
ELS FANGS DE DEPURADORES COM A ADOBS ORGÀNICS

Josep Saña i Vilaseca
Doctor en Ciències Químiques

Ponència presentada a les Jornades sobre Adobs Orgànics. Febrer 1985

RESUM

En un ampli conjunt de 81 Fangs de 18 depuradores d'aigües residuals urbanes, hem estudiat la composició de la seva fracció orgànica, comparant els diferents sistemes d'estabilització i acondicionament més usuals.

Els Fangs Anaeròbics presenten una Matèria Orgànica més estabilitzada que no pas els Aeròbics. Els Fangs d'Acondicionament Mineral resulta que són més una esmena calcària que no pas un adob.

RESUMEN

En un amplio conjunto de 81 Fangos de 18 depuradoras de aguas residuales urbanas, se ha estudiado la composición de su fracción orgánica, comparando los sistemas de estabilización y acondicionamiento más comunes.

Los Fangos Anaeróbicos presentan una Materia Orgánica más estabilizada que los Aeróbicos. Los Fangos de Acondicionamiento Mineral son más una enmienda calcárea que un abono orgánico.

SUMMARY

The organic fraction composition of eighty-one different sewage sludges coming from eighteen different water depuration plants has been studied, comparing the usual stabilization and conditioning systems practiced in those plants.

Anaerobical sludges present a more stabilized Organic Matter than Aerobical ones. Mineral conditioned sludges be have more like a lime amendment than like a fertilizer.

INTRODUCCIO

La depuració de les aigües residuals urbanes comporta l'aparició d'un residu orgànic anomenat Fang o Llot de Depuradora, el qual pot eliminar-se, entre d'altres sistemes com ara la incineració o l'abocament, reutilitzant-lo com a adob. Aquesta reutilització obliga a un coneixement de diversos aspectes dels Fangs: la presència i nivell de substàncies orgàniques tòxiques o metalls

potencialment tòxics, la presència de microorganismes paràsits i patògens, les seves característiques com a fertilitzant mineral, especialment com a fertilitzant nitrogenat, i les seves característiques com a adob orgànic. En aquest article ens referim a aquest darrer aspecte.

OBJECTIUS

Les característiques dels Fangs com a Adobs Orgànics depenen de l'aigua residual de la qual provenen, del sistema tècnic d'estabilització (digestió anaeròbica o estabilització aeròbica) i acondicionament previ a la deshidratació i assecatge (sense acondicionament en l'assecatge en eres, addició de polielectrolit en la deshidratació amb filtres banda, i addició de CaO-FeCl_3 en la deshidratació amb filtres al buit).

En aquest estudi caracteritzem la fracció orgànica dels Fangs, comparant-ne la composició entre els de tractament diferent. Només hem considerat els sistemes més usuals, que són els indicats en el paràgraf anterior.

MATERIAL I MÈTODES

Hem treballat amb un conjunt de 81 mostres obtingudes de 18 depuradores. De la majoria d'elles hem obtingut 6 mostres recollides al llarg de tot un any, a intervals de 2 mesos. D'algunes plantes depuradores que entraren en funcionament en el decurs del treball o s'aviaren en aquest període en tenim només mostres puntuals.

Les característiques genèriques d'aquestes plantes queden recollides a la Taula 1.

La metodologia emprada, descrita per (11), permet la caracterització de Paràmetres Físico-Químics (pH i Conductivitat), Bioquímics (Taxa de Mineralització-TMC), Orgànics Generals (Matèria Orgànica Total-MOT; Relació MOT/C oxidable; Grau de Descomposició-GD; riquesa en Nitrogen total-%N i no hidrolitzable-%N_{nh}, així com les relacions C/N i Ch/Nh) i de la Fracció anomenada Húmica (% $\text{C}_{\text{Ac.Húmich-AH}}/\text{Cox}$; % $\text{C}_{\text{Ac.Fúlvich-AF}}/\text{Cox}$; Taxa de Polimerització o Ac. Fúlvic/Ac. Húmich; Índex colorimètric E_4/E_6 de l'extracte húmich; % $\text{C}_{\text{Humines-Hum}}/\text{Cox}$ i Grau d'Humificació).

L'anàlisi estadística, en el cas de comparar els 2 sistemes d'estabilització, hom la realitzà mitjançant el test de la t d'Student, excepte en el cas dels paràmetres en els quals no es complia la igualtat de les variàncies, llavors aplicàvem el test de Mann-Whitney. La comparació entre els tres sistemes d'acondicionament es realitzà mitjançant una anàlisi de la varianza, seguida, en els casos en què existia significació, d'una separació de mitjanes amb el test de Sheffé (5 i 13).

RESULTATS

Els resultats obtinguts queden recollits a les Taules 2 i 3, així com la corresponent anàlisi estadística. En cada paràmetre, les mitjanes seguides de diferent lletra presenten diferències significatives al nivell de P 0.05 o 0.01 segons siguin minúscules o majúscules respectivament.

DISCUSSIÓ

Sobre els Fangs en general cal comentar el pH proper a la neutralitat i la salinitat baixa (excepte en mostres puntuals) que no sembla pas que puguin provocar problemes.

El nivell de Matèria Orgànica és francament alt, pràcticament la meitat de la seva matèria seca ($X_{MOT} = 48.84\%$), i més d'un terç d'aquesta MO hom el pot considerar estable o de difícil mineralització ($X_{GD} = 37.0$) encara que en conjunt els fangs resulten uns materials degradables ($X_{TMC} = 18.19$), de l'ordre de Fems molg frescos. (11)

El contingut en N és alt ($X_N = 3.66\%$) la qual cosa comporta que la relació C/N sigui lleugerament baixa, cara a una aplicació òptima al sòl ($X_{C/N} = 8.00$). Aquesta relació es manté tant a la fracció orgànica més fràgil, com a la més resistent ($X_{Ch/Nh} = 8.37$). Els nivells de MO i N de les nostres mostres són molt similars als citats per (7), (8) i (9) obtinguts en Fangs d'altres indrets europeus.

Quant a la fracció Húmica, observem un predomini dels components poc evolucionats, els Ac. Fúlvics ($X_{CAF/C} = 0.130$ contra $X_{CAH/C} = 0.084$ i una relació AF/AH o Taxa de Polimerització $X = 2.53$) encara que segons (11), ni la fracció Ac. Fúlvic ni tan sols la fracció Ac. Húmic dels Fangs semblen correspondre's a veritables fraccions de matèria orgànica molt estabilitzada o humificada, a diferència del que succeeix en els sòls. L'índex colorimètric E_4/E_6 ($X = 5.93$) indica un volum molecular relativament petit d'aquestes substàncies húmiques, si bé tampoc aquest índex pot interpretar-se en el cas de les Substàncies Húmiques de Fangs amb la mateixa simplicitat que en cas de sòls.

Hi ha una fracció important de Matèria Orgànica lligada a la fracció mineral o Humina ($X_{CHum/C} = 0.189$), encara que amb una gran variabilitat segons les mostres (C.V. = 114%).

En comparar la Composició segons el sistema d'estabilització dels Fangs, observem que els Fangs Anaeròbics presenten una Matèria Orgànica molt més estable (TMC inferior i GD superior), si bé els nivells absoluts d'aquesta Matèria Orgànica són molt inferiors. L'explicació d'aquest fet cal buscar-la en la superior capacitat mineralitzadora del procés anaeròbic respecte l'aeròbic (segons (2), el procés anaeròbic elimina al voltant de la meitat de la MO present en el fang cru, mentre que l'estabilització aeròbica només ho aconsegueix en una tercera part) degut al menor rendiment energètic del primer procés: l'energia produïda en aquest cas pels microorganismes és de 0.15-0.40 Kcal/g. de MO consumida, mentre que en aerobiosi pot arribar a 4 Kcal/g. (1). Per tant, per mantenir unes velocitats de creixement similars, els microorganismes aeròbics necessiten consumir (mineralitzar) més MO (3), conservant-se o neoforment-se fraccions orgàniques molt estables.

Com a conseqüència d'aquesta superior capacitat mineralitzadora del procés anaeròbic, el N d'aquests Fangs queda essencialment en formes minerals (2), que són molt susceptibles de ser eliminades fonamentalment en els processos de deshidratació posteriors a l'estabilització del Fang, resultant uns nivells de N sensiblement inferiors als dels Fangs aeròbics, així com també troben (7) i (8) en les seves mostres. També, i segons la mateixa línia explicativa, el N dels Fangs anaeròbics està lligat a les formes orgàniques més estables, les no hidrolitzables.

La relació entre la Matèria Orgànica determinada per calcinació i el Carboni determinat per oxidació humida (relació MOT/Cox) apareix també com un paràmetre diferenciador del sistema d'estabilització del Fang, comportant-se com un resum de tota una sèrie d'altres paràmetres químics ja comentats: els fangs aeròbics presenten una Matèria Orgànica més oxidada (6) i com ja hem comentat, amb més N en formes orgàniques. Aquest element provoca errors per defecte en la quantificació del Carboni oxidable (10) i el més alt nivell d'oxidació de la Matèria Orgànica provoca també errors per defecte en el càlcul clàssic d'aquest Carboni (6). En conjunt, doncs, puja l'índex MOT/Cox en els Fangs aeròbics, fet que també observa (7) en les seves mostres.

Finalment comentem els majors nivells de Matèria Orgànica lligada a la fracció mineral (Humina) dels Fangs Anaeròbics, aspecte sobre el qual no hem trobat informació a la bibliografia. Senzillament sembla que resulta que la millor estabilització de la Matèria Orgànica per a aquest tractament, té com a conseqüència l'augment del lligam entre Matèria Orgànica i Matèria Mineral.

Quant als sistemes d'Acondicionament, cal indicar que els Fangs floculats mineralment (amb CaO i FeCl₃) resulten molt diferents dels altres dos tipus estudiats, i cal considerar-los més com a una esmena calcària (alts pHs i notables nivells de Carbonats, que no vénen indicats a la Taula 3) que no pas com a un adob orgànic, ja que les aportacions de l'acondicionador provoquen una dilució mineral del Fang, xifrabla en un 30% (2). Per aquesta mateixa raó, també baixa el percentatge de Nitrogen, juntament amb les pèrdues per volatilització en forma de NH₃ pels alts pHs del producte, i l'eliminació de les formes solubles de N durant la filtració.

Encara que aquests Fangs floculats mineralment aparentin una Matèria Orgànica més estabilitzada (TMC sensiblement més baixa), no és exactament així, ja que la tècnica respiromètrica falla en aquestes mostres (3), sobretot en les que presenten encara un nivell notable de CaO sense carbonatar. Però independentment de les errades de la tècnica respiromètrica en aquests casos, a curt termini mostraran molt possiblement una Matèria Orgànica menys mineralitzable tant per causa de la protecció carbonatada que aquesta té, com per l'alt pH del Fang, essent un medi pràcticament estèril de microorganismes descomponedors. (4)

Els Carbonats d'aquests Fangs, formats per la carbonatació del CaO afegit, emboliquen la major part de la Matèria Orgànica, i d'aquí els augments significatius de la fracció Humina, fet que també comenta. (12)

Finalment l'única diferència entre els Fangs assecats en eres i els finalitzats amb Polielectrolit resideix en el major percentatge d'AH d'aquests darrers. No hem trobat bibliografia sobre aquest aspecte que ens assegurí que la causa d'aquest fet sigui l'acondicionament.

Característiques de les Depuradores estudiades

Municipi	Codi	Tractament del fang	Acondicion. del fang	Procés d'assecatge	Aigua ¹ affluent	Variació ² poblacional	Control ³ tècnic	Funciona- ⁴ ment
Begur	Be	Est. aeròbica ⁵	---	Eres	Mixta	A	2	B
Bianes	Bl	Est. aeròbica	CaO-FeCl ₃	Filtració al buit	Mixta	A	2	B
Colera	Co	Est. aeròbica ⁶	---	Eres	Domèst.	A	9	B
Figueres	Fig.	Est. aeròbica	Polielectrolit	Filtre banda	Mixta	S	1.4	I
L'Estartit	Es	Est. aeròbica	---	Eres	Mixta	MA	16	B*
Llansà	Ll	Est. aeròbica	---	Eres	Mixta	MA	7	B
Mallorca (St. Jordi)	Ma	Est. aeròbica	---	Eres	Domèst.	MA	?	R
Olot	Ol	Est. aeròbica	---	Eres	Mixta	S	?	D
Oviedo	Ov	Dig. Anaeròbica	CaO-FeCl ₃	Filtració al buit	Mixta	S	1.2	R
Palència	Pa	Dig. Anaeròbica	---	Eres	Mixta	S	1.3	B

TAULA Núm. 1 (continuació)

Municipi	Codi	Tractament del fang	Acondicion. del fang	Procés d'assecatge	Aigua ¹ afluent	Variació ² poblacional	Control ³ tècnic	Funciona- ⁴ ment
Port Bou	Pb	Est. aeròbica ⁶	---	Eres	Domèst.	A	5	B
Port de la Selva	Ps	Est. aeròbica	---	Eres	Mixta	MA	5	B
Rincón de Beniscornia	Rb	Dig. anaeròbica	---	Eres	Mixta	S	?	P
Reus	Re	Dig. anaeròbica	Polielectrolit	Filtre banda	Mix-Ind.	S	1.4	I ^{xx}
Roses	Ro	Est. aeròbica	---	Eres	Mixta	MA	5	B ^x
Sagunt	Sag	Est. aeròbica	Polielectrolit	Centrif.	Mixta	S	?	I
Vilafranca del Penedès	Vi	Est. aeròbica	Polielectrolit	Filtre banda	Mixta	S	?	D
Zarandona	Za	Dig. anaeròbica	Polielectrolit	Centrif.	Mixta	S	?	P

^x A vegades filtracions d'aigua de mar a la xarxa de clavegueres

^{xx} Ciutat amb restriccions d'aigua. Digestor mal dissenyat amb temps de retenció del fang massa curts.

Notes aclaratòries:

1. L'aigua afluent es classifica en domèstica (Domèst.), industrial (Ind.) o una barreja de les dues (mixta).
2. La variació estacional de la població pot ser molt alta (MA), alta (A) o sense variació apreciable al llarg de l'any (S). La xifra que apareix a continuació indica la relació entre el volum màxim i mínim d'aigües residuals que arriben a la depuradora.
3. El control tècnic de la planta (laboratoris, anàlisis que es realitzen, qualificació del personal tècnic, etc.) els qualifiquem subjectivament de l'1 al 10, amb independència del funcionament bo o dolent de la planta.
4. La bona depuració de les aigües i el bon tractament del fang els qualifiquem com a dolent (D), regular (R) i bo (B). Si la planta portava poc temps en funcionament i no estava a regim també ho indiquem (I). Un parell de plantes no funcionaven en el moment de la presa de mostres (P), i les mostres de fang aconseguides eren de piles o eren antigues.
5. En aquesta planta no hi ha separació primària dels fangs, i és del tipus anomenat d'oxidació o aireig prolongat, emprant rotors d'eix horitzontal dins una rasa, com a sistema d'agitació.
6. Sense decantació primària de fangs.

TAULA Núm. 2

Composició Orgànica dels Fangs de Depuradors

	F. Aeròbics			F. Anaeròbics			To tipus de Fang		
	X	S	n	X	S	n	X	S	n
pH 1:5	6.84 A	0.41	61	7.25 B	0.48	9	7.30	1.40	78
Conduct. 1:5	3.48 A	3.17	64	4.42 A	4.07	14	3.65	3.34	78
TMC 7 dies	19.95 A	6.97	60	14.12 B	3.29	11	18.19	7.53	80
% MOT	54.19 A	13.04	61	36.36 B	16.07	11	48.84	16.27	81
CAH/C	0.083 A	0.049	64	0.088 A	0.086	17	0.084	0.058	81
CAF/C	0.134 A	0.048	64	0.112 A	0.057	17	0.130	0.051	81
Es/E ₆ AH+AF	6.06 A	1.88	64	5.40 A	1.74	16	5.93	1.86	80
Taxa Poli	2.275 A	3.044	63	1.713 A	1.856	15	2.530	2.872	78
Cr _{Hum} /C	0.104 A	0.107	61	0.234 B	0.112	11	0.189	0.223	81
G. Humifi.	32.41 A	12.11	61	42.96 B	10.57	11	40.33	22.26	81
MOT/Cox	2.18 A	0.26	61	1.77 B	0.27	11	2.08	0.33	81
GD	35.5 A	6.5	60	50.0 B	8.5	16	37.0	10.0	76
% N	4.31 A	1.39	61	1.76 B	1.16	11	3.66	1.75	81
C/N	6.51 A	3.89	64	13.62 B	4.48	17	8.00	4.95	81
% Nnh/N	20.8 A	16.6	56	38.6 B	17.2	16	24.8	18.2	72
Cv/N _h	7.44 A	14.01	56	11.61 B	5.56	16	8.37	12.72	72

Composició Orgànica dels Fangs de Depuradores

	Assecatge en Eres			Acond. amb Polielectr.			Acond. amb CaO-FeCl ₃		
	X	S	n	X	S	n	X	S	n
pH 1:5	6.87 A	0.45	62	7.01 A	0.36	8	10.87 B	1.80	
Conduct. 1:5	3.29 A	3.21	62	2.08 A	0.83	8	7.65 B	3.60	8
TMC 7 dies	18.44 a	6.70	63	23.79 a	6.64	8	11.47 b	9.60	9
% MOT	50.77 A	14.46	64	57.07 A	18.09	8	27.78 B	10.90	9
CAH/C	0.078 A	0.045	64	0.175 B	0.087	8	0.043 A	0.029	9
CAF/C	0.125 A	0.056	64	0.123 A	0.017	8	0.157 A	0.045	9
E ₄ E ₆ AH+AF	6.02 A	1.81	64	4.58 A	1.14	7	6.35 A	2.40	9
Taxa Poli.	2.684 A	3.064	63	0.806 A	0.267	8	3.123 A	2.027	7
CH _{um} /C	0.133 A	0.116	64	0.051 A	0.098	8	0.712 B	0.179	9
G. Humifi.	33.90 A	12.76	64	35.02 A	9.88	8	90.84 B	18.97	9
MOT/Cox	2.12 A	0.31	64	2.11 AB	0.23	8	1.75 B	0.35	9
GD	36.0 A	9.5	64	41.0 A	8.5	3	40.0 A	11.0	9
% N	3.90 A	1.62	64	4.12 A	1.86	8	1.50 B	0.66	9
C/N	7.54 A	5.03	64	8.19 A	5.22	8	11.16 A	2.90	9
% N _{nh} /N	23.6 A	18.7	60	29.2 A	16.8	3	31.2 A	15.6	9
Ch/Nh	8.18 A	13.84	60	6.97 A	4.59	3	10.04 A	3.62	9

CONCLUSIONS

Els Fangs de la depuració d'aigües residuals urbanes és un producte que presenta uns alts nivells de Matèria Orgànica i de N.

Les fraccions orgàniques dels Fangs varien segons els sistema tècnic de tractament. Els Fangs Anaeròbics presenten una Matèria Orgànica més estable que no pas els Aeròbics, i amb un més alt nivell de lligam entre les seves fraccions orgànica i mineral.

Els Fangs finalitzats amb CaO-FeCl_3 són més aviat esmenes calcàries que no pas Adobs Orgànics.

Caldrà comprovar posteriorment si aquesta composició diferencial implica també un comportament diferent dels Fangs en el sòl al qual s'apliquin com a adob.

BIBLIOGRAFIA

- 1-CAMP, TR. i MESERVE, RL. (1962): Bacterial Descomposition of Organic Matter in Water. Water and its Impurities. Chap. 10. p. 238-305. 8th Ed.
- 2-CHAUSSOD, R. (1980): Valeur Fertilisante des Boues Residuaires. Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge. Proc. 2on Europ. Symp. Vienna, p. 449-465.
- 3-CHAUSSOD, R., GERMON, JC. i CATROUX, G. (1981): Determination de la Valeur Fertilizante des Boues Résiduaires: Aptitude a liberer l'Azote. Convention d'Etude n° 74050. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie.
- 4-COLIN, F. (1977): Mise au point de méthodes Biochimiques de Characterisation de la Stabilité des Boues Résiduaires. Application a l'évaluation des possibilités d'élimination finale par mise en décharge controlée ou utilisation agricole. Sols et Déchets Solides. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. Mission des Etudes et de la Recherche.
- 5-DOMENECH, JM. (1980): Métodos Estadísticos para Investigadores. Ed. Herder.
- 6-HARTENSTEIN, R. (1981): Sludge Descomposition and Stabilization. Science, 212 (4496), p. 743-749.
- 7-MOREL, JL. (1977): Contribution a l'étude de l'évolution des Boues Résiduaires dans le Sol. Thesis Doctoral. Université de Nancy.
- 8-PACCOLAT, B. (1979): L'Utilisation agricole des boues d'épuration. L'exemple de la Suisse. Phosphore et Agricultures, 75 (3), p. 29-39.
- 9-RIFFALDI, R., SARTORI, F. i LEVI-MINZI, R. (1982): Humic Substances in Sewage Sludges. Environ. Poll. (Ser. B) 3, p. 139-146.
- 10-RODIER, J. (1975): L'Analyse de l'Eau. Dunod Technique. 5e ed.
- 11-SAÑA, J. (1985): La Utilització dels Fangs de Depuradores Urbanes com a Adob: Caracterització de la seva fracció orgànica. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- 12-SARCIA, C. LELEU, L. i CREFFARD, J. (1977): Etudes de la localisation des métaux toxiques contenus dans les Boues des stations d'épuration. Sols et Déchets Solides. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. Mission des Etudes et de la Recherche.
- 13-SNEDECOR, GW., i COCHRAN, NG. (1975): Métodos Estadísticos. Cecsa.