

LA RECOMANACIÓ AGRONÒMICA COM A MÈTODE DE PRESERVACIÓ AMBIENTAL: EL CAS DELS FANGS DE DEPURADORES

J. Saña,¹ J. C. Moré¹ i T. Balanyà²

RESUM

Es presenten diversos casos reals i simulats dels efectes sobre el sòl dels fangs de depuradores d'aigües residuals municipals. Els exemples mostren que, en sòls calcaris i utilitzant fangs mitjanament contaminats en dosis calculades, sobre la base de criteris agronòmics, apareixen molt abans raons de tipus agronòmic que fan desaconsellable l'ús dels fangs (gairebé sempre per nivells excessius de P-Olsen), que no pas per limitacions de tipus mediambientals (normativa sobre acumulació de metalls pesants i de contaminacions orgànics).

Aquests fets suggereixen que la primera mesura de protecció dels sòls on s'utilitzi fangs, hauria de ser una correcta xarxa de recomanació d'adobat.

PARAULES CLAU: sòl, metalls pesants, fòsfor, contaminants orgànics.

RESUMEN

Se presentan diversos casos reales y simulados de los efectos sobre el suelo

1. TGA (Tècniques de Gestió Ambiental).
2. Escola Superior d'Agricultura. c/ Urgell, 187. 08036 Barcelona.

de los lodos de depuradora de aguas residuales municipales. Los ejemplos muestran que la utilización de lodos medianamente contaminados en suelos calcáreos y en dosis calculadas, sobre la base de criterios agronómicos, provoca mucho antes problemas de tipo agronómico que hacen desaconsejable el uso de lodos (generalmente por niveles excesivos de P-Olsen), que no limitaciones de tipo medioambiental (normativa sobre acumulación de metales pesados y de contaminantes orgánicos).

Estos hechos sugieren que la primera medida de protección de los suelos en los que se utilicen lodos, habría de ser una correcta red de recomendación de abonado.

PALABRAS CLAVE: suelo, metales pesados, fósforo, contaminantes orgánicos.

ABSTRACT

Several real and simulated cases of the effects of municipal sewage sludge land applications are presented. The examples show that the application of mid-polluted sludges in agronomic doses on calcareous soils provokes earlier agronomic (usually

due to excessive P levels) than environmental (contamination with heavy metals or organic pollutants) problems.

The facts mentioned above suggest that the first measure to protect the soils to which sewage sludge will be applied should be precise fertilisation advice.

KEY WORDS: soil, heavy metals, phosphorus, organic pollutants.

1. INTRODUCCIÓ

La reutilització agrícola dels fangs de depuradora és qüestionada sobretot per raons mediambientals. Per aquest motiu la normativa vigent (RD 1310/1990) incideix essencialment en el contingut en metalls pesants de sòls i fangs i en les quantitats màximes aportables per aquests últims (taules I, II, III). A Alemanya existeix també una normativa sobre els contaminants orgànics (PCBs, PCDDs, PCDFs, etc.) (taula IV, V) que probablement s'estengui en un futur a la resta de la Unió Europea.

Així mateix alguns països proposen

TAULA I. Normativa espanyola sobre l'ús dels fangs (RD/1310/1990). Valors límit de concentració de metalls pesants en els sòls, que han de rebre fangs

PARÀMETRE	VALOR LÍMIT (mg·kg ⁻¹ de sòl sec)	
	Sòls amb pH < 7	Sòls amb pH > 7
Cadmi	1	3
Coure	50	210
Níquel	30	112
Plom	50	300
Zinc	150	450
Mercuri	1	1,5
Crom	100	150

TAULA II. Normativa espanyola sobre l'ús dels fangs (RD/1310/1990). Valors límit de concentració de metalls pesants en els fangs destinats a agricultura

PARÀMETRE	VALOR LÍMIT (mg·kg ⁻¹ de sòl sec)	
	Sòls amb pH < 7	Sòls amb pH > 7
Cadmi	20	40
Coure	1.000	1.750
Níquel	300	400
Plom	750	1.200
Zinc	2.500	4.000
Mercuri	16	25
Crom	1.000	1.500

una sèrie de restriccions basades en les característiques agronòmiques i edafològiques dels sòls. A la taula VI recollim la col·lecció d'aquestes restriccions que creiem més adequades a la situació del nostre país, extretes majoritàriament del Soil Conservation Service-USDA (1983) i completades amb d'altres d'origens diversos (Canadà, Anglaterra, etc.). Cal assenyalar, així mateix, que la pràctica totalitat dels criteris escollits coincideixen amb els emprats per l'esmentat Soil Conservation Service, quan es tracta de la utilització de fangs i purins; criteris que es troben parcialment recollits pel Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya (Prats *et al.*, 1995).

Les normatives legals solen fer poques o nul·les referències a les característiques agronòmiques dels fangs. Així, el RD 1310/1990 exigeix, a més d'alguns metalls pesants, la matèria orgànica, el pH, el N i el P, i la posterior Orden 26/10/1993 que la complementa amplia els requisits analítics amb els paràmetres K₂O, CaO i MgO i, sorprenentment, amb el Fe i la relació C/N.

L'objecte d'aquest article és mos-

TAULA III. Normativa espanyola sobre l'ús dels fangs (RD/1310/1990). Valors límit per a les quantitats anuals de metalls pesants que es podran introduir en els sòls basant-se en una mitjana de deu anys

PARÀMETRE	VALOR LÍMIT (kg·ha ⁻¹ ·any ⁻¹)
Cadmi	0,15
Coure	12,00
Níquel	3,00
Plom	15,00
Zinc	30,00
Mercuri	0,10
Crom	3,00

trar, mitjançant exemples reals i simulacions, la necessitat de definir pautes agronòmiques per dosificar els fangs. Aquestes pautes, que haurien d'actuar complementant les normatives vigents sobre contaminants, resulten ser un excel·lent mètode de preservació de la qualitat mediambiental dels sòls.

2. MATERIAL I MÈTODES

Entre 1983 i 1987 es realitzà a Caldes de Montbui una experiència d'ado-

bat de raigràs amb fang de depuradora per estudiar tant els aspectes contaminants derivats d'aquest ús com per determinar la dosificació adequada partint del seu comportament com a adob nitrogenat (Saña *et al.*, 1990). Es tractava d'un sòl de textura francosorrenca, pH bàsic, no salí i amb un contingut de carbonats no elevat. El seu nivell de MO era correcte, i els continguts en P, K, Ca i Mg, encara que excessius, presentaven relacions nutricionals molt equilibrades. Les transformacions que patí el sòl com a conseqüència d'una de les dosis utilitzades es mostren a la taula VII.

Per tal de realitzar les simulacions s'han elegit tres fangs de característiques diferents i situats en zones agrícoles distintes. La seva composició actual queda recollida a la taula VIII. Les dosis suposadament aplicades s'han calculat de manera que el fang cobreixi com a mínim les necessitats nitrogenades de fons del conreu. A la taula IX es mostren les condicions de la simulació.

TAULA IV. Normativa alemanya sobre el contingut en contaminants orgànics dels fangs destinats a l'agricultura (15 abril 1992). Valors límit de concentració de contaminants orgànics en els fangs destinats a agricultura

CONTAMINANTS	VALORS LÍMIT
Bifenils policlorats (PCBs) (congèners 28, 52, 101, 138, 153, 180)	200 ng·g ⁻¹ fang sec
Policlorodibenzofurans (PCDFs) i Policlorodibenzo- p-dioxines (PCDDs) (els 17 isòmers tòxics)	100 pg I-TEQ ^a ·g ⁻¹ fang sec
Compostos orgànics halogenats (AOX)	0,5 mg·g ⁻¹ fang sec

a. I-TEG és l'expressió internacional de la quantitat de toxicitat associada a les PCDDs i als PCDFs. S'obté multiplicant la concentració de cada congènere pel seu I-TEF (Factor Internacional d'Equivalència Tòxica). La I-TEF és la toxicitat de cada congènere comparada amb el més tòxic de tots, el 2, 3, 7, 8TCOP, al qual es dona el valor 1 de referència.

TAULA V. Normativa alemanya sobre el contingut en contaminants orgànics dels fangs destinats a l'agricultura i els sòls que els reben (15 abril 1992). Valors límit de concentració de PCDDs i PCDFs en els sòls que han de rebre fangs. (Sense caràcter normatiu)

VALORS DE REFERÈNCIA	RESTRICCIÓ
< 5 pg I-TEQ·g ⁻¹ sòl	Cap restricció
5-40 pg I-TEQ·g ⁻¹ sòl	Es recomana controlar el possible pas de contaminants a la cadena alimentària
> 40 pg I-TEQ·g ⁻¹ sòl	No és recomanable aplicar fangs a aquests sòls

TAULA VI. Criteris complementaris per a l'avaluació de l'aptitud dels sòls per a rebre fangs

PROPIETAT	LIMITACIONS			CARÀCTER RESTRICTIU
	Dèbils	Moderades	Fortes	
Permeabilitat (cm/h) (0 a 50 cm)	5-15	1,5-5	< 1,5 > 15	Percolació lenta o massa ràpida
Profunditat fins al nivell freàtic (cm)	> 90	45-90	< 45	Humitat/Entollament
Pendent (%)	< 8	8-15	> 15	Pendent excessiu
Profunditat de la roca mare o d'una capa cimentada (cm)	> 100	50-100	< 50	Poca fondària útil
Relació d'adsorció de sodi (RAS) (0 a 50 cm)	—	—	> 12	Excés de sodi
Salinitat (dS/m de l'EPS) (0 a 50 cm)	< 4	4-8	> 8	Excés de sal
Inundació	Nul·la	Rara	Usual	Contaminació d'aigües
Fòsfor assimilable (mtde. Olsen)	< 40 ppm	40-60 ppm	> 60 ppm	Excés de fòsfor
Capacitat d'intercanvi catiònic (meq/100 g) (0 a 50 cm)	> 15	5-15	< 5	Baixa capacitat d'adsorció de cations
Capacitat de retenció d'aigua disponible (m ³ /ha) (0 a 50 cm)	> 500	250-500	< 250	Poca retenció d'aigua
Pedregositat (% fracció > 7,5 cm)	< 15	15-35	> 35	Pedregositat
pH (capa superficial)	> 6,5	4,5-6,5	< 4,5	Acidesa excessiva
Risc d'erosió de la capa superficial (k % pendent)	< 3	3-7	> 7	Erosió fàcil
Distància a masses d'aigua (rius o llacs)	> 150 m	—	≤ 150 m	Risc de contaminació d'aigües
Distància a pous de subministrament	> 300 m	—	≤ 300 m	Risc de contaminació d'aigües
Distància a nuclis habitats	Fang líquid > 300 m Fang sòlid > 100 m	—	Fang líquid ≤ 300 m Fang sòlid ≤ 100 m	Risc sanitari i molèsties durant l'aplicació

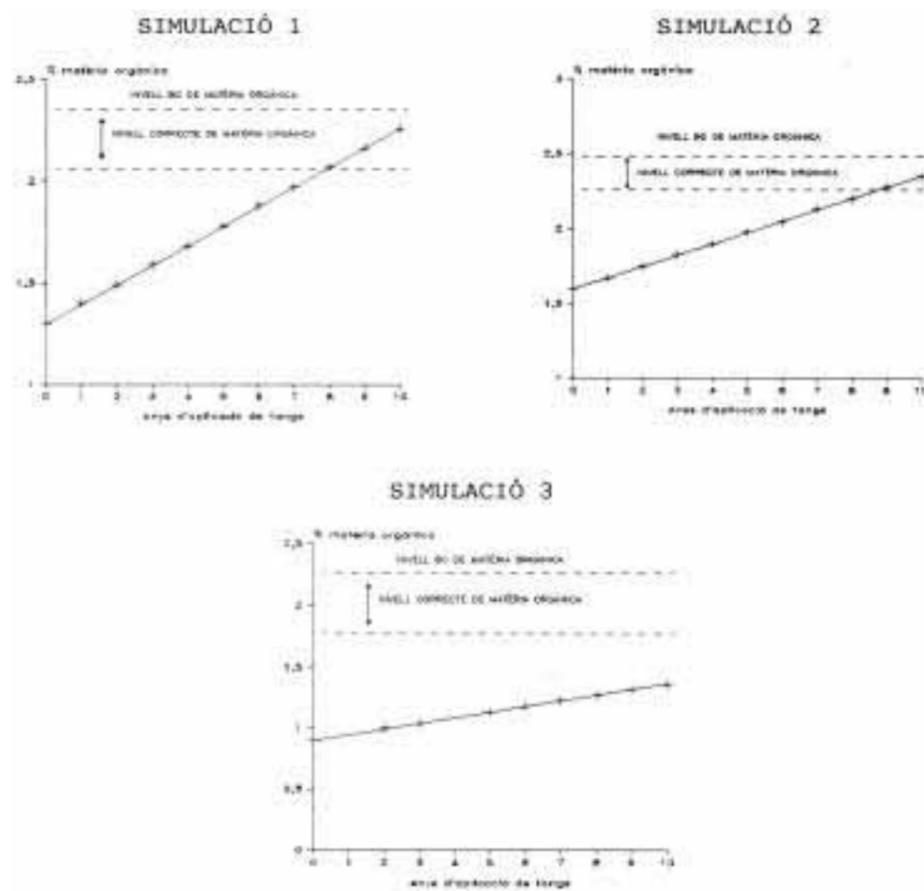
3. DISCUSSIÓ

3.1. Efectes agronòmics i contaminació per metalls pesants dels fangs

En el cas real, malgrat que les aportacions anuals mitjanes de metalls pesants s'acostaven i en algun cas superaven les màximes assenyalades per

la normativa (taules II i X), els nivells en el sòl al final de l'experiència eren encara molt lluny del límit legal (taules I i VII) (Lorente, 1993). S'ha simulat, també per aquest cas real, el nombre d'anys que podrien haver-se aplicat cada un dels fangs utilitzats fins a arribar al límit legal del metall limitant en cada cas, i se n'ha obtingut des d'un mínim de vint-i-sis anys a un mà-

FIG 1.



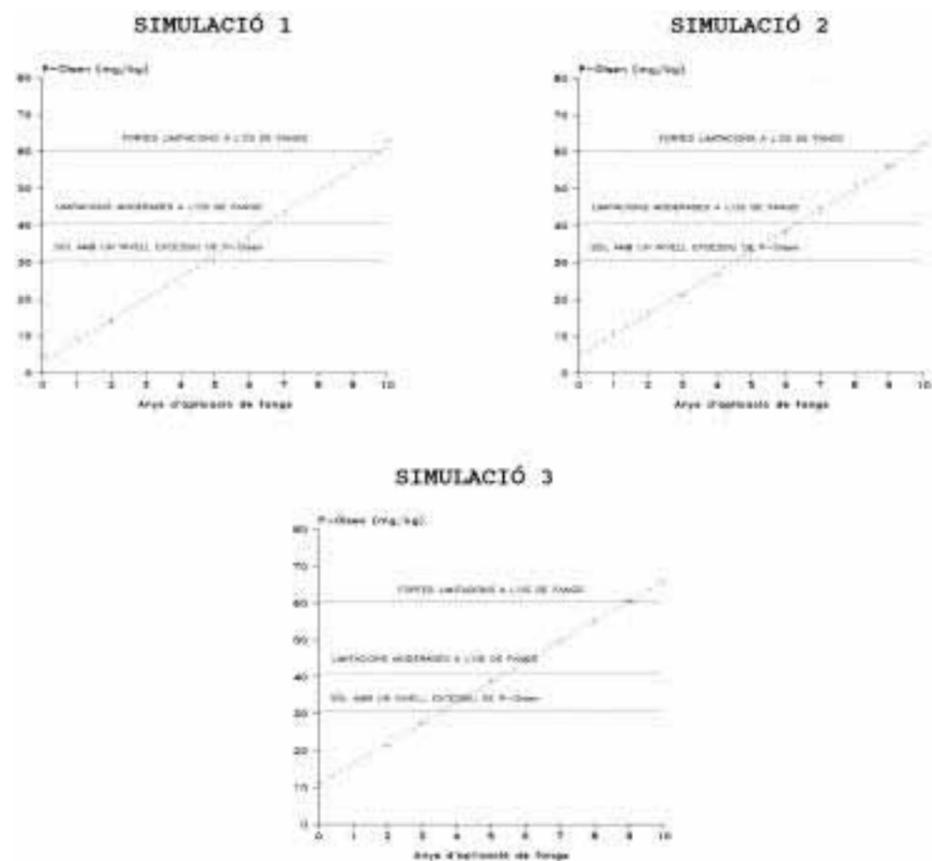
xim de setanta-sis anys de possible aplicació (taula XI).

Pel que fa als efectes agronòmics sobre sòl (taula VII), destaquen la gran davallada del potassi, fruit del baix contingut que presenten els fangs en aquest element, i les fortes extraccions del conreu, la qual cosa posa en evidència la necessitat d'aplicar un complement potàssic juntament amb el

fang. D'altra banda l'elevat nivell de P que s'assoleix, faria agronòmicament desaconsellable seguir emprant fang, o com a molt, podria continuar-se utilitzant, però en una dosi que no superés mai l'exportació del conreu.

També en els casos simulats la limitació d'aplicació de fangs per acumulació de metalls en el sòl apareix a molt llarg termini, amb un mínim d'anys d'a-

FIG 2.



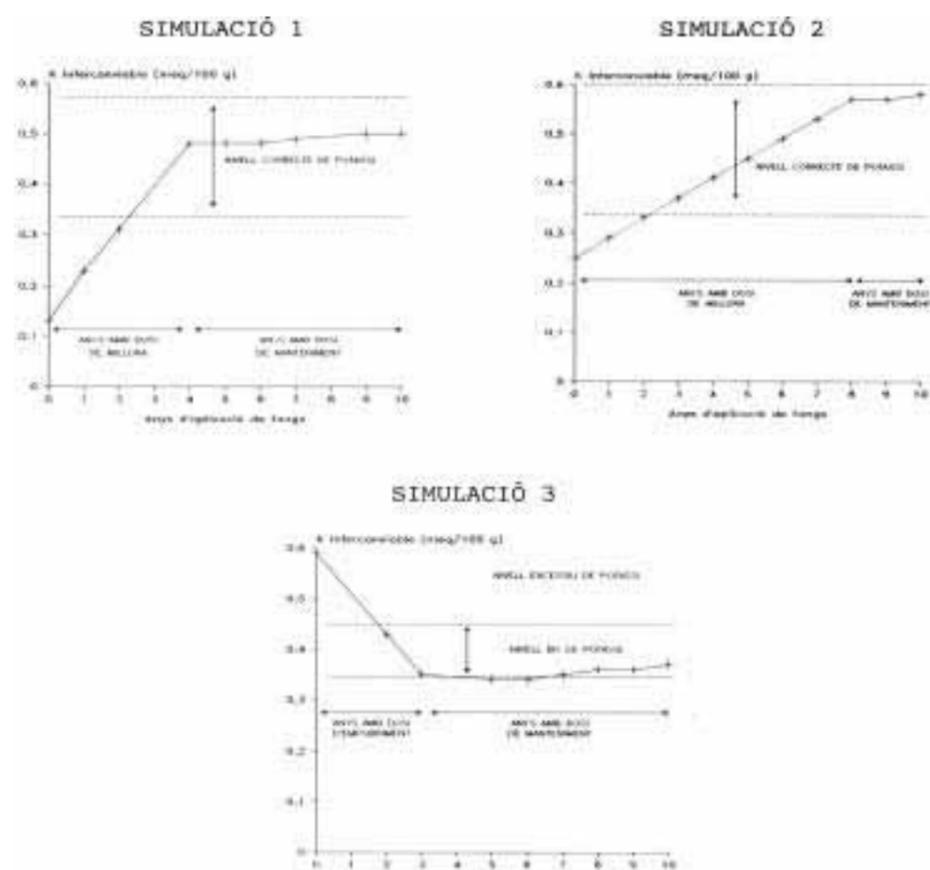
plicació: de quaranta-nou fins a un màxim de vuitanta en funció del metall que ha resultat limitat en cada cas (taula XII).

Quant als paràmetres agrònomicos les figures 1, 2 i 3 mostren la possible evolució dels continguts de matèria orgànica, P-Olsen i K-intercanviable. Dels resultats d'aquesta evolució es desprèn que el contingut de matèria orgànica

dels tres sòls, originàriament baix, assoleix o s'apropa al cap dels deu anys a uns valors força adequats, però sense arribar ni de bon tros a uns nivells excessius.

A l'igual que en el cas real, els exemples simulats mostren que l'aplicació de fangs eleva ràpidament el nivell de P del sòl fins a assolir valors que fan agròmicament desaconsellable conti-

FIG 3.



TAULA VII. *Estats inicial i final de la parcel·la Caldes de Montbui després de quatre anys de rebre fangs. (Dades pròpies i Lorente, 1993)*

PARÀMETRE	SÒL INICIAL	SÒL FINAL	INCREMENT
Textura	Francosorrenca 80 % sorra, 8 % llim, 12 % argila	—	—
% CCE	3	—	—
pH	8,23	7,68	-0,55
Salinitat (dS·m ⁻¹)	0,295	0,217	-0,078
% matèria orgànica	2,33	3,46	+1,13
% N	0,12	0,20	+0,08
Relació C/N	11,0	10,1	-0,9
P-Olsen (mg·kg ⁻¹)	76	105	+29
K intercanviable (mg·kg ⁻¹)	643	196	-447
Elem. pot. tòxics (mg·kg ⁻¹)			
Cd	< 0,05	0,21	+0,16
Cr	2,1	7,1	+5,0
Cu	16,8	26,5	+9,7
Ni	6,5	6,7	+0,2
Pb	16,8	30,3	+13,5
Zn	81,4	195,9	+114,5

TAULA VIII. *Composició dels tres fangs emprats en les simulacions (dades cedides per la Junta de Sanejament)*

PARÀMETRES	BALAGUER (SIMULACIÓ 1)	LA BISBAL (SIMULACIÓ 2)	COMPOST DE MANRESA (SIMULACIÓ 3)
% Matèria seca	22,79	18,38	51,98
Conductiv. (dS·m ⁻¹)	0,42	1,45	1,50
pH (1:5)	6,40	7,60	6,70
% Matèria orgànica	38,38	58,59	57,88
% N-total	2,73	4,92	2,17
% P ₂ O ₅	2,67	3,46	3,90
% K ₂ O	0,15	0,42	0,16
% CaO	13,51	8,02	6,83
% MgO	6,55	3,35	1,94
Fe (mg·kg ⁻¹)	13.900	10.700	7.400
Cd (mg·kg ⁻¹)	< 1	3	< 1
Cr (mg·kg ⁻¹)	5	56	220
Cu (mg·kg ⁻¹)	141	283	76
Hg (mg·kg ⁻¹)	5,7	5,3	3,5
Ni (mg·kg ⁻¹)	nd	38	42
Pb (mg·kg ⁻¹)	84	518	108
Zn (mg·kg ⁻¹)	1.003	598	3.284

TAULA IX. *Condicions de les simulacions*

Simulació	1	2	3
EDAR d'on procedeix el fang	Balaguer	La Bisbal d'Empordà	Manresa
Nom de la parcel·la	LRD-2	La Vinya	Sota el Bar
Dosi de fang (t·ha ⁻¹)	45	30	8,7
Monoconreu	Blat de moro (gra)	Ordi d'hivern	Ordi d'hivern
Producció esperada	11.000 kg ha ⁻¹	4.000 kg ha ⁻¹	3.500 kg ha ⁻¹
Durada de la simulació	10 anys	10 anys	10 anys
Adobat mineral complementari (per ha i any)	115 UF de N de cobertura 0 UF de P ₂ O ₅ 360 UF de K ₂ O (dosi millora) A partir del 4rt any la dosi de K ₂ O es redueix (dosi de manteniment)	0 UF de N 0 UF de P ₂ O ₅ 114 UF de K ₂ O A partir del 8è any la dosi de K ₂ O es redueix (dosi de manteniment)	45 UF de N de cobertura 0 UF de P ₂ O ₅ 0 UF de K ₂ O (sòl ric) A partir del 4rt any, de 45 a 75 UF de K ₂ O (dosi de manteniment)

nuar emprant aquests materials. A la figura 2 s'han assenyalat tres llindars d'interès:

— el valor agronòmic a partir del qual es considera que existeix un excés de P (depèn de les característiques texturals del sòl);

— els valors que assenyalen l'aparició de limitacions moderades (40 mg de P-Olsen/kg de sòl) o fortes (60 mg de P-Olsen/kg) a l'ús agrícola de fangs, segons els criteris de la normativa canadenca.

Finalment, la fertilització potàssica i els nivells que assoleixen els sòls en aquest element són gairebé independents de l'ús de fangs.

3.2. Càrrega contaminant orgànica dels fangs

Un dels pocs fangs dels quals avui dia es coneix la càrrega contaminant orgànica és el de Manresa, el compost del qual s'ha utilitzat en la simulació. Se-

gons Eljarrat *et al.* (1995), aquest fang conté 40,1 I-TEQs (pg·g⁻¹ fang sec), valor que se situa a mig camí del llindar assenyalat per la normativa alemanya per als fangs destinats a l'agricultura (taula IV). Aquesta dada, a més de la proporció de *bulking* que s'hi afegeix i la pèrdua de matèria orgànica que s'esdevé en el procés de compostatge, ens fa estimar que el compost contindrà uns 36 pg I-TEQ·g⁻¹.

No tenim constància del contingut

TAULA X. *Aportacions mitjanes de metalls pesants al llarg dels quatre anys d'experiència (Lorente, 1993)*

ELEMENT	APORTACIÓ MITJANA (kg·ha ⁻¹)	APORTACIÓ MÀXIMA (kg·ha ⁻¹) (segons la normativa)
Zn	23,0	77 %
Cu	7,5	62 %
Pb	9,2	62 %
Ni	1,0	33 %
Cr	5,8	192 %
Cd	0,11	51 %

TAULA XI. Càrrega contaminant de les dosis de fangs usades en l'assaig real

CAMPANYA	FANG	ELEMENT LIMITANT	DOSI APLICADA (t ha ⁻¹)	ANYS POSSIBLES D'APLICACIÓ
1983-84	Tossa	Zn	22,0	26
1984-85	Figueres	Zn	29,5	37
1985-86	Figueres	Cr	25,0	76
1986-87	Figueres	Cr	29,9	37

de PCDDs i PCDFs en sòls del nostre país. Però per estimar el risc de contaminació emprarem les dades mitjanes de Broman *et al.* (1990) per a sòls de Suècia: 0,98 i 1,58 pg I-TEQ·g⁻¹, segons que el sòl estigui llunyà o proper a una carretera.

En la taula XIII s'indiquen els anys que caldria aplicar la dosi agronòmicament correcta de 8,7 tones·ha⁻¹ de compost per assolir els nivells que a Alemanya se suggereix no sobrepassar. Pot constatar-se que, igual com succeïa amb els metalls pesants, la problemàtica derivada dels contaminants orgànics

s'hauria de presentar molt posteriorment a una situació agronòmica que desaconsellaria l'ús de fangs.

4. CONCLUSIONS

Els problemes mediambientals deguts a l'acumulació de metalls pesants i contaminants orgànics per l'ús de fangs de depuradora com a adob, apareixen a molt més llarg termini que els probables problemes agronòmics. Aquests fets suggereixen que la primera mesura de protecció dels sòls hauria de ser una correcta xarxa de recomanació d'adobat.

TAULA XII. Càrrega contaminant de les dosis de fangs usades en la simulació

FANG	ELEMENT LIMITANT	DOSI SIMULADA (t·ha ⁻¹)	DOSI MÀXIMA PERMISSIBLE (t·ha ⁻¹)	ANYS POSSIBLES D'APLICACIÓ
Balaguer	Hg	45,0	77	76
La Bisbal	Hg	30,0	103	49
Manresa	Zn	8,7	17,6	80

TAULA XIII. Càrrega contaminant orgànica de la dosi de compost de fang de Manresa usada en la simulació

SITUACIÓ DEL SÒL	CONCENTRACIÓ DE PCDDs i PCDFs pg i-teq·g ⁻¹	ANYS D'APLICACIÓ PERQUÈ EL SÒL ASSOLEIXI EL NIVELL DE:	
		5 pg I-TEQ·g ⁻¹	40 pg I-TEQ·g ⁻¹
Llunyà a la carretera	0,98	64	624
Proper a la carretera	1,58	55	614

BIBLIOGRAFIA

- BROMAN, D.; NAF, C.; ROLFF, C.; ZEBUHR, Y. (1990). «Analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and polychlorinated dibenzofurans (PCDF) in soil and digested sewage sludge from Stockholm, Sweden». *Chemosphere*, 21, p. 1.213-1.220.
- ELJARRAT, E.; ESPADALER, I.; CAIXACH, J.; RIVERA, J. (1995). «Caracterización de dioxina, furanos y PCBs en fangos de depuradora y potabilizadora mediante espectrometría de masas de alta resolución (HRGC/HRMS)». VII Jornadas de análisis instrumental. 3-6 abril. Madrid.
- LORENTE, R. M. (1993). «Efectos de la utilización de fangos de depuradora como abono en un cultivo de raigrás y en dos suelos diferentes. Contaminación por metales pesados». Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. [Treball de final de carrera]
- PRATS, I.; DANÈS, R.; MOLINA, V.; ÁLAMOS, M.; BOIXADERA, J.; TORRES, E. (1995). «Manual de gestió de purins i de la seva reutilització agrícola». Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Junta de Residus i Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. 128 p.
- SAÑA, J.; BALANYÀ, T.; ROMERO DEL CASTILLO, R. (1990). «Efectos de la aplicación de lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas sobre un cultivo de raigrás». I Cong. Inter. Química ANQUE Residuos sólidos y líquidos: su mejor destino. Santa Cruz de Tenerife.
- SOIL CONSERVATION SERVICE (1983). «National Soil Handbook». Part 603, p. 122-123. SCS-USDA.