

## APLICACIÓ DE BIOSÒLIDS I CONTINGUTS D'ELEMENTS POTENCIALMENT TÒXICS EN SÒLS DE L'EST DE GIRONA

M. Carbó,<sup>1</sup> R. Mujeriego,<sup>1</sup> L. Sala,<sup>2</sup> M. Aragay<sup>3</sup> i J. Boixadera<sup>4,5</sup>

### RESUM

S'ha portat a terme un estudi de les condicions d'aplicació a l'agricultura de fangs de depuradores d'aigües residuals a l'est de la demarcació de Girona. S'han estudiat un conjunt de parcel·les on s'aplicaven des de feia anys fangs de depuradora i d'altres de similars (el mateix tipus de sòl) on mai se n'havia aplicat; es van estudiar els continguts d'elements potencialment tòxics tant pel que fa als horitzons superficials —que es van mostrejar seguint la metodologia del RD 1310/1990— com en els horitzons profunds, emprant una mostra composta de sis submostres. Per altra banda, es varen caracteritzar els sòls, tant morfològicament com analíticament, així com els fangs emprats.

Actualment la utilització de fangs de depuradora a l'agricultura està regulada pel Reial Decret 1310/1990, que té per objectiu assegurar la protecció del medi ambient en general i la qualitat del sòl. Aquesta legislació regula l'aplicació dels fangs al sòl sobre la base del contingut d'elements potencialment tòxics, tant dels sòls com dels fangs que s'apliquen. No obstant, si l'objectiu que es pretén aconseguir és una reutilització ordenada i racional dels fangs en l'agricultura, no es pot pensar únicament a respectar els límits marcats pel RD 1310/1990, sinó que cal realitzar-la seguint, a més, altres criteris agronòmics i mediambientals. Tot i així, és important conèixer quines implicacions té a la pràctica quan es pretén aplicar als nostres sòls la normativa del RD 1310/1990.

Els resultats obtinguts posen en evidència que poden existir problemes pel que fa al contingut de Cd, Pb i Cu en alguns sòls abans d'endegar les aplicacions de fangs, ja que els seus continguts podrien superar els permesos pel RD 1310/1990. Aquest fet obliga a aprofundir en el coneixement dels continguts d'elements potencialment tòxics dels sòls, així com a obtenir més informació sobre els efectes de les tècniques

1. Secció d'Enginyeria Sanitària i Ambiental. Dep. d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental. UPC. Av. Gran Capità, edifici D-1. 08034 Barcelona.
2. Plaça Josep Pla, 4, 3r 1a. 17001 Girona.
3. Laboratori Agroalimentari. DARP. Carretera de Vilassar de Mar a Cabriels, s/n. 08348 Cabriels.
4. Secció d'Avaluació de Recursos i Noves Tecnologies. DARP. Generalitat de Catalunya. Rovira Roure, 177. 25006 Lleida.
5. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Av. Alcalde Rovira Roure, 177. Lleida.

de mostreig i anàlisi en els resultats finals, les quals s'hauran d'emprar de forma complementària amb altres criteris agronòmics i mediambientals.

PARAULES CLAU: aplicació agrícola, fangs de depuradora, criteris agronòmics.

#### RESUMEN

Se ha llevado a cabo un estudio de las condiciones de aplicación a la agricultura de lodos de depuradoras de aguas residuales al este de la demarcación de Girona. Se han estudiado un conjunto de parcelas en las que se aplicaban desde hacía años lodos de depuradora y otros similares (el mismo tipo de suelo) donde nunca se habían aplicado; se estudiaron los contenidos de elementos potencialmente tóxicos tanto por lo que respecta a los horizontes superficiales —que se muestrearon siguiendo la metodología del RD 1310/1990— como en los horizontes profundos, utilizando una muestra compuesta de seis submuestras. Por otro lado se caracterizaron los suelos, tanto morfológica como analíticamente, así como los lodos utilizados.

Actualmente la utilización de lodos de depuradora en la agricultura está regulada por el Real Decreto 1310/1990, que tiene por objetivo asegurar la protección del medio ambiente en general y la calidad del suelo. Esta legislación regula la aplicación de los lodos al suelo sobre la base del contenido de elementos potencialmente tóxicos, tanto de los suelos como de los lodos que se aplican. No obstante, si el objetivo que

se pretende conseguir es una reutilización ordenada y racional de los lodos en la agricultura no se puede pensar únicamente en respetar los límites marcados por el RD 1310/1990, sino que debe realizarse siguiendo, además, otros criterios agronómicos y medioambientales. Aun así, es importante conocer qué implicaciones tiene en la práctica cuando se pretende aplicar a nuestros suelos la normativa del RD 1310/1990.

Los resultados obtenidos ponen en evidencia que pueden existir problemas en lo referente al contenido de Cd, Pb y Cu en algunos suelos antes de empezar las aplicaciones de lodos, ya que sus contenidos podrían superar los permitidos por el RD 1310/1990. Este hecho obliga a profundizar en el conocimiento de los contenidos de elementos potencialmente tóxicos de los suelos, así como a obtener más información sobre los efectos de las técnicas de muestreo y análisis en los resultados finales, los cuales se deberán emplear de manera complementaria con otros criterios agronómicos y medioambientales.

PALABRAS CLAVE: aplicación agrícola, lodos de depuradora, criterios agronómicos.

#### ABSTRACT

A study into the conditions of surrounding the land application of sewage sludge was carried out in the eastern part of Girona province. A set of fields was studied where sewage sludge has been applied for years and another set of similar ones with the same

soil type but where sewage sludge has never been applied. The potentially toxic elements were analysed in the topsoil—in accordance with the methods described in RD 1310/1990—and in the deeper horizons, using a composite sample taken from six cores. The soils were also characterised from the morphological as well as the analytical point of view. The sewage sludge used was also analysed.

The agricultural use of sewage sludge is currently governed by RD 1310/1990, which is designed to protect soil quality and the environment in general. This legislation states that the land application of sewage sludges should be done according to the content of potentially toxic elements in the soils and the sewage sludges. However, if the aim is to achieve a rational and ordered use of the sewage sludges in agriculture, there is a need not only to respect the limits stipulated in RD 1310/1990, but to go beyond these, taking additional agronomic and environmental criteria into consideration. In spite of that, it is very important to know what implications the use of RD 1310/1990 has in practice, when it is applied to our soils.

The results obtained show that problems may arise in the area E of Girona because the initial soil contents of Cd, Pb and Cu may be higher than those allowed by RD 1310/1990 before land application starts. Such a fact leads to a need for further knowledge about the levels of potentially toxic elements in the soils as well as to gather more information about the effects of the sampling and analytical techniques on the results. These results should be used as

a complement to other environmental and agronomic criteria.

KEY WORDS: land application, sewage sludge, agronomic criteria.

## 1. INTRODUCCIÓ

L'aplicació al sòl de fangs de depuradora és una de les sortides més importants que té actualment aquest tipus de material. Aquesta aportació permet el reciclat dels nutrients i de la matèria orgànica amb el consegüent estalvi d'energia i matèries primeres.

Nogensmenys aquests biosòlids acostumen a contenir quantitats significatives d'elements potencialment tòxics, anomenats també en certs casos *metalls pesants*, que són més o menys elevades segons el seu origen, i la seva aplicació es fa sovint en un context aliè a l'explotació agrària amb uns objectius que no sempre són optimitzar la producció, protegir el sòl o aconseguir la sostenibilitat del sistema.

Amb l'objectiu de fer una primera avaluació de les aplicacions de fangs de depuradora en l'agricultura a la zona est de Girona s'ha fet un estudi valoratiu del contingut d'elements potencialment tòxics dels sòls que han rebut fangs almenys durant l'any 1993, així com dels sòls adjacents que no n'han rebut mai. Els continguts d'elements potencialment tòxics de les parcel·les que no han rebut mai fang s'han comparat amb els límits d'elements potencialment tòxics permesos pel Reial Decret 1310/1990 per tal de valorar la seva aptitud, des del punt de vista legal, per aplicar-hi fangs.

## 2. MATERIAL I MÈTODES

S'ha seleccionat un conjunt de parcel·les a l'est de Girona que es troben situades en els municipis de Blanes, Mont-ras, Palau-Saverdera, l'Estartit i Castell d'Aro, les quals reben fangs de les depuradores de Tossa, Palamós, Roses, l'Estartit i Castell d'Aro, respectivament.

La selecció de les parcel·les s'ha realitzat de manera que bàsicament difereixen pel fet que una ha rebut fangs en dosi coneguda, almenys durant l'any 1993, i l'altra no n'ha rebut mai. S'han triat parcel·les adjacents o molt pròximes per tal que les seves característiques edàfiques i topogràfiques fossin el més similars possible. Els criteris seguits per escollir els sòls

on realitzar l'estudi han estat els següents:

1. Es coneix, amb la màxima precisió possible, l'historial de la parcel·la: freqüència d'aplicació de fang, dosi aplicada, així com els tractaments agrònomicos efectuats al llarg d'aquest any que poden influir en els resultats analítics posteriors.

2. S'ha trobat una parcel·la adjacent a les parcel·les escollides amb les mateixes o similars característiques edàfiques, on no s'han aplicat mai fangs, per tal de poder comparar els efectes en les propietats del sòl.

3. Les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) que han propor-

**TAULA I.** Paràmetres i mètodes analítics utilitzats per a la caracterització agrícola dels sòls realitzada pel Laboratori Agroalimentari del DARP

Paràmetre	Unitats expressió resultats	Mètode analític / tècnica de determinació
pH en aigua susp. 1:2,5	—	Potenciomètric
pH en KCl 0,1 M susp. 1:2,5	—	Potenciomètric
CE en aigua extracte 1:5	dS/m a 25 °C	Conductimètric
CE extracte pasta saturada	dS/m a 25 °C	Conductimètric
Matèria orgànica oxidable (MO)	% p/p	Walkley-Black
Fòsfor assimilable (P) extret en NaHCO <sub>3</sub> 0,5 M i pH = 7	mg/kg	Olsen
Potassi (K) extret en NH <sub>4</sub> AcO 1 N i pH = 7	mg/kg	Fotometria de flama
Granulometria (USDA)	—	Pipeta de Robinson
Humitat gravimètrica a 33 i 1500 kPa	% p/p	Plaques Richard
Capacitat int. catiònica (CIC) extracció en NH <sub>4</sub> AcO 1N i pH = 7	cmol + /kg	Volumètric
Calci (Ca <sup>2+</sup> ) extret en NH <sub>4</sub> AcO 1N pH = 7	cmol + /kg	Absorció atòmica
Magnesi (Mg <sup>2+</sup> ) extret en NH <sub>4</sub> AcO 1N pH = 7	cmol + /kg	Absorció atòmica
Sodi (Na <sup>+</sup> ) ext. NH <sub>4</sub> AcO 1N pH = 7	cmol + /kg	Fotometria de flama
Carbonat càlcic equivalent	% p/p	Calcímetre de Bernard
Nitrats (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) extr. 1:1 aigua	mg/kg	Kit <i>Nitrachek</i> *

\* El contingut de nitrats s'ha determinat en el laboratori de Mas Badia a partir de mostra fresca en l'extracte 1:1 amb aigua, mitjançant una anàlisi colorimètrica ràpida emprant el kit *Nitrachek*.

cionat els fangs a les parcel·les escollides són les de major producció de la Costa Brava. En concret són les EDAR de Palamós, Castell d'Aro, Tossa, Roses i l'Estartit, en ordre decreixent de producció de fangs.

El procés de mostreig de cadascuna de les parcel·les s'ha realitzat a tres nivells:

— Presa d'una mostra composta de vint-i-cinc punts fins a 25 cm de profunditat tal com indica el RD 1310/1990 en parcel·les de superfície inferior o igual a 5 ha.

— Presa d'una mostra composta de sis punts, cada 30 cm de profunditat entre 25 i 115 cm o fins a material no arrelable per tal de determinar el contingut de nitrats.

— Obertura d'un escandall per a cada parella de parcel·les fins a 2 m o roca dura que s'ha descrit seguint la normalització SINEDARES (CBDSA, 1983), classificat (SSS, 1992; FAO, 1988), i mostrejat amb l'objectiu de caracteritzar el tipus de sòl.

La metodologia d'anàlisi emprada és la següent: la caracterització agrícola dels sòls ha estat realitzada pel Laboratori Agroalimentari del DARP a Cabriels, seguint els mètodes oficials d'anàlisi

(MAPA, 1986) resumits en la taula I; els elements potencialment tòxics han estat analitzats per la UPC seguint el mètode 3030E (APHA, 1989), tot i que algunes mostres han estat analitzades de manera paral·lela amb els mètodes restants detallats en la taula II.

Es va realitzar un estudi estadístic mitjançant SAS (SAS, 1989) comparant mostres aparellades per determinar la probabilitat que siguin estadísticament diferents; pel cas de mostres que no seguïen una distribució normal s'ha fet una comparació no paramètrica.

### 3. RESULTATS

Malgrat que la normativa actual no més exigeix l'anàlisi d'elements potencialment tòxics i pH del sòl prèviament a l'aplicació de fangs, en aquest estudi s'ha estimat convenient prendre criteris de caire ambiental i agronòmic, molt més racionals en la majoria de casos, per avaluar l'aptitud dels sòls per aplicar-hi fangs.

La descripció dels escandalls (Mujerriego i Carbó, 1994) i la seva anàlisi fisicoquímica resumida en la taula III per als primers 25 cm ha proporcionat la

**TAULA II.** *Mètodes analítics utilitzats per a la determinació d'elements potencialment tòxics (a excepció del Hg) en sòls per la UPC*

Mètode	Referència	Extracció	Determinació
mètode A	3030E (APHA, 1989)	HNO <sub>3</sub> conc	Plasma
mètode B*	Híbrid	HNO <sub>3</sub> conc + HClO <sub>4</sub> conc.	Plasma
mètode C	Aigua règia: (ISO/CD11466, 1991)	HNO <sub>3</sub> conc + HCl conc.	Plasma
mètode D	3030H (APHA, 1989)	HClO <sub>4</sub> conc.	Plasma

\* El mètode B és un híbrid entre els mètodes A i D, i no consta en l'APHA (1989).

**TAULA III.** Caracterització agrícola dels sòls a una profunditat de 25 cm, de les parcel·les estudiades de l'est de Girona. (Parcel·la 1: no ha rebut fangs; Parcel·la 2: ha rebut fangs almenys durant l'any 1993)

Paràmetre	PARCEL·LA									
	Blanes		Mont-ras		Palau-Saverdera		L'Estartit		Castell d'Aro	
	BLE 1	BLE 2	MRS 1	MRS 2	PAV 1	PAV 2	EST 1	EST 2	CAS 1	CAS 2
pH <sub>1:2,5</sub> H <sub>2</sub> O	7,0	7,6	6,7	7,0	5,5	5,5	8,0	7,8	7,7	5,8
CE <sub>1:5</sub> , dS/m	0,13	0,18	0,14	0,36	0,10	0,27	0,16	0,36	0,14	0,28
MO, %	2,4	4,5	1,5	3,0	1,6	2,3	2,1	2,4	2,1	1,49
CaCO <sub>3</sub> , % (b)	lp.	<1	lp.	<1	lp.	<1	9,7	8,5	<1	lp.
P, mg/kg	74	220	10	50	39	86	9	131	31	59
K, mg/kg	206	64	79	149	104	88	126	281	196	60
CIC, cmol+/kg	10,5	7,0	5,5	12,7	3,8	5,2	5,3	6,0	7,8	5,7
Ca <sup>2+</sup> , cmol+/kg	6,4	13,0	5,7	15,7	2,4	4,8	20,8	19,0	12,8	4,7
Mg <sup>2+</sup> , cmol+/kg	0,7	0,8	1,0	2,4	0,6	1,1	0,9	1,7	1,0	0,7
Na <sup>+</sup> , cmol+/kg	0,1	0,1	0,1	0,6	0,02	0,01	0,1	0,9	0,03	0,3
NO <sub>3</sub> , mg/kg	0,0	66	45	77	115	137	7	168	0	200

**TAULA IV.** Aptitud del sòl a l'aplicació de fangs sobre la base de les propietats intrínseques (USDA, 1983) i al contingut d'elements potencialment tòxics del sòl (RD 1310/1990)

PARCEL·LA	PROPIETATS INTRÍNSEQUES (USDA, 1983)	ELEMENTS POTENCIALMENT TÒXICS
Blanes	Moderada Permeabilitat baixa Nivell freàtic < 90 cm CIC baixa	Apte
Mont-ras	Moderada Permeabilitat baixa Nivell freàtic < 90 cm CIC baixa	No Apte Cd, Pb
Palau-Saverdera	Moderada Permeabilitat baixa CIC baixa	No Apte Cu
L'Estartit	Moderada Permeabilitat baixa Salinitat extracte alta CIC baixa	Apte
Castell d'Aro	Moderada Permeabilitat baixa Nivell freàtic < 90 cm CIC baixa	No Apte Cd

caracterització agrícola i la classificació dels sòls estudiats. A partir d'aquesta caracterització s'ha valorat l'aptitud de cadascun dels sòls a rebre fangs sobre la base de les seves propietats intrínseques i d'acord amb els criteris USDA (1983). Aplicant aquests criteris els cinc sòls estudiats han rebut una qualificació d'aptitud moderada per aplicar-hi fangs, tal com mostra la taula IV. Els principals paràmetres que han limitat la seva aptitud han estat: una CIC i una permeabilitat baixa en tots els sòls, i un nivell freàtic situat a una profunditat inferior als 90 cm en tres dels sòls estudiats.

D'altra banda s'ha valorat l'aptitud dels sòls per aplicar-hi fangs partint del contingut previ d'elements potencialment tòxics del sòl, tal com regula el RD 1310/1990. La taula V mostra com, en tres dels cinc sòls estudiats, alguns elements potencialment tòxics, Cd, Pb i Cu, presenten una concentració superior a la permessa abans d'aplicar-hi fangs i, per tant, no són aptes per aplicar-hi fangs, segons el RD 1310/1990.

Per altra banda, l'evolució dels increments dels microelements en el sòl ha estat poc clara en els primers 25 cm, al contrari que per als paràmetres fisicoquímics: la matèria orgànica, la conductivitat elèctrica, el contingut de fòsfor i nitrats del sòl han augmentat en totes les parcel·les on s'ha aportat fang, tot i que l'increment de la matèria orgànica no ha estat estadísticament significatiu com per atribuir-lo a l'aplicació de fangs.

La comparació entre els nivells d'elements potencialment tòxics, mesurats a 25 cm de profunditat en els sòls que han rebut fangs respecte als que no n'han rebut mai, no ha permès establir diferències estadísticament significatives entre les parcel·les comparades, de manera que no és possible atribuir els lleugers increments detectats a l'aplicació de fangs realitzada. Malgrat tot, s'ha observat un augment de Cd, Ni, Zn, Pb i Cr a una profunditat de 25 cm, en la majoria de parcel·les que han rebut fangs.

L'evolució dels elements potencial-

**TAULA V.** Contingut d'elements potencialment tòxics dels sòls a una profunditat de 25 cm, de les parcel·les estudiades de l'est de Girona. (Parcel·la 1: no ha rebut fangs; Parcel·la 2: ha rebut fangs almenys durant l'any 1993)

Metall pesant (ppm)	PARCEL·LA									
	Blanes		Mont-ras		Palau-Saverdera		L'Estartit		Castell d'Aro	
	BLE 1	BLE 2	MRS 1	MRS 2	PAV 1	PAV 2	EST 1	EST 2	CAS 1	CAS 2
Cd	< 0,5	76,5	28,3	29,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	31,4	27,0
Cu	25,9	< 0,5	< 0,5	9,0	59,4	49,2	16,1	24,1	< 0,5	0,7
Ni	4,0	4,6	7,5	11,4	3,7	5,0	14,4	12,0	4,5	3,3
Pb	28	63	88	104	< 10	19	16	< 10	17	19
Zn	57	198	107	117	27	45	47	54	71	66
Hg	0,26	0,43	0,19	0,11	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cr	10,8	11,7	29,0	31,6	6,9	9,8	11,4	10,0	8,9	6,1

**TAULA VI.** Sòls de l'Estartit. Resultats de les anàlisis d'elements potencialment tòxics a diferents profunditats de dues parcel·les adjacents, una que no ha rebut fangs (1) i l'altra que ha rebut fangs almenys durant l'any 1993 (2)

Metall pesant (ppm)	PARCEL·LA							
	L'ESTARTIT 1				L'ESTARTIT 2			
	Profunditat, cm				Profunditat, cm			
	0-25	25-55	55-85	85-115	0-25	25-55	55-85	85-115
Cd	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cu	16,1	13,2	13,6	13,5	24,1	18,0	14,2	14,4
Ni	14,4	12,8	13,0	13,9	12,0	13,3	11,8	12,1
Pb	16,0	14,0	13,0	13,0	< 10,0	< 10,0	< 10	< 10
Zn	47,0	39,0	38,0	41,0	54,0	47,0	37,0	44,0
Hg	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,05	< 0,10
Cr	11,4	10,0	9,8	10,8	10,0	10,5	9,0	9,6

ment tòxics a profunditats superiors als 25 cm tampoc ha estat significativa estadísticament. Per altra banda, no s'ha detectat una variabilitat en profunditat del contingut d'elements potencialment tòxics respecte als 25 cm primers de sòl. Les taules VI i VII resumeixen els continguts d'elements potencialment tòxics dels sòls fins a la màxima profunditat mostrejada, en les parcel·les de Palau-Saverdera i l'Estartit.

#### 4. CONCLUSIONS

Malgrat l'existència de la normativa vigent que regula l'aplicació agrícola de fangs de depuradora sobre la base del contingut d'elements potencialment tòxics dels sòls i dels fangs que s'apliquen, cal utilitzar a més, criteris agronòmics i mediambientals per garantir la preservació de la qualitat del sòl. L'anàlisi de la concentració d'elements po-

**TAULA VII.** Sòls de Palau-Saverdera. Resultats de les anàlisis d'elements potencialment tòxics a diferents profunditats de dues parcel·les adjacents, una que no ha rebut fangs (1) i l'altra que ha rebut fangs almenys durant l'any 1993 (2)

Metall pesant (ppm)	PARCEL·LA							
	PALAU-SAVERDERA 1				PALAU-SAVERDERA 2			
	Profunditat, cm				Profunditat, cm			
	0-25	25-55	55-85	85-115	0-25	25-55	55-85	85-115
Cd	< 0,5	< 0,5	10,63	—	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5
Cu	59,4	31,3	< 0,5	—	49,2	19,3	12,3	10,5
Ni	3,7	5,7	3,6	—	5,0	6,2	6,2	6,6
Pb	< 10,0	< 10,0	12,0	—	19,0	19,0	20,0	14,0
Zn	27,0	32,0	34,0	—	45,0	40,0	31,0	35,0
Hg	< 0,10	0,10	0,10	—	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10
Cr	6,9	9,1	8,5	—	9,8	10,6	9,9	10,4



tencialment tòxics en sòls que no han rebut mai fangs ha permès observar que, en alguns casos, els seus valors podrien ser superiors als que permet el Reial Decret 1310/1990, pel que fa al contingut de Cd, Pb i Cu en el sòl. Aquests resultats posen de relleu la necessitat de millorar en el coneixement actual dels continguts d'elements potencialment tòxics dels sòls.

Per altra banda, la manca de relació entre els continguts d'elements potencialment tòxics de sòls similars edafològicament i pròxims geogràficament fa evident la necessitat de donar importància al mètode de mostreig de sòls i d'anàlisi de metalls pesants per tal que els resultats analítics siguin comparables.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1989). *Standard Methods*. 17a ed. Washington: APHA.
- «Orden del 26 de octubre de 1993 sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario». *Boletín Oficial del Estado*, 265 (1993), p. 31.073-31.076.
- «Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario». *Boletín Oficial del Estado*, 262 (1990), p. 32.339-32.340.
- CBDSA (1983). *SINEDARES. Manual para la descripción codificada de suelos en el campo*. Madrid: MAPA. 137 p.
- CODY, R. P.; SMITH, J. K. (1991). *SAS: Applied Statistics and the SAS programming language*. Nova Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- FAO/UNESCO (1988). *Soil Map of the World. Revised Legend. World Resources Report*, 60. Roma: FAO. Reprinted as Technical Paper 20, ISRIC, Wageningen.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1986). *Métodos oficiales de análisis. III. Suelos y aguas*. Madrid: MAPA.
- MUJERIEGO, R.; CARBÓ, M. (1994). *Reutilización dels fangs en l'agricultura. Situació actual i perspectives de futur a la Costa Brava*. Informe tècnic. UPC — Consorci Costa Brava. Barcelona. 134 p.
- SAÑA, J. (1989). «Manual d'utilitats dels fangs de depuradora com a adobs. Quaderns de Divulgació». Barcelona: IRTA. DARP.
- (1994). «La qualitat dels biosòlids com a fertilitzants i com a esmenes orgàniques». A: MUJERIEGO, R.; SALA, L. [ed.]. *Biosòlids i aigües depurades com a recursos*. Sant Feliu de Guíxols.
- SAS Institute Inc. (1989). *SAS Users Guide*, versió 6. 4a ed. 2:846, Cary, SAS Institute Inc.
- SOIL SURVEY STAFF (1992). *Keys to Soil Taxonomy*. 5a ed. SMSS technical monograph, núm. 19. Blacksburg, Virginia: Pocahontas Press, Inc. 556 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1983). *Process design manual for land application of municipal sludge*. EPA 625/1-83-016. Cincinnati.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1989). *Risk assessment guidance for superfund. Volume I: human health evaluation*

*manual. EPA/540/1-89/002. Washington: Center for Environmental Research Information. USEPA.*  
UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1993). *Standards for the use and disposal of sewage slud-*

*ge. 40 CFR. Part 503. Federal Register 58 n° 32. p. 9.387-9.404.*  
UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1983). *Soil Conservation Service. National Soils Handbook.* USDA.