitzats a través del sòl per llur baix contingut en metalls pesants. Tan sols un 1 % té una concentració massa alta en Ni i Zn, el 7 % en Cr i Cu i el 9 % en Mn. (PASCAL, 1984).

Finalment, és important de considerar que el contingut de metalls pesants d'un fang, varia molt més en funció de l'origen de l'aigua (domèstica, industrial o agrícola) i del tipus de conducció emprat, que no pas del procés de depuració que hom fa servir. A més, no tots els metalls presents en el fang i posteriorment en el sòl, estan en una forma assimilable o immediatament disponible per als conreus.

## BIBLIOGRAFIA

- BECK, Th. & SUB, A. (1979). The influence of sewage sludge on microbial activity in soil. *Zeitschrift für Pflanz.*
- BERGGREN, BJORN & SVANTE ODEN (1972). 1. Analysresultat Rorande. Fungmetaller och Klorerade Kolväten i Röttslam Fran Svenska Reningsverk 1968-1971. Institutionen für Markvetenskap Lantbrukshögskolan, 750 07 Uppsala, Sweden.
- BERROW, M. L. & WEBBER, J. (1972). Trace elements in sewage sludges. *J. Sci. Fd. Agric.* 23: 93-100.
- BLAKESLEE, P. A. (1973). Monitoring Considerations for Municipal Wastewater Effluent and Sludge Application to the Land. Dins Proc. Jt. Conf. Recycling Municipal Sludges and Effluents on Land, Washington, D.C.: Nat. Assoc. St. Uni. Land-Grant Coll., pp. 183-198.

- EPSTEIN, E. (1973). The physical processes in the soil as related to sewage sludge application. Recycling municipal sludges and effluents on land. Champaign, Illinois, 67-73.
- EPSTEIN, E.; TAYLOR, J. M., & CHANEY, R. L. (1976). Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some soil physical and chemical properties. *J. Env. Qual.* 5(4).
- FELIPÓ, M. T., GARAU, M. A., PASCAL, M. D. (1985). Several considerations for reutilization of sewage sludges on agricultural land: application rate calculations. *Flortecnica International*. Vol. IX, núm. 81, pp. 8-10.
- GARAU, M. A. (1983). Estudio de la mineralización en el suelo del nitrógeno de lodos procedentes de plantas depuradoras de aguas residuales. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- GUPTA, S. C.; DOWDY, R. H. & LARSON, W. E. (1977). Hydraulic and thermal properties of a sandy soil as influenced by incorporation of sewage sludge. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 41 (3).
- HUCKER, T. W. G. (1981). Activities of working party 5 «Environmental effects of sludge» Introductory remarks. Dins Proc. Second European Symp. in Characterization, treatment and use of sewage sludge. Viena, Oct. 1980.
- KHALEEL, R.; REDDY, K. R. & OVERCASH, M. R. (1981). Estimating the changes in soil physical properties due to organic waste applications: A review. *J. Environ. Qual.* 10.
- PAGE, A. L. (1974). Fate and effects of trace elements in sewage sludge when applied to agricultural lands. A literature review study. U.S. EPA-670/2-74-005.
- PASCAL, M. D. (1984). Reutilización a través del suelo de lodos procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales: elementos potencialmente tóxicos. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- SAÑA, J. (1985). La utilització dels fangs de depuradors d'aigües residuals urbanes com a adobs: caracterització de llur fracció orgànica. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona.
- SOLIVA, M.; FELIPÓ, M. T.; GARAU, M. R. & SAÑA, J. (1982). Per un aprofitament agronòmic dels fangs residuals a Catalunya, *Ciència*, núm. 22, pp. 20-25.
- SOMMERS, L. E. (1977). Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. *J. Environ. Qual.* 6, 225-232.
- TOUGHTON, J. T.; KING, L. D.; BELL, H. & MORRIS, H. D. (1976). Residual effect of liquid sewage sludge on coastal bermudagrass and soil chemical properties. *J. Environ. Qual.*, 5, 161-164.