

COMPOSICIÓ QUÍMICA I PROPIETATS FÍSQUES DE
FANGS RESIDUALS I LA SEVA APLICACIÓ AGRÍCOLA

per

J.SAÑA, M.A.GARAU, M.T.FELIPÓ i J.CARDÓS

Publicat en els Anales de la Sección de Ciencias
del Colegio Universitario de Girona. Any III, N°3
Abril de 1978.

RESUM

Composició Químic i Propietats Físiques de Fangs Residuals i la seva Aplicació Agrícola

S'ha determinat la composició química i algunes propietats físico-químiques i físiques dels fangs provinents de depuradores d'aigües residuals urbanes de 3 localitats de la Costa Brava (Blanes, Llançà i Roses) i de Palència. El contingut en MOT, AH i AF així com les relacions C/N i AF/AH ens indiquen l'evolució i polimerització de la fracció orgànica dels fangs. El contingut en macro i microelements essencials i/o contaminants dels fangs i la quantitat de sals no sobrepassen els nivells màxims acceptats en fangs domèstics. El pH neutre tampoc afavoreix l'assimilació de metalls pesats. De les dades obtingudes a l'anàlisi física (Densitat real i aparent, Porositat total i corbes de pF) juntament amb la composició química podem concloure que aquests fangs poden fer-se servir a l'agricultura com a adob orgànic i/o mineral com a milloradors de les característiques hídriques o com a sòls artificials.

SUMMARY

Chemical Composition and Physical Properties of Domestic Sewage Sludge and its Land Use

The chemical composition and some physico-chemical and physical properties of digested domestic sewage sludges from 3 Costa Brava places (Blanes, Llançà and Roses) and from Palencia are determined. The amount of OM, HA, FA and C/N and FA/HA ratios show the evolution and polymerization of humic components of sewage sludges. The results of macroelements and/or pollutant microelements and salt content give lower levels than the maximum accepted for sewage sludges. The neutral pH value will not affect the heavy metal uptake. The results from physical properties (real density, bulk density, total porosity, pF curve) and chemical composition suggest that sewage sludge can be used in agriculture land as a organic or mineral fertilizer, as hydric characteristic improver and as an artificial soil.

J.Saña*, M.A.Garau**, M.F.Felipó**, J.Cardús**

A- OBJECTIU DEL TREBALL

Les depuradores d'aigües residuals urbanes s'han estès per les poblacions de la Costa Brava. Els fangs o llots provinents dels tractaments purificadors són restes que si bé ara tenen com destí final els abocadors municipals o la incineració, podrien usar-se ja fos com adob mineral o orgànic, ja fos com sòl artificial, sol o barrejat amb altres substàncies.

L'aplicació agrícola d'aquests fangs compta a altres països amb abundant bibliografia sobre els mètodes tècnics d'utilització, els problemes sanitaris que comporta el seu maneig i els efectes, favorables o negatius a curt i llarg termini, sobre el sòl, les aigües del subsòl, el conreu i la seva producció.

L'actuació dels fangs sobre el sòl és tant física (canvis estructurals i de textura, protecció de la superfície contra l'erosió, retenció d'aigua) com química (presència d'elements nutritius, sals, metalls pesats, compostos húmics) com bioquímica (desregulació dels cicles bioquímics per causes microbiològiques, de concentració idònica, de nitrogen o de matèria orgànica). (Doran i col. 1976, Tyler 1974 i 1975, Lobl i col. 1975).

Sobre el conreu poden actuar per l'acció de macro i microelements nutritius (N, P, Ca, Mg, K, Fe, Na, Mn, Zn, Cu) i de compostos húmics, per la presència de metalls pesats contaminants o no essencials (Cd, Cr, Hg, Pb, As) o per la modificació de les condicions generals químiques o salines que dificultin o facin inviable el cultiu.

Les aigües subterrànies poden sofrir contaminacions químiques o microbiològiques per rentat del sòl. (Doran i col. 1976, Sedita i col. 1976, Zenz i col. 1976).

Especialment greus poden ser els efectes sanitaris. Encara

* Becari del C.S.I.C. Actualment al Departament de Química (Col·legi Universitari de Girona)

** Càtedra de Geologia i Edafologia. Facultat de Farmàcia. Universitat Central de Barcelona.

que els processos de depuració eliminen la major part de microrganismes patògens (Unz i col. 1976, McKinney i col. 1958), la persistència d'un cert nombre d'ells pot afectar a l'home directament durant el seu maneig i aplicació, o indirectament per consum del producte vegetal (C.E.S. 1976, Sedita i col. 1976, Clark i col. 1976, Arden 1976, Rylander 1976 i 1977, Morrison i col. 1976).

En aquest treball no hem tractat aquests punts sinó l'estudi de mètodes d'anàlisi química, físico-química i física de fangs de depuradores. Aquestes característiques, juntament amb els tipus de conreus, ens defineixen l'ús agrícola a què es poden destinar.

B- MATERIALS

Per les determinacions s'han fet servir 4 mostres de fangs provinents de diverses localitats i obtinguts per diferents tractaments.

Tots els fangs són de tipus urbà. Tres, provinents de la Costa Brava (Blanes, Llançà i Roses) han sofert un tractament aeròbic i es diferencien entre ells pels processos de separació i assecatge:

En eres i per evaporació els de Roses i Llançà. Aquest darrer, a causa del seu contingut de matèria seca és del tipus semi-sòlid.

Per filtració després de l'addició de FeCl_3 -CaO com a coagulant el de Blanes. Però aquesta mostra va ser presa abans del procés de separació. És per tant, un fang líquid.

El darrer fang, de Palència, és provinent de procés anaeròbic, amb separació i assecat en eres.

C- ANÀLISI QUÍMICA

1- Preparació de les mostres. Contingut en matèria seca

Les mostres s'assequen a l'estufa a 105° i es calcula el % de matèria seca. Posteriorment es molturen a tamany inferior a 0.5 mm.

2- Fracció Orgànica

2.1 Matèria Orgànica Total

La Matèria Orgànica Total (MOT) es troba gravimètricament per calcinació a 560° durant 3 hores.

3.2 Acid Húmic i Acid Fúlvic

L'extracció d'Acid Húmic (AH) i Acid Fúlvic (AF) es va fer per dos tractaments successius amb solució de $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0.1M- NaOH 0.1N 1:1 durant 20 hores en atmosfera de N_2 . La relació entre pes de MO de la mostra/ volum d'extractant es mantenia en 1g./150 ml.

L'AH es precipita amb H_2SO_4 fins pH 1.5-2. Les fraccions húmiques i fúlviques així separades es valoren per oxidació humida amb $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ N - H_2SO_4 conc., 15' a 150°C . i la quantitat de Cr^{3+} formada per reducció es mesura colorimètricament a 590 nm. respecte a una recta patró construïda per oxidació de quantitats conegudes de glucosa, a les mateixes condicions. (Nikitin 1972, modificat).

3- Fracció Mineral

Podem distingir dos grups generals de mètodes per l'anàlisi dels elements presents en fangs.

El primer agrupa tots els mètodes d'extracció sense destrucció de la mostra, usant extractants de diversa força: EDTA (Willens i col. 1976), KNO_3 (Silviera i col. 1977), HNO_3 a diverses concentracions (Silviera i col. 1977, Street i col. 1977, Andersson 1976 b), HF (Street i col. 1977), $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ a diferents pH (Andersson 1976-b), CH_3COOH (Dudas i col. 1975), HCl (Dudas i col. 1975), DTPA (Silviera i col. 1977, Street i col. 1977).

El segon grup comprèn processos d'extracció basats en una destrucció de la fracció orgànica, bé per una digestió humida, bé per calcinació. La digestió humida té l'avantatge de treballar a baixa temperatura i evitar així pèrdues de certs elements (Pb i Cu sobretot). Per contra, no es pot digerir gaire material i en certs casos el procés és difícil i perillós (Andersson 1976-a). Entre els reactius per digestions humides més corrents hi ha el HF, HNO_3 (Dudas i col. 1975), $\text{HClO}_4/\text{HNO}_3$ (Sommers i col. 1976, Baker i col. 1976). Les calcinacions es realitzen a diverses temperatures, seguides de redissolució de les cendres en EDTA (Willens i col. 1976) o HCl (Willens i col. 1976, Hinesly i col. 1976, Andersson i col. 1972). Es citen mètodes mixtes, com una digestió nítrica seguida de calcinació (Andersson 1976-a) o viceversa (Chaney i col. 1976).

El primer grup dona continguts més baixos en elements que no pas el segon. Aquests valors expressen les fraccions minerals fàcilment assimilables pel cultiu. Així extractants com el DTPA

donen correlacions entre contingut en fang i assimilats per la planta molt elevades (Street i col. 1977).

El segon grup expressa valors aproximats al contingut total. Si bé una gran fracció no serà absorbible immediatament per un cultiu, molts fenòmens, a part del pH general del sòl, poden modificar la seva solubilitat, com és el cas d'accions microbianes (Doran i col. 1976, Miller 1973), la mateixa matèria orgànica dels fangs o del sòl, que pot mobilitzar o precipitar indistintament elements (Miller 1973, Andersson i col. 1976, Andersson 1977) o inclús fertilitzacions minerals que poden produir puntualment acideses i canvis a la força iònica (Andersson 1976-b i 1977).

Hem considerat que els mètodes d'aquest segon grup expressa millor a llarg termini el potencial contaminant o nutritiu d'un fang. Per tant, hem assajat dos mètodes usats també a l'anàlisi mineral de teixits vegetals: La calcinació seguida de redissolució del residu amb HCl i la digestió nítrico-perclòrica.

3.1 Residu insoluble en HCl

0.3-0.4 g. de cendres provinents de la determinació de la MOT (2.1) es pesen amb tota cura, i es deixen en contacte amb 10 ml. de HCl 2N durant 24 hores. Es filtra sobre paper sense cendres que posteriorment es calcina. El residu de la calcinació pesat ens dóna el percentatge insoluble en HCl. Està format essencialment per argiles i sorres fines (Willens i col. 1976) que es solubilitzen quasi totalment en HF. El filtrat s'enrasa a 25 ml. amb H₂O. (Quadre 3)

3.2 Digestió nítrico-perclòrica

0.5-0.8 g. de mostra de fang es mullen amb 10 ml. de HNO₃ concentrat durant 12 hores. Posteriorment es bull fins la desaparició de fums de NO₂. Es deixa refredar, s'hi afegeixen 2.5 ml. de HClO₄ al 60% i s'escalfa a ebullició fins 30' després de tornar-se transparent la solució. Es filtra en calent i es dilueix el filtrat amb H₂O fins a 25 ml. (Quadre 3) (Jackson 1964)

3.3 Determinació dels elements

P es determina colorimètricament a 660 nm. per formació de blau de molibdè. Aproximadament el 80% del P dels fangs és fàcilment assimilable (soluble en citrat) (Willens i col. 1976) Un

25% del total és P orgànic (Sommers i col. 1976).

Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, Pb, Ni i Cr es determinen per Espectroscopia d'Absorció Atòmica.

K i Na es determinen per Fotometria de Flama.

3.4 Determinació de N

Aproximadament 0.1 g de fang es digereixen pel Mètode Kjeldahl i l'amoníac després es valora amb HCl N/15.

3.5 Relació C/N

El %C es calcula a partir de la MOT/1.8, fórmula aplicable a mostres orgàniques poc evolucionades (IRICUOW 1951).

4- Resultats i discussió

El recull de dades analítiques queda reflectit a les taules 1, 2 i 3, i als quadres 1 i 2.

Els resultats obtinguts difereixen, com és d'esperar, segons s'utilitzi la calcinació o la digestió nítrico-perclòrica. Té gran importància en la diferència de valors la fracció argilosa dels fangs, que encara que roman insoluble en HCl després de la digestió nítrico-perclòrica, sofreix un cert atac durant aquests processos, més fort a la digestió humida, solubilitzant-se una part dels seus components. Així observem una tendència a augmentar la relació entre contingut en certs elements segons la digestió nítrico-perclòrica respecte al contingut per calcinació al augmentar el contingut del residu insoluble en HCl.

Ajuden a completar les variacions en els valors obtinguts les petites pèrdues per volatilització o la formació d'òxids molt deshidratats durant la calcinació, així com les interferències que compostos com el HClO_4 i els PO_4^{3-} o elements com el Fe produeixen a les lectures per absorció atòmica d'altres elements: fortes disminucions en els casos de Pb i Mn, i més lleugeres en el del Ni; també altes relacions Zn/Cu poden afectar l'absorbància d'aquest últim.

El contingut en MOT, N, P, Fe, Ca i Mg en fang és notablement alt, mentre que és baix en K. El tractament anaeròbic sembla rebaixar fortament els continguts de MOT i N respecte a l'aeròbic. Faltaria, però, un conjunt més ampli de fangs per poder-ho confirmar.

La relació C/N no s'allunya excessivament de la de terres que són biològicament actives (relació C/N compresa entre 8 i 12). La proporció d'AH + AF respecte a la MOT augmenta en disminuir el percentatge de N. Aquests valors, junt amb la relació C/N ens poden donar un índex de l'estabilitat del fang format. També s'observa més proporció d'AH + AF quan més alta és la proporció de Ca i Mg. Podem esperar que aquests i altres elements polivalents ajudin a la precipitació i estabilització dels compostos húmics, igual com succeeix en sòls. L'alta relació AF/AH indica una baixa evolució i polimerització dels compostos húmics del fang.

Les dues extraccions donen continguts molt similars en Fe i P. Aquest resultat sembla confirmar que la major part del P total sigui fàcilment soluble (Willens i col. 1976) i per tant assimilable ràpidament.

Els continguts en microelements essencials i/o contaminants dels fangs no sobrepassen els nivells màxims acceptats en fangs domèstics (Chaney i col. 1976): 2.500 ppm. de Zn, 1.000 ppm. de Cu, 200 ppm. de Ni i 1.000 ppm. de Pb. Hi ha petits excessos, no molt accentuats, en el Zn, Ni i Cu del fang de Palència i en el Zn del de Roses.

La conclusió dels anàlisis químics d'aquestes mostres de fangs és que tenen unes magnífiques característiques com a adob, tant pel seu alt contingut orgànic i d'elements essencials, com l'acceptable nivell de metalls contaminants.

D- ANÀLISI FÍSICO - QUÍMICA

1- Preparació de les mostres

El mateix procés que per l'anàlisi química.

2- pH i conductivitat elèctrica

Per determinar el pH i el contingut en sals s'ha preparat un extracte 1/5. Dels líquids provinents del filtrat s'ha fet la lectura corresponent en el pH-metre i en el conductímetre.

3- Resultats i discussió

Els resultats obtinguts es recullen a la taula 4. El pH és neutre o lleugerament alcalí. Aquest és un factor de particular importància que cal considerar, ja que l'assimilació de metalls pesats per les plantes augmenta en la mesura que el pH disminueix (Page, 1974). És també d'interès considerar la conductivitat elèctrica ja que el contingut en sals pot afectar la germinació de les plantes, així com el seu creixement, sobretot si aques

tes són sensibles a la salinitat. Hi ha una escala de valors establerta entre la salinitat i la seva tolerància per les plantes (Berstein 1964). Es considera aquesta petita quan el contingut en sals és inferior a 4 mmhos/cm. La quantitat de sals en els fangs estudiats no sobrepassa aquest valor. per tant, el contingut en sals és molt baix i no oferirà cap tipus de problema en emprar-los com a adob o bé com a sòl artificial.

E- ANÀLISI FÍSICA

L'alt contingut en matèria orgànica que tenen els fangs (una mitjana d'un 57% de la fracció sòlida total) fa pensar que les propietats físiques han de ser diferents a les d'un sòl. Per això creiem que és d'interès estudiar-les, ja que d'aquesta manera es podrà preveure de quina forma incidiran sobre el sòl i indirectament sobre els cultius.

1- Preparació de les mostres

Les mostres se saturen d'aigua (60-70% d'humitat) prèviament a les determinacions i es deixen en aquestes condicions durant un mínim de tres dies.

2- Densitat real, densitat aparent i porositat total

La densitat real d'un sòl mineral és aproximadament de 2.65 g/cm^3 . Aquest valor disminueix en augmentar el contingut en matèria orgànica. Tenint en consideració que la densitat real mitjana de la matèria orgànica és de 1.45 g/cm^3 , s'ha calculat la densitat real dels fangs a partir del percentatge en matèria orgànica d'aquests.

La densitat aparent i la porositat total s'han determinat calculant el pes de matèria seca que està continguda en un cilindre de volum conegut ple de fang (De Boodt i col. 1968).

La porositat total ve donada per la diferència entre el volum aparent de fang i el volum ocupat per les partícules sòlides o volum real. També pot considerar-se que la porositat total és el volum d'aigua contingut pel fang a una succió de 10 cm. d'aigua.

3- Corba de retenció d'aigua

Aquesta corba dona la relació entre el volum % d'aigua i la pressió en atmòsferes.

La determinació de les corbes de retenció d'aigua o corbes de pF ha estat feta mitjançant el mètode de Richards (Richards 1949) fent servir extractors de membrana sotmesos a diferents pressions. Les pressions aplicades en atmosferes han estat 1/10, 1/3, 1 i 15.

4- Resultats i discussió

Els resultats de la densitat real, densitat aparent i la porositat total estan reflectits en la taula 4. La densitat aparent varia entre 0.18 i 0.65 g/cm³ i la porositat total oscil·la entre 70 i 90%. Es el fang de Palència, obtingut per tractament anaeròbic, el que té la porositat total més petita, mentre que els valors són més alts pels fangs provinents d'un tractament aeròbic. Relacionant aquest valor amb els paràmetres que ens indiquen el grau de polimerització i estabilitat de la fracció hídrica, veiem que com més petita és la porositat més altes són la relació C/N i la relació AH + AF/ MOT.

Per aconseguir un bon desenvolupament de les arrels d'una planta cal que el sòl tingui al mateix temps suficient aire i aigua. El volum % d'aire a una determinada pressió podem obtenir-lo fent la diferència entre la porositat total i el volum % d'aigua (Felipó i col. 1977). Quan la porositat és molt alta, el volum d'aire ho serà també. Respecte d'aquest punt, podem arribar a la conclusió que el fang de Palència està més compactat que els altres i pot fer-se servir com a sòl artificial pel cultiu de plantes (l'anàlisi físico-química i química no s'oposa a aquest ús). Respecte als fangs aeròbics, serà millor barrejar-los amb sòls minerals i així augmentarem la seva porositat. També podran fer-se servir com a sòls artificials quan les plantes que s'hi vulguin cultivar siguin herbàcies. Per tant, a l'hora de considerar aquest punt cal pensar en el tipus de planta i en el seu desenvolupament radicular.

Les corbes de retenció d'aigua (volum %) dels fangs, obtingudes a diferents pressions, estan dibuixades a la gràfica 1. També a la taula 5 estan expressats els resultats de l'aigua re

tinguda a diferents pressions i la seva relació amb la distribució dels porus.

Considerem com a aigua difícilment utilitzable per les plantes aquella que queda retinguda en els porus de diàmetre entre 0.2 i 3 μ ; l'aigua fàcilment utilitzable estarà retinguda en els porus entre 3 i 9 μ ; l'aigua de drenatge lent serà aquella que queda retinguda en els porus entre 9 i 30 μ i finalment aquella aigua que esta retinguda en els porus més grans de 30 μ de diàmetre serà l'aigua que es pot perdre ràpidament per drenatge.

S'ha observat que a mesura que es fan tractaments succeusius d'un sòl amb palla o femta, la corba de pF va canviant en el temps afavorint la retenció d'aigua. Aquest efecte és negatiu al fertilitzar amb nitrogen (Boguslawski i col. 1976). Això succeirà també en tractar un sòl amb fang a causa de l'elevat contingut en matèria orgànica, però en estar en aquests més estabilitzada i evolucionada, la seva acció serà més ràpida.

Tots aquests fangs retenen molta aigua fins a 1 atmosfera (que equival a una succió de 1.033 cm. d'aigua). Però normalment les arrels de les plantes extreuen fàcilment aigua fins a una succió de 1/3 d'atmosfera (344 cm.d'aigua). A succions superiors ho podran fer però amb més dificultats. Per tant, la quantitat d'aigua que poden retenir aquests fangs assegurarà l'economia hídrica dels cultius. Considerant això, podem afirmar que aquests fangs poden ser emprats (com a sòls artificials; també com a milloradors de l'economia hídrica d'un sòl a llarg plaç quan a aquest li manquen les característiques hídriques òptimes.

Agraïment:

Agraïm a SEARSA les facilitats d'accés a les seves plantes depuradores, i a CINVE i la Càtedra de Metalurgia de la Universitat Central de Barcelona, la col.laboració en la realització de l'anàlisi d'absorció atòmica.

F- BIBLIOGRAFIA

- 1- A.Andersson, K.O.Nilsson: Enrichment of Trace Elements from Sewage Sludge Fertilizer in Soils and Plants. *Ambio* 1972, 1(5), 176-179.
- 2- A.Andersson (a): On the Determination of Some Heavy Metals in Organic Materials. *Swedish J. Agric. Res.* 1976, 6, 145-150.
- 3- A.Andersson (b): On the Determination of Ecologically Significant Fractions of Some Heavy Metals in Soils. *Swedish J. Agric. Res.* 1976, 6, 19-25.
- 4- A.Andersson: Influence on the levels of Heavy Metals in Soil and Plant from Sewage Sludge used as Fertilized. *Swedish J. Agric. Res.* 1976, 6,151-159
- 5- A. Andersson: Some Aspects on the Significance Of Heavy Metals in Sewage Sludge and Related Products used as Fertilizer. *Swedish J. Agric. Res.* 1977,7,1-5.
- 6- D.Arden: The Agricultural Use of Municipal Sludge. 8th. Annual Waste Manag. Conf., Rochester (New York), 1976
- 7- D.E.Baker, M.C.Amacher, W.T.Doty: Monitoring Sewage Sludges, Soils and Crops for Zinc and Cadmium. *Proc. 1976 Cornell Agric. Waste Manag. Conf.*
- 8- L.Berstein: Salt Tolerance of Plants. *USDA, Agric. Inform, 1964, Bull.283, p.23.*
- 9- M.deBoodt, N.deWaele: Study on the Physical Properties of Artificial Soils and the Growth of Ornamental Plants. *Pedologie, 1968, 18(3), 275-300.*
- 10- E.V.Boguslawski, F.Zadrazil, J.Debruck: The Influence of long term Straw and Green Manuring as well as Nitrogen Fertilization on Factors of Soil Fertility: II Physical Propert. *J.Agronomy and Crops Sci., 1976, 143, 259-269.*
- 11- R.L.Chaney, S.B.Hornick, P.W.Simon: Heavy Metal Relationship during Land Utilization Of Sewage Sludge in the Northeast. *Proc. 1976 Cornell Agric. Waste Manag. Conf.*
- 12- C.S.Clark, E.J.Cleary, G.M.Schiff, C.C.Linnemann, J.P.Phair T.M.Briggs: Disease Risks of Occupational Exposure to Sewage. *J. Environ Engin. Div. 1976, 102(EE2), 375-388.*

- 13- Cooperative Extension Service (CES). The Ohio State Univ.:
Land Application Of Sewage Sludge. 1976, Bull. 598.
- 14- J.W.Doran, J.R.Ellis, T.M.McCalla: Microbial Concerns when
Wastes are applied to Land.
Proc. 1976 Cornell Agric. Waste Manag. Conf.
- 15- M.J.Dudas, S.Pawluk: Trace Elements in Sewage Sludge and
Metas Uptake by Plants Grown on Sludge-amended Soil.
Can. J. Soil Sci. 1975, 55, 239-243.
- 16- M.T.Felipo, O.Verdonk, I.Cappaert, M.deBoodt: Estudio de las
Propiedades Físicas de Sustratos Hortícolas.
An. Edaf. y Agrobio. (En Prensa)
- 17- T.D.Hinesly, R.L.Jones, J.J.Tyler, E.L.Ziegler: Soybean
yield responses and assimilation Of Zn and Cd from Sewage
Sludge-amended Soil.
J. Water Poll. Control Fed. 1976, 48(9), 2137-2152.
- 18- 2nd. Interim Report of the Interdepartamental Committee on
Utilization of Organic Wastes.
New Zealand Engineering 1951, n. 11-12.
- 19- M.L.Jackson: Análisis Químico de Suelos, 1964, p.447, Ed.
Omega.
- 20- F.Lobl, V.Wagnerová, A.Stiková: The influence of diffe-
rently treated soil Town Wastes on Biochemical Soil Processes
Studies about Humus- Humus et Planta VI 1975, 349-353.
- 21- R.E.McKinney, H.E.Langley, H.D.Tomlinson: Survival of Salmo-
nella typhosa during Anaerobic Digestion.
Sewage and Industrial Wastes, 1958, 30(12), 1469-1477.
- 22- R.H.Miller: Soil Microbiological Aspects of Recycling Se-
wage Sludge and Waste Effluents on Land, 1973.
- 23- S.M.Morrison, K.L.Martin: Pathogen Survival in Soils Re-
ceiving Waste.
Proc. 1976 Cornell Agric. Waste Manag. Conf. 371-389.
- 24- B.A.Nikitin: Method for Determining the Humus Content of
Soil.
Agrokhimiya, 1972 (3), 123-125.
- 25- A.L.Page: Fate and Effects of Trace Elements in Sewage
Sludge when applied to Agricultural Lands.
Environ. Technol. Sev., 1974, EPA 670/2-74-005, Cincinnati,
Ohio, 98 p.

- 26- L.A.Richards: Methods for Measuring Soil Moisture Tension.
Soil Sci. 1949, 68, 96-112.
- 27- R Rylander: Sewage worker's syndrome.
The Lancet, 1976,28,478-479/ 1977,7,1009.
- 28- S.J.Sedita, P.O'Brien, J.J.Bertucci, C.Lue-Hing, D.R.Zenz:
Public Health Aspects of Digested Sludge Utilization.
Proc. 1976 Cornell Agric. Waste Manag. Conf.
- 29- D.J.Silviera, L.E.Sommers: Extractability of Copper, Zinc,
Cadmium and Lead in Soils Incubated with Sewage Sludge.
J. Environ. Qual. 1977,6(1),47-52.
- 30- L.E.Sommers, D.W.Nelson,K.J.Yost: Variable Nature of Che-
mical Composition of Sewage Sludges.
J. Environ. Qual. 1976, 5(3), 303-306.
- 31- J.J.Street, W.L.Lindsay,B.R.Sabey: Solubility and Plant
Uptake of Cadmium in Soils Amended with Cadmium and Sewage
Sludge.
J. Environ. Qual.1977,6(1), 72-77.
- 32- G.Tyler: Heavy Metal Pollution and Soil Enzymatic Activity.
Plant and Soil, 1974,41, 303-311.
- 33- G.Tyler: Heavy Metal Pollution and Mineralization of Nitro-
gen in Forest Soils.
Nature, 1975, 255,701-702.
- 34- R.F.Unz: Microbiology of Waste Treatment.
J. Water Poll. Control Fed. 1976,48(6), 1367-1378.
- 35- M.Willens, B.Pedersen, S.Storgaard-Jorgensen: Composition
and Reactivity of Ash from Sewage Sludge.
Ambio, 1976,5(1), 32-35.
- 36- D.R.Zenz, J.R.Peterson, D.L.Brooman, C.Lue-Hing: Environ-
mental Impacts of Land Application of Sludge.
J. Water Poll. Control Fed. 1976,48(10), 2332-2342.

TAULA 1. Composició orgànica.

MOSTRES	Blanes	Palència	Llansà	Roses
% Matèria seca	---	70,15	16,23	89,98
% M.O.T. sms	69,92	39,77	59,47	57,75
% Cendres sms	30,08	60,23	40,53	42,25
% Residu insoluble en HCl sms	11,85	36,34	27,99	21,71
% Residu insoluble en HCl sobre cendres	39,41	60,34	69,05	51,39
% N sms	4,58	1,60	4,94	4,26
Relació C/N	8,48	13,81	6,69	7,53
% A.H. sms	5,50	3,09	1,93	2,39
% A.F. sms	6,28	5,38	4,33	8,10
A.F./A.H.	1,14	1,74	2,24	3,39
% A.H.+A.F. sobre M.O.T.	16,85	21,30	10,53	18,16

TAULA 2. MACROELEMENTS (en % sobre matèria seca)

	Ca	Mg	Na	K	Fe	P
	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
Blanes	4,33 4,04	0,41 0,43	0,24 0,65	0,30 0,56	0,81 0,92	1,48 1,38
Palència	7,25 8,17	1,10 0,42	0,14 0,19	0,14 0,56	0,78 0,80	0,89 1,07
Llansà	3,30 2,27	0,28 0,59	0,30 0,32	0,45 0,88	0,69 0,76	1,13 1,29
Roses	4,92 4,37	0,80 0,92	0,32 0,34	0,32 0,73	1,03 1,04	1,71 1,69

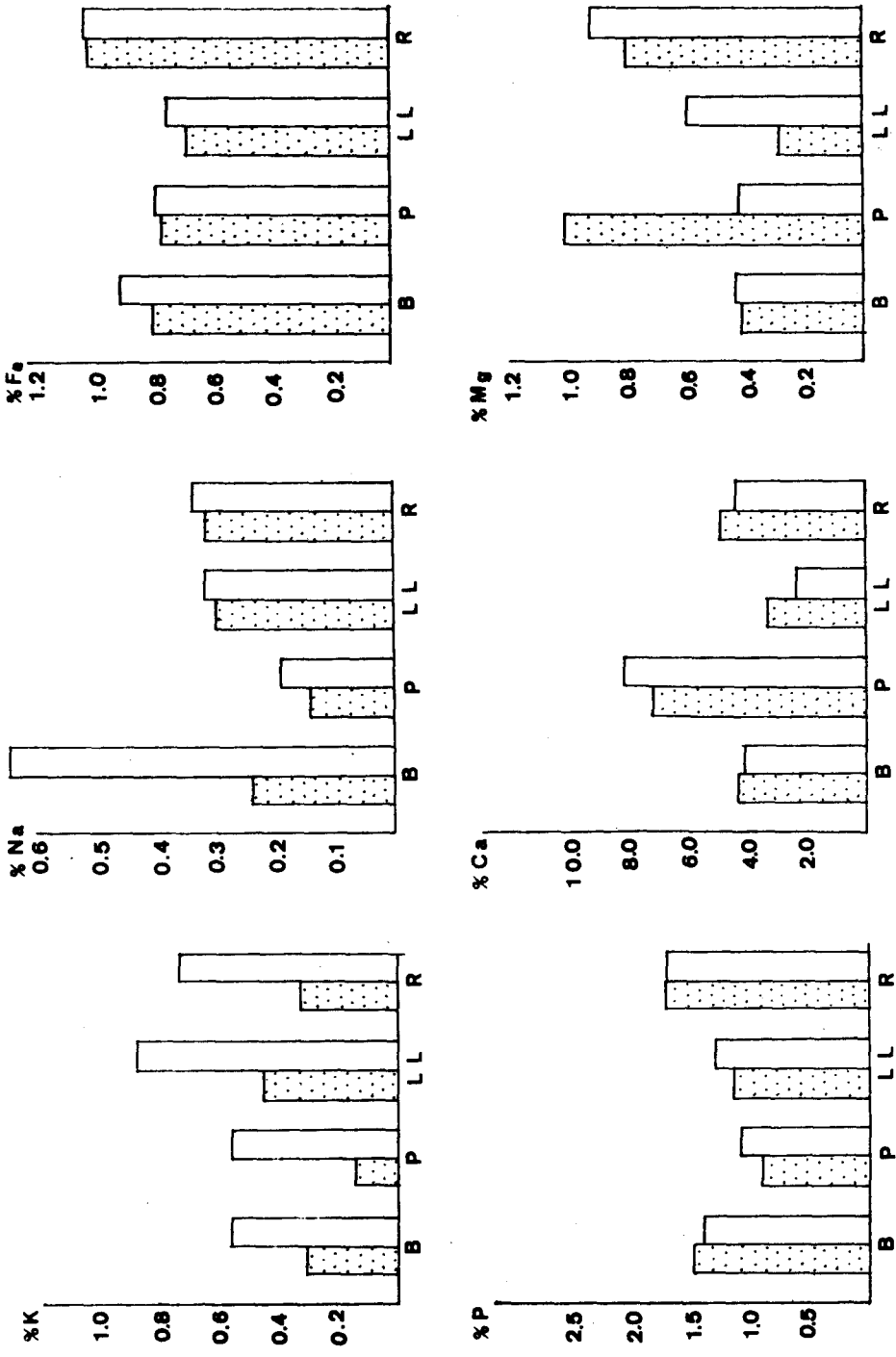
TAULA 3. MICROELEMENTS. (en ppm sobre matèria seca)

	Zn	Cu	Mn	Pb	Cr	Ni
	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
Blanes	1817 1760	164 185	268 206	386 117	40 56	27 35
Palència	1606 3360	1870 2835	120 119	507 229	59 65	220 321
Llansà	1050 1590	226 252	161 119	183 85	83 102	52 62
Rosès	2175 2307	196 239	180 138	448 129	39 59	34 40

1. Correspon a la calcinació seguida de dissolució de cendres en HCl.

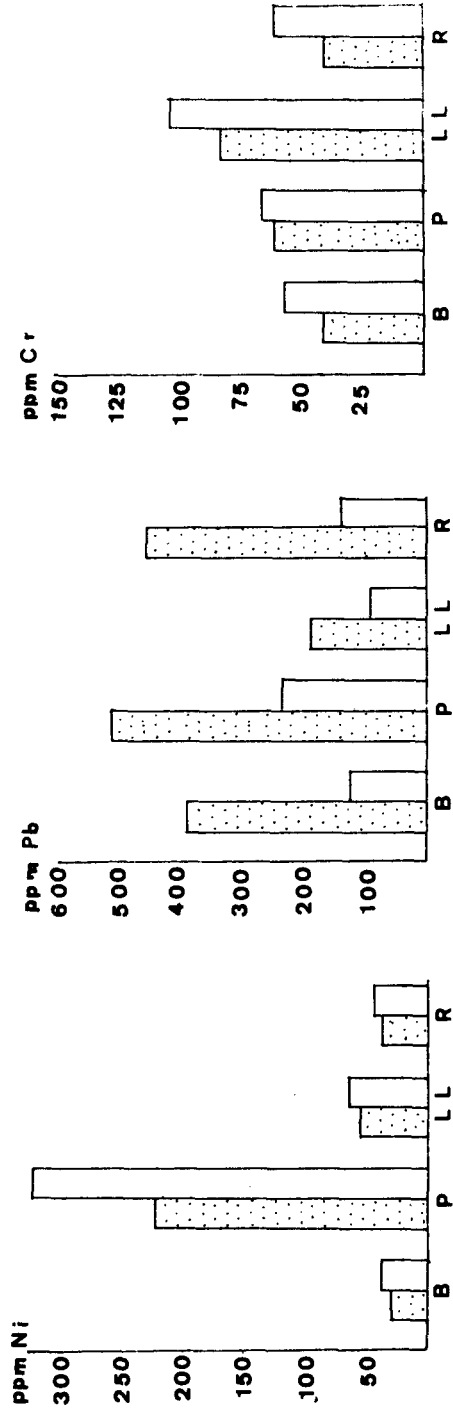
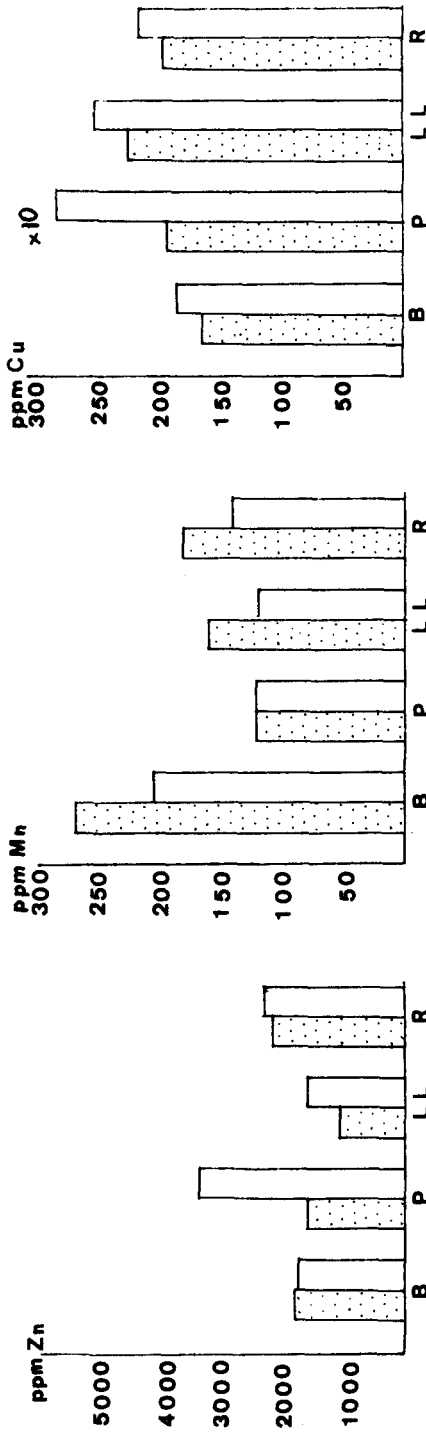
2. Correspon a la solució resultant de la digestió nítrico-perclòrica.


QUADRE 1. MACROELEMENTS.



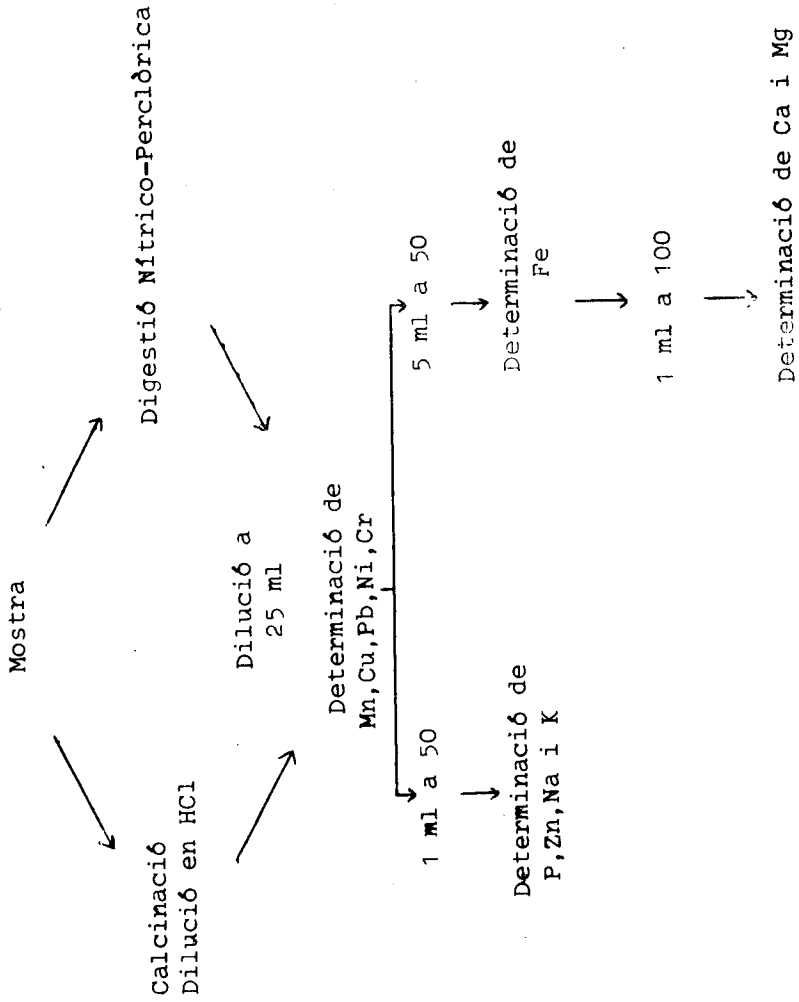
 Calcinació
  Digestió HNO₃-HClO₄

QUADRE 2. MICROELEMENTS.



 Calcinació
  Digestió HNO₃-HClO₄

QUADRE 3.



TAULA 4.- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES I FÍSQUES.

	pH	Residu in-soluble. %	Conductivitat elèctrica. mmhos/cm	Densitat real. g/cm ³	Densitat aparent. g/cm ³	Porositat total. %
Palència	7,1	36,34	1,10	2,08	0,654	69,0
Llansà	6,5	27,99	1,35	1,78	0,183	90,0
Roses	7,0	21,71	0,26	1,83	0,422	77,0

TAULA 5.- RELACIÓ ENTRE L'AIGUA RETINGUDA (volum %) I LA DISTRIBUCIÓ DELS PORUS A DIFERENTES PRESIONS.

	< 0,2 μ PF=4,19	< 3 μ PF=3,01	< 9 μ PF=2,54	< 30 μ PF=2,01	0,2-3 μ	3-9 μ	9-30 μ	> 30 μ
Palència	51,6	53,2	57,4	63,1	1,6	4,2	5,7	14,0
Llansà	31,2	40,4	45,1	52,6	9,2	4,7	7,5	40,2
Roses	59,5	59,8	60,2	64,4	0,3	0,4	4,2	30,6

GRAFICA 1.- CORBA DE RETENCIÓ D'AIGUA.

