



CADENGA CADERNOS



18

LODOS DE DEPURACIÓN

- Prevención
- Sustentabilidade
- Alternativas de tratamento
- Tecnoloxías de compostaxe

OS AUTORES e AS AUTORAS

- Mercedes Fra. Agroamb.
- Xosé Antonio González Ferreira. Enxeñeiro Agrónomo e Enxeñeiro Técnico Industrial
- Carlos Pérez Losada. Dpto. Tratamento de Residuos & Energía. ROS Roca

EDICIÓN E COORDINACIÓN

- Manuel Soto Castiñeira. Departamento de Química Física e Enxeñaría Química I, Universidade da Coruña
- Belén Rodríguez. Periodista ambiental, Adega.

As ideas, afirmacións e posicionamentos vertidos polos autores en ADEGA CADERNOS son responsabilidade exclusiva dos mesmos. Permitida a reprodución, sempre que se cite a fonte. Editado en papel reciclado 100% para preservar os bosques, evitar a contaminación das celulosas e contribuír á reciclaxe do lixo.



ADEGA
Travesa de Basquiños 9 baixo
15704 Santiago de Compostela
Teléfono e Fax: 981 57 00 99
adeganacional@adega.info
www.adega.info

ADEGA CADERNOS

Depósito Legal Nº.: 1390/96 ISSN.: 1137-0262

ISBN: 978-84-936989-8-0

Edita: Asociación para a Defensa Ecolóxica de Galiza

Maquetación: Alberte SR

Dirección: Manuel Soto Castiñeira

Santiago de Compostela, decembro de 2008

(2ª Edición)

Esta publicación contou na súa primeira edición cunha axuda da Secretaría Xeral de Investigación e Desenvolvemento da Xunta de Galicia

ÍNDICE

1. RISCOS AMBIENTAIS E POSIBILIDADES DUNHA XESTIÓN SUSTENTÁBEL DE LODOS 5

Manuel Soto e Belén Rodríguez

1.1. OS CONTAMINANTES PRESENTES NOS LODOS	5
1.2. MALESTAR VECIÑAL POLO VERTIDO DE LODOS NAS TERRAS	8
1.3. A NECESIDADE DE PLANIFICACIÓN	10
1.4. PREVENCIÓN OU REDUCIÓN NA ORIXE	12
1.5. TRATAMENTO E ACONDICIONAMENTO. COMPOSTAXE.....	14
1.6. A PRODUCCIÓN DE LODOS EN GALIZA	16
1.7. CONCLUSIÓNS	17

2. XERACIÓN DE LODOS E ALTERNATIVAS DE XESTIÓN 19

Xosé Antonio González Ferreira

2.1. ORIXE DOS LODOS: AUGAS RESIDUAIS E DEPURACIÓN	19
2.2. PRODUCCIÓN DE LODOS.....	21
2.3. PROCESOS DE TRATAMENTO DE LODOS	22
2.4. A XERARQUÍA DE ALTERNATIVAS NA XESTIÓN DE LODOS	24
2.5. A BIOMETANIZACIÓN: O MODELO DA COMARCA DE PAMPLONA	28
2.6. A COMPOSTAXE DE LODOS: A ALTERNATIVA NECESARIA	31
2.7. QUE FACER NO NOSO PAIS	35

3. ASPECTOS TECNOLÓXICOS DA COMPOSTAXE DE LAMAS DE DEPURADORA..... 39

Carlos Pérez Losada

3.1. INTRODUCCIÓN	39
3.2. OBXECTIVOS E METODOLOXÍA	39
3.3. RESULTADOS	41
3.3.1. Test de necesidade de material estruturante na compostaxe de lamas..	41
3.3.2. Estudio de proporcións estruturante-lamas máis axeitadas	42
3.3.3. Estruturantes inertes como alternativa ao triturado vexetal	44
3.2.4. Un caso particular: Compostaxe de lamas da industria papeleira	47
3.4. A XEITO DE CONCLUSIÓNS	48

4. VALORIZACIÓN AGRONÓMICA DE LODOS 51

Mercedes Fra

4.1. MARCO NO QUE SE DESENVOLVE A XESTIÓN DE LODOS DE DEPURACIÓN	51
4.2. VANTAXES DA VALORIZACIÓN AGRONÓMICA DE LODOSS	53
4.3. AS NECESIDADES DO SOLO	53
4.4. PRODUCIR LODOS ADAPTADOS ÁS NECESIDADES AGRÍCOLAS	54
4.5. INVESTIGACIÓN E DESENVOLVEMENTO	54

1. RISCOS AMBIENTAIS E POSIBILIDADES DUNHA XESTIÓN SUSTENTÁBEL DE LODOS

Manuel Soto e Belén Rodríguez

1.1. OS CONTAMINANTES PRESENTES NOS LODOS

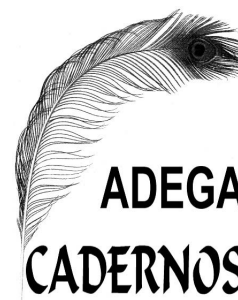
Os lodos de depuración teñen a súa orixe nos residuos humanos e industriais que se verten na forma de augas residuais, e conteñen organismos e substancias que poden causar un impacto na saúde humana e ambiental cando superan determinados niveis. Trátase maiormente de microorganismos patóxenos, metais pesados e compostos orgánicos sintéticos.

Segundo Darvodelsky e Fien (2005), hai evidencias de que a aplicación correcta dos lodos en terras agrícolas é unha actividade segura, tamén para as persoas que viven nas explotacións que fan uso dos mesmos, sempre que se sigan as recomendacións técnicas da WEAO (Water Environment Association of Ontario). A propia USEPA (Environmental Protection Agency of Unites States) concluíu que non existe evidencia científica documentada de fallos na protección da saúde cando se observan as regulacións de uso de lodos, se ben considerou que algúns aspectos relacionados cos organismos patóxenos e cun total de 15 substancias químicas presentes nos lodos require hoxe en día máis investigación. A contaminación por cadmio e por dioxinas móstranse como algúns dos riscos potenciais, se ben a lista amplíase ao chumbo, arsénico e PCBs (policlorobifenilos). Estes autores falan mesmo do “síndrome do lodo” sufrido por persoas que viven cerca dos terreos nos que se aplican lodos. As denuncias nos medios de comunicación son frecuentes (por exemplo, en Estados Unidos, e tamén en Galiza) e mesmo se teñen rexistrado denuncias xudiciais.

Patóxenos

Darvodelsky e Fien (2005) afirman que a aplicación de xurros e lodos seguindo os criterios de normativas como a US EPA 40CFR part 503 non causa riscos significativos para a saúde humana. Máis polo concreto afirman que:

- O esporeamento de lodos líquidos non causa riscos sanitarios para as persoas, agás nunha distancia inferior a 100 m na dirección do vento desde o lugar de aplicación. Nesta práctica de aplicación, os organismos patóxenos presentes nos aerosois son moi sensíbeis á inactivación polo efecto da radiación solar, o secado e as altas temperaturas.



- O risco de contaminación das augas superficiais é pouco probábel, polo reducido tempo de sobrevivencia das bacterias entéricas e virus no solo.

- Téñense detectado en augas subterráneas moi poucas bacterias procedentes dos solos tratados con lodos

- Os riscos de saúde para as persoas e os animais que viven en explotacións nas que se aplican lodos non son significativos. En todo caso, os riscos serían sempre maiores para os traballadores que están a diario en contacto directo con lodos de depuración, mais isto non está a ser tema de debate público.

Metais pesados

A pesar da consideración de que as actuais normas garanten a seguridade sanitaria e ambiental, tense indicado que os límites para o cadmio en USA son demasiado laxos, xa que consideraron unha capacidade de captación polas plantas moi inferior á que mostran na realidade moitas plantas de follas grandes. Por esta razón, a exposición das persoas con dieta vexetariana sería maior que a exposición media estimada como base da normativa. A lexislación americana permite máximos de 85 ppm (partes por millón) de cadmio nos lodos, un valor que a lexislación comunitaria da UE reduce a 40 ppm para solos con pH superior a 7 (véxase o capítulo 2 deste mesmo caderno).

Porén, téñense indicado como límite seguro de cadmio no solo valores non superiores a 1,5 ppm (a pH >7) e valores menores de 0,5 ppm a pH de 5-6. Por outra banda, o límite oficial para agricultura ecolóxica na UE sitúase en 0,7 ppm de Cd nas emendas orgánicas, un valor moi inferior a eses 20-40 ppm que permite a normativa sobre lodos. O cadmio está considerado, por todo isto, como un dos metais que deben ser seguidos e controlados en relación coa aplicación dos lodos ás terras.

Algúns metais pesados e outros contaminantes inorgánicos non están regulados, como poden ser aluminio, antimonio, asbestos, bario, berilio, boro, cianuro, fluoruro, manganeso, prata, talio e estaño. Nun plano xeral, non semella probábel que estas substancias creen problemas sanitarios. Porén, cando os sistemas de control e prevención en orixe fallan e se mostran inefectivos en evitar a entrada destes compostos aos sumidoiros, non se pode afirmar nada como non sexa despois dun estudo de cada caso concreto, afirman Darvodelsky e Fien (2005). Tanto a industria da auga e dos residuos como as administracións deberían partir da consideración de que a falta de datos só alenta a sospeita.

A normativa actual (ver a Táboa 1.1) facilita o uso agrícola de lodos con elevadas concentracións de metais pesados, moi superiores ás permitidas na actualidade para outros fertilizantes orgánicos elaborados con residuos (RD 824/2005) ou pola futura normativa europea sobre residuos orgánicos compostados (Directiva Bioresiduos). Por exemplo, o “residuo estabilizado” do borrador de directiva de bioresiduos non se podería aplicar a terras agrícolas, sendo o seu destino a restauración de solos ou o vertedoiro. O Real Decreto 824/2005 sobre produtos fertilizantes indica que as emendas pertencentes á Clase C non se poderán aplicar en cantidades superiores a 5 toneladas por hectárea e ano. Considerando que o solo agrícola é un recurso inestimábel e limitado, que é preciso preservar da súa degradación, o uso xeral fica limitado a calidades da clase B ou superiores (clase A). Existindo estas normativas paralelas, non se entende moi ben porque continúa en vigor o RD 1310/1990 e se permite a aplicación de lodos con contidos en metais pesados entre 3 e 40 veces superiores aos da clase B para fertilizantes elaborados a partir de residuos.



Xa no ano 2000, un documento de traballo da Comisión Europea analizaba a futura adopción dunha serie de medidas (prevención, tratamento, información, etc) co obxectivo de reducir os niveis máximos de metais pesados presentes nos lodos

Táboa 1.1. Limites para metais pesados en residuos orgánicos, segundo diversas normativas

Metal (ppm ou mg/kg materia seca)	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Agricultura ecolóxica ^a	0.7	70	70	0.4	25	45	200
Ecoetiqueta UE ^b	1	100	100	1	50	100	300
Directiva Bioresiduos Clase 1 ^c	0.7	100	100	0.5	50	100	200
Ídem. Clase 2 ^c	1.5	150	150	1	75	150	400
Ídem. Residuo estabilizado ^c	5	600	600	5	150	500	1.500
Orde española fertilizantes en vigor até 2005 ^d	10	400	450	7	120	300	1.100
Fertilizantes elaborados con residuos (en vigor desde 2005), Clase A ^e	0.7	70	70	0.4	25	45	200
Ídem. Clase B ^e	2	25	300	1.5	90	150	500
Ídem. Clase C ^e	3	300	400	2.5	100	200	1.000
RD Uso de lodos na agricultura, solos con pH <7 ^f	20	1.000	1.000	16	300	750	2.500
Ídem. solos con pH >7 ^f	40	1.500	1.750	25	400	1.200	4.000

^a Regulamento 2092/91/CE; ^b Decisión 488/1998/CE; ^c 2º borrador da Directiva Bioresiduos; ^d Orde 28/5/1998 sobre fertilizantes e afíns; ^e RD 824/2005, do 8 de xullo, sobre produtos fertilizantes; ^f Real Decreto 1310/1990.

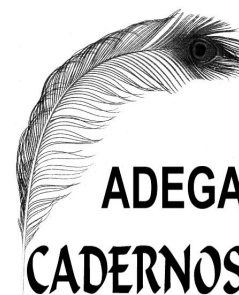
con destino á agricultura (EWC, 2001). Isto levaría a adopción dos valores límites indicados na Táboa 1.2. Estes datos recoñecen a necesidade de reducir fortemente as achegas de contaminantes presentes nos lodos que hoxe chegan aos solos, especialmente no caso do cadmio e mercurio (nun 90% ou máis), a continuación no caso do níquel e chumbo (nun 70-80%) e tamén, aínda que en menor medida, no caso do cromo, cobre e zinc (30-60%). A preocupación é especialmente notoria polo feito de que coa entrada de novas depuradoras prevese un aumento continuado das cantidades de lodos xerados, ao tempo que porcentaxes maiores serán destinadas a uso agrícola, especialmente nos países do sur de Europa (Renner, 2000). Porén, nin estas medidas nin os límites legais foron promulgados á día de hoxe.

Un estudo sobre lodos aplicados en terras de A Laracha e Coristanco, en 2005, ofreceu os resultados presentados na Táboa 1.3. Do mesmo conclúese que as características dos lodos

Táboa 1.2. Posíbeis valores límites para a concentración de metais pesados en lodos con destino á agricultura (mg/kg m.s.)

Elementos	Actual: R.D. 1310/1990 ^a	Medio prazo (2015) ^b	Longo prazo (2025) ^b
Cadmio	20(40)	5	2
Cromo	1000(1500)	800	600
Cobre	1000(1750)	800	600
Mercurio	16(25)	5	2
Níquel	300(400)	200	100
Chumbo	750(1200)	500	200
Zinc	2500(4000)	2000	1500

^a Valores límites para lodos destinados a solos con pH <7, e entre paréntese valores límite para lodos destinados a solos con pH<7. ^bFonte: EWC (2001)..



cumpren coas limitacións impostas polo RD 1310/1990, mais á vez algunhas mostran superan calquera das clases do recente RD 824/2005. A cantidade de contaminantes que entran nas terras pode ser moi superior á aconsellada polas normativas máis avanzadas.

Táboa 1.3. Análise de 4 mostras de lodos aplicados en terras de A Laracha e Coristanco (2005)

Metal (ppm ou mg/kg materia seca)	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Mínimo	0.7	28.8	155	0.33	17.8	60	408
Máximo	1.61	50.3	1814	1.26	28.7	238	1142

Compostos orgánicos sintéticos

Trátase tanto de compostos sometidos a regulación como doutros que non o están, mais que en xeral están presentes no ambiente e son de uso cotiá pola poboación como compoñentes ou aditivos de diferentes materiais e produtos. Entre os compostos regulados poderíamos citar o DDT/DDD/DDE, aldrín, dieldrín, clordano, heptacloro, heptacloroepóxido, exaclorobenceno, lindano, exacloruro de benceno e PCBs. Entre os compostos non regulados están os surfactantes (alquilbencenosulfonatos), os disruptores endocrinos (alquilfenoles e estróxenos), dioxinas, furanos, fármacos, radionúclidos e retardantes do fogo polibrominados. Hoxe a lista está a ser ampliada, coa atención posta en residuos de fármacos, produtos cosméticos e outros contaminantes emerxentes. O comportamento destes contaminantes nas augas residuais e nos sistemas de depuración aínda está a ser estudado (Omil, 2008), mais sábese que, para algúns dos compostos, o lodo é un dos seus destinos preferentes.

Segundo a WEAO, os elementos traza tais como os compostos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos poliaromáticos (HPA), os pesticidas, as dioxinas e os furanos e os surfactantes tipo LAS (lauril alquil sulfonato) mostran baixas concentracións nos lodos ou son eficientemente degradados. Sobre o seu comportamento dispónse de suficiente información e pode asegurarse que non constitúen riscos de importancia, afirma a WEAO, e no mesmo sentido pronunciouse a Organización Mundial da Saúde.

Con todo, existe evidencia científica de que subprodutos da descomposición de substancias con efecto de disruptores endocrinos persisten nos lodos e poderían causar problemas nas especies salvaxes. Os fármacos deséñanse maiormente para seren solúbeis na auga e biodegradábeis, e os radionúclidos son de vida corta, polo que estas substancias non deberían presentar un factor de risco nos lodos. Os fogo-retardantes polibrominados están presentes en moitos produtos de uso cotiá, e por tanto no ambiente en xeral, de tal forma que a chegada pola vía dos lodos semella ser unha fonte menor (Darvodelsky e Fien, 2005).

Aínda que se estima un risco baixo ou moi baixo, estes autores consideran necesario un maior coñecemento científico en relación coa presenza nos lodos e o comportamento de substancias como o cadmio, os derivados dos disruptores endocrinos, e os fogo-retardantes polibrominados

1.2. MALESTAR VECIÑAL POLO VERTIDO DE LODOS NAS TERRAS

A falla de planificación na xestión de lodos de depuradora e de plantas de tratamento específico no noso país está a fomentar nos últimos anos as queixas de comunidades veciñais afectadas polos vertidos directos dos lodos de depuración nas terras de cultivo e nos montes. Veciños e veciñas das parroquias próximas ao lugar dos depósitos néganse a soportar os fortes cheiros que se desprenden dos lodos tras o seu vertido, e dubidan das consecuencias que estas prácticas poidan ocasionar, en termos de contaminación, sobre os terreos e sobre os



acuíferos dos que se abastecen.

A pesares de que as empresas xestoras teñen afirmado en repetidas ocasións a inocuidade ambiental do depósito de lodos sobre as fincas e as súas vantaxes como elementos fertilizantes, creáronse colectivos e asociacións de afectados e apareceron protestas que reclaman responsabilidades ante as administracións municipais e autonómicas. Nalgúns casos, mesmo teñen mandado analizar mostras de lodos a laboratorios por iniciativa propia para coñecer a posíbel presenza de metais pesados, bacterias ou outro tipo de substancias químicas ou perigosas para a saúde humana e para os cultivos ou terras de manexo agrícola.

O fedor xerado polos vertidos inza as sospeitas entre a veciñanza que se queixa de que a maioría dos lodos destinados ao abonado das terras non están tratados previamente con almacenamento prolongado ou con técnicas biolóxicas, químicas ou térmicas que reduzan a fermentación e os riscos sanitarios, tal e como indica a lexislación vixente. Por outra banda, en relación con este debate, algúns expertos alertan de que os problemas de contaminación dos lodos de depuración sen tratar e botados sobre as terras agrícolas poderían pasar á cadea alimentaria e producir, no peor dos casos, alteracións xenéticas, alerxias ou problemas de fertilidade.

A carencia de formación técnica das persoas e as dificultades que atopan para acceder á información relativa a esta materia, animounas a recorrer á experiencia e coñecemento de varios colectivos ecoloxistas, entre eles ADEGA, e a especialistas na xestión de residuos, cos que conxuntamente presentaron denuncias ante as instancias administrativas. A solución, segundo a comunidade afectada, está no cumprimento da lexislación vixente por parte dos xestores dos refugallo e na creación en Galiza de plantas de tratamento de lodos de depuración que garantan a viabilidade ambiental e agraria da súa aplicación nas terras de cultivo. Mesmo algunhas instalacións de compostaxe da fracción orgánica do lixo están deseñadas tamén para tratar lodos, mais de momento non se recorreu a elas.

Coristanco (A Coruña)

Xa en 2005, veciños e veciñas de Santa María de Traba, en Coristanco, puxeron en coñecemento do SEPRONA (Servizo de protección da Natureza da Garda Civil) e do concello coruñés o seu malestar polos cheiros que procedían dos lodos de depuración vertidos preto das súas casas, nos montes de Coristanco e A Laracha. Posteriormente, a empresa xestora decidiu trasladar os vertidos á Parroquia de Seavia coa mesma sorte que no caso anterior. Tamén alí a veciñanza se opuxo activamente, parando (literalmente) os camións que transportaban os residuos das depuradoras de Carballo e Sanxenxo, entre outras localidades. Así mesmo, extraeron mostras dos lodos para analizar a súa calidade nos laboratorios da Universidade da Coruña, dando como resultado a presenza de metais pesados e de elevados niveis de nitróxeno.

Monforte de Lemos (Lugo)

O primeiro caso de depósito de lodos denunciado en terras monfortinas foi no ano 2003, na parroquia de A Bastida. Os lodos procedían da cidade de Vigo e os malos olores chegaban aos lugares de Piñeira, Dirstriz e Canaval. As mobilizacións veciñais acabaron nos xulgados, que fallaron a favor do colectivo afectado paralizando os vertidos. Porén, dous anos máis tarde, rexistráronse de novo deposicións na zona de A Chaira, na Parroquia de A Penela. Os veciños e veciñas denunciaron os feitos á Delegación provincial de Medio Ambiente e ao Concello de Monforte sen resultados satisfactorios. Tamén en A Penela fixeron análises fitopatolóxicas dos lodos e pararon fisicamente os camións de transporte.

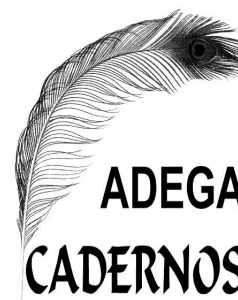




Figura 1.1. As prácticas de aplicación dos lodos á terra non sempre seguen as pautas recomendadas. En moitos casos ten lugar a aplicación de lodos sen tratar, altamente biodegrábeis e en capas de excesivo grosor.

Minas de Río Tinto, en Touro (A Coruña)

Vinte anos despois do abandono da explotación a ceo aberto dun xacemento de cobre, as minas de Río Tinto de Touro están a crear un grave impacto ambiental. A superficie afectada é de 600 Ha. descubertas, con grandes balsas artificiais de augas altamente contaminadas, cuxos efectos prexudican dous afluentes do río Ulla. Hai catro anos, a Universidade de Santiago deseñou un plano experimental para a restauración dos acuíferos en que se sinala a utilización de diversos residuos: lodos de depuradora, refugallos de matadoiro, cunchas de mexillón, cinzas de caldeira e cascallo de obra. Pretendíase así crear unha capa de terra vexetal e elevar o pH das augas. Pero esta idea xerou algúns problemas. O investimento da Xunta tan só estaba dedicado aos custos de transporte dos residuos e utilizábanse os lodos de depuración porque, entre outras cousas, eran de balde. Porén, non houbo ningún sistema de control e vixianza que evitara o depósito de grandes cantidades de lodos na zona o que provocaría, posteriormente, as iras e queixas dos habitantes das aldeas dos arredores. Así mesmo, ADEGA presentou unha denuncia e solicitou paralizar o vertido directo destes residuos, ao tempo que reclamou un Plano Integral serio para a recuperación total da mina.

1.3. A NECESIDADE DE PLANIFICACIÓN

A Lei 10/98 de Residuos, xunto cos plans estatais de xestión de RSU e de Lodos de depuración (MIMAN, 1998, 2001), establecen a seguinte xerarquía priorizada nas opcións:

- Prevención: redución na orixe
- Recicla xe, incluíndo a compostaxe e a biometanización
- Outras formas de valorización
- Eliminación: destrución, vertido

Así mesmo, a normativa sobre prevención e controle integrado da contaminación (directiva IPPC e normas derivadas) aplícase ás plantas de xestión de lodo e require:

- A avaliación ambiental integrada, incluíndo tanto os aspectos relativos a contaminación como ao uso dos recursos e da enerxía
- O uso das mellores tecnoloxías e procedementos dispoñíbeis

As alternativas de xestión dos lodos deberían acoller, por tanto a estes criterios que, a pesar do indicado anteriormente, non sempre están suficientemente clarificados (véxase, a modo de exemplo, a lei galega de residuos sólidos urbanos de 1997, ou os borradores dunha nova lei galega de residuos elaborados entre 2006 e 2008). A consideración da xerarquía de xestión fai necesaria a planificación da xestión de lodos, único nivel no que se poden formular solucións para acadar os obxectivos marcados nesta xerarquía. Antes de decidir actuacións custosas e irreversíbeis, como a decisión de construír unha instalación cun determinado tipo de tecnoloxía, compre pois definir o modelo xeral de xestión do que formarán parte as instalacións e prácticas de xestión concreta. A inexistencia dun plano de xestión de lodos en Galiza é pois unha carencia manifesta.

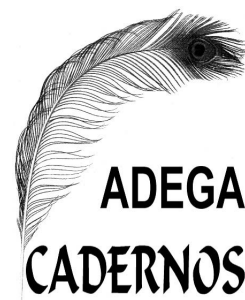
A consideración do principio e os obxectivos de prevención require ligar a xestión dos lodos ao modelo de saneamento e depuración de augas residuais. Por outra banda, a consideración do principio de integración require formular conxuntamente a xestión dos lodos xunto coa xestión doutros residuos de tipo orgánico, nomeadamente os residuos vexetais de parques e xardíns, os residuos forestais, e a fracción orgánica do lixo (Moreno e Moral, 2008). Trátase en todos os casos de residuos orgánicos cuxa xestión integrada presenta vantaxes de distinto tipo, tanto ambientais como técnicas ou económicas.

O secado térmico con base ao uso de combustíbeis fósiles, incluso cando se fai en réxime de coxeración, resulta ineficiente desde o punto de vista do consumo de enerxía. Considerando o grave problema ambiental derivado do intenso uso da enerxía, tanto a nivel local como planetario (chuvia ácida, cambio climático, contaminación química, dependencia das enerxías fósiles...), ningunha tecnoloxía ou proceso que requira un uso intensivo da enerxía pode ser considerada sustentábel.

As solucións aquí apuntadas como sustentábeis correspóndense, pois, cos dous primeiros banzos da xerarquía legal de opcións de xestión: 1) A Redución na Orixe, e 2) A Reciclaxe. No caso dos lodos e doutros residuos orgánicos, a reciclaxe consiste na súa devolución aos solos como emenda orgánica, restituíndo aos campos tanto carbono orgánico como elementos nutrientes. Esta alternativa é moi recomendábel, pois axuda a fixar carbono nos solos, mellora diferentes propiedades dos solos de cultivo e doutro tipo (estrutura, retención de auga, actividade biolóxica), e permite reducir o uso de fertilizantes doutras procedencias. Os mesmos beneficios que a miúdo se enunciado para a aplicación do compost ás terras poden esperarse da aplicación de lodos (Domínguez, 2004), ao tempo que se contrasta unha carencia importante e crecente de materia orgánica nos solos galegos (Díaz-Fierros, 1999).

Con estes obxectivos, a recuperación e reutilización dos nutrientes e a materia orgánica presentes nos residuos é unha necesidade que se ven afirmando desde a formulación de diversos modelos de depuración e saneamento ecolóxico (UNESCO, 2006; Novotny e Brown, 2007). Aínda que existen alternativas de saneamento máis sustentábeis (Soto, 2008), baseadas na prioridade desa recuperación e aproveitamento, a utilización agrícola do lodos é, dentro do modelo de saneamento convencional, unha das poucas medidas que contribúen a reciclaxe dos recursos contidos nas augas residuais.

A única limitación á reciclaxe agro-florestal dos residuos orgánicos derívase da súa contaminación microbiana e química. A contaminación microbiana resólvese cos tratamentos de tipo biolóxico (compostaxe ou biometanización), ou químico-



físicos como o encalado. O contido en contaminantes químicos só se ve reducido en determinados tipos de contaminantes polos procesos biolóxicos de tratamento. A actual normativa fixa límites só para o contido en diversos metais pesados, mais nin o secado nin os tratamentos biolóxicos afectan de forma significativa á cantidade total de metais pesados contidos nun lodo. Neste sentido, as únicas solucións realistas son o controle e prevención na orixe da entrada de contaminantes nos circuitos das augas residuais, o que nos conduce á necesidade da adopción de medidas de prevención tanto no eido industrial como no de servizos e no doméstico.

En razón de que determinadas partidas de lodo non reúnan os requisitos mínimos para a súa aplicación ao terreo, o depósito en vertedoiros controlados aparece entón como última solución á que podemos recorrer.

Outro aspecto a subliñar é o deficiente coñecemento da xeración de lodos e as súas características, incluíndo aquelas de importancia para as diferentes alternativas de xestión. Se ben existen grupos de investigación nas universidades galegas que contan con experiencia nos campos dos tratamentos biolóxicos como a compostaxe e a dixestión anaerobia, a realidade é que non se veñen aproveitando as sinerxías que debería haber entre investigación e desenvolvemento (I+D) e a incorporación de Galiza a unha xestión ambiental avanzada. Así, chegouse á situación de 2005 cunha licitación que prevía investir sumas elevadísimas en instalacións e na súa explotación (Xunta, 2005), sen ter dedicado esforzo algún a I+D. O referido concurso foi finalmente anulado ou aprazado, mais anos despois seguimos sen novos avances en I+D neste eido. Alén do manifesto atraso nese sentido que padece Galiza, semella lóxico que estes investimentos deberían levar aparelado a realización de actividades de investigación que, á postre, redundan nunha mellor e máis económica xestión ambiental.

A continuación abondaremos nas posibilidades e alternativas prácticas en cada unha das categorías de redución en orixe e de reciclaxe.

1.4. PREVENCIÓN OU REDUCIÓN NA ORIXE

Como é sabido, e tamén aparece recollido na mencionada lexislación, a prevención do problema ambiental dos lodos presenta dúas caras diferenciadas:

- Redución cuantitativa da cantidade de lodos xerados (obxectivos cuantitativos de redución)
- Redución da carga contaminante contida nos lodos xerados (obxectivos cualitativos de redución)

Disponse de varias alternativas para a redución da cantidade de lodos que se destina a tratamento final, sexa este o do seu emprego como emenda nas terras ou o de vertedoiro ou outra forma de eliminación.

Dixestión anaerobia

Unha tecnoloxía que se pode considerar clásica, xa que noutros países e cidades se ven aplicando desde comezos do século XX, é a dixestión anaerobia dos lodos xerados en calquera dos procesos de depuración de augas residuais (Soto, 2002). A dixestión anaerobia permite reducir a cantidade de materia orgánica volátil en aproximadamente o 50%, e o residuo seco nun 30%. O lodo tratado dunha forma axeitada por dixestión anaerobia presenta pois un maior grao de estabilización, ao tempo que se reduce a súa cantidade. Aliás, o proceso de dixestión anaerobia, cando se realiza no rango de temperaturas termofílicas (por riba de 50°C) garan-



te a hixienización do lodo ao eliminar os microorganismos patóxicos. Outro aspecto da dixestión anaerobia de lodos é o feito de que se obtén un biogás que contén entre un 50 e un 70% de metano, razón pola que se utiliza como combustíbel. O IDAE estimou que a dixestión anaerobia dos lodos, das cidades de máis de 100.000 habitantes do Estado español, permitiría obter unhas 317.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep) cada ano (MIMAN, 2001).

En Galiza contan con dixestión anaerobia de lodos as depuradoras de Lugo, Ourense, Vigo e Pontevedra, así como as dalgunhas vilas importantes (Rianxo, Mondoñedo, Monforte, Sarria, Maceda, Redondela, etc). Porén, algunhas destas plantas parecen carecer dun axeitado seguimento e controle, polo que están ofrecendo pobres resultados, ao menos nalgún dos casos. Isto pode derivarse de que até hoxe nunca se tomou en serio a xestión de lodos, de forma que a presenza destas tecnoloxías nas mencionadas depuradoras era consecuencia de paquetes globais que incluían as ofertas tecnolóxicas, imitando o que se facía noutras latitudes. Non se trata para nada de problemas tecnolóxicos de operación ou de coñecemento do proceso sen solución, pois esta aplicación dos dixestores anaerobios é unha das máis clásicas dentro da enxeñaría ambiental.

Tecnoloxías de depuración de augas residuais con baixa xeración de lodo

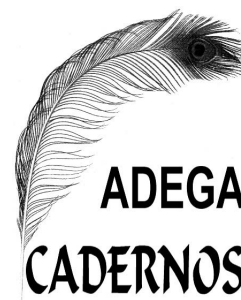
Dentro das tecnoloxías convencionais de depuración, a aireación estendida e outras tecnoloxías de aireación intensiva ou doutro tipo que buscan a oxidación da maior parte da materia orgánica da auga residual permiten unha baixa xeración do lodo. Porén, estas tecnoloxías de depuración presentan elevados custos e un alto consumo de enerxía, un factor que por sí só leva a consideralas como pouco sustentábeis.

Existen, porén, tecnoloxías de baixo custo e baixa ou nula xeración de lodos, xunto cun moi baixo ou nulo consumo de enerxía. Neste sentido, nas últimas dúas décadas desenvolvéronse e gañaron en experiencia de aplicación alternativas tais como o tratamento anaerobio directo das augas residuais urbanas ou a súa depuración en zonas húmidas construídas. Estas tecnoloxías, especialmente as zonas húmidas construídas combinadas coa dixestión anaerobia como pretratamento, veñen substituíndo aos métodos clásicos de baixo custo, como eran as lagoas de depuración (Puigagut et al., 2007; Álvarez et al, 2008).

Comparativamente cos procesos de depuración por aireación, tais como o de lodos activos, o proceso anaerobio resulta máis simple en canto a instalacións, non require bombeo de aire polo que mesmo pode funcionar sen subministro eléctrico ou calquera outra fonte de enerxía, e xera unha cantidade de lodos de depuración que pode ir desde a metade da cantidade xerada no proceso aerobio até producións nulas.

A depuración mediante plantas macrófitas en zonas húmidas construídas móstrase especialmente competitiva no caso de pequenas poboacións e en modelos de saneamento descentralizados. Á súa vez, a dixestión anaerobia mostra baixa eficacia de depuración e require moi pouca superficie para a súa instalación, ao contrario das zonas húmidas, polo que ambos procesos poden ser complementarios. A combinación das zonas húmidas cun pretratamento en dixestores anaerobios ofrece unha das alternativas mais sustentábeis desde o punto de vista económico e ambiental.

Aínda que a dixestión anaerobia permite reducir os requirimentos de terreo dos húmidais de depuración (nun 30-50%), a solución mista segue a ser unha alternativa que se basea no uso do terreo como elemento depurador, requirindo arredor de 2 m² por habitante equi-



valente. Porén, esta característica non debería ser una limitación para a adopción desta alternativa na maior parte da superficie galega na que terras e montes están sendo abandonadas. Por outra banda, aliás as vantaxes ambientais xa mencionadas, os custos de mantemento son moi inferiores aos das tecnoloxías convencionais e limítanse case exclusivamente aos salarios de persoal non cualificado, o que constitúe outra razón para tomarmos en consideración estas tecnoloxías. A non xeración de lodos nestas zonas de baixa densidade de poboación, nas que teñen o seu maior potencial de aplicación as zonas húmidas é un aspecto de grande interese, pois a xestión centralizada destes lodos é especialmente custosa.

En Galiza non se conta polo momento con moitas aplicacións deste tipo de tecnoloxías. Porén, proxectos da Universidade da Coruña veñen abordando nos últimos anos estas alternativas, e contan xa con algunha experiencia que demostra a súa viabilidade e vantaxes. Unha instalación demostrativa impulsada pola Asociación ADEGA, pódese visitar en Santiago de Compostela, mentres que unha aplicación real tense levado á práctica nunha aldea do concello de Beariz, tamén coa colaboración de ADEGA, e outra de maior tamaño, nunha adega de viño albariño en Meis (Soto et al., 2006; Barros et al., 2008; Soto, 2008b).

Redución en orixe da carga química dos lodos

As alternativas que permiten reducir a carga tóxica contida nas augas residuais, e que finalmente acaban en boa parte nos lodos de depuración, son fundamentalmente alternativas de xestión. Trátase de medidas como as seguintes:

- Controle rigoroso sobre a recollida de todos os residuos que alternativamente se poden evacuar a través das redes de saneamento. Un exemplo é o dos aceites de locomoción, centralizados maiormente en talleres mecánicos. Laboratorios, clínicas, comercios de diverso tipo (tendas de limpeza...), imprentas, pequenas industrias conectadas á rede de saneamento, etc, indican que as fontes poden ser máis numerosas do que semellaría a primeira vista.
- Alén do controle, compren programas de actuación que impliquen a sensibilización dos sectores responsábeis e a formación e coñecemento das prácticas de xestión axeitadas.
- Concienciación da poboación en xeral, xa que moitos elementos químicos teñen a súa orixe no abuso de produtos sanitarios ou no uso inaxeitado dos envases e os produtos caducados ou estropeados.

Unha vez máis, vemos aquí a relación do problema da contaminación de lodos con outros eidos da xestión de residuos, pois tanto no caso de actividades económicas como domésticas, estamos a falar de residuos perigosos. A posta en funcionamento da recollida selectiva do lixo doméstico e, en especial, dos puntos limpos, se vai acompañada dos necesarios programas de información e sensibilización, de educación ambiental, deberá permitir avances neste eido.

Outros programas e actividades de xestión de residuos, como é o caso da recollida de aceites vexetais para o seu aproveitamento, tamén inciden positivamente na redución da cantidade dos lodos xerados e na mellora da súa calidade.

1.5. TRATAMENTO E ACONDICIONAMENTO. COMPOSTAXE

Poderíamos incluír aquí todo o dito máis arriba sobre a dixestión anaerobia dos lodos xerados, pois ao tempo que reduce a cantidade dos lodos, permite a súa hixienización e estabilización parcial. En todo caso, compre indicar que nas últimas décadas desenvóléronse novas alternativas baseadas na dixestión anaerobia, como é a co-xestión de lodos de depuración xunto coa fracción orgánica do lixo doméstico, os residuos orgánicos de froitas e ver-



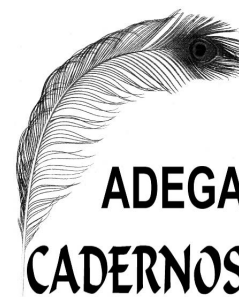
duras (mercados, etc), ou determinados residuos agrogandeiros. Neste sentido, un dixestor anaerobio deseñado para tratar lodos de depuración pode aceptar unha cantidade extra de fracción orgánica do lixo, o que mellora as súas características de operación e, especialmente, a produción de biogás. A consideración desta alternativa é pois unha posibilidade que non se debería desbotar alí onde existen dixestores de lodo instalados.

Mais o proceso de aplicación universal ao tratamento de residuos orgánicos é a compostaxe aerobia, unha tecnoloxía tamén clásica, aínda que rexuvenecida nos últimos anos (Moreno e Moral, 2008). A compostaxe permite a hixienización, estabilización e secado do residuo orgánico, dunha forma moi económica e con baixo consumo de enerxía (este consumo depende, en última instancia do tipo de tecnoloxía de compostaxe).

Algúns aspectos a ter en conta en relación coa compostaxe son os seguintes (VV.AA., 1999):

- Pódense someter a compostaxe case calquera residuo de tipo orgánico. Porén, a maioría dos residuos van requirir seren combinados con outros materiais ou residuos que lle confiran unha composición axeitada (o parámetro determinante é a relación carbono/nitróxeno, C/N) e unha estrutura porosa axeitada.
- A relación C/N determina que o proceso se complete (estabilización, eliminando toda a fracción putrescível) e que non se perdan cantidades significativas de nitróxeno ou que algunhas das formas deste (amoníaco, etc) poidan causar toxicidade microbiana. Os lodos de depuración teñen unha relación C/N relativamente baixa (alto contido relativo en nitróxeno).
- A estrutura refírese á existencia de espazos libres dentro da masa de residuos, de forma que a ventilación e acceso do aire a toda a masa de residuos poida ser efectiva. Os lodos non contan con esta estrutura “porosa”, polo que terán que ser combinados con outro tipo de material, como pode ser triturado vexetal de orixe forestal ou de xardiñería. Este material, a súa vez, contén unha relación C/N elevada, polo que axuda a equilibrar a baixa relación C/N dos lodos. Estes aspectos trátanse en profundidade no capítulo 3 deste caderno.
- A calidade físico-química do compost obtido depende maiormente da calidade das materias primas empregadas, nomeadamente do lodo. A compostaxe reduce a cantidade de materia orgánica na masa a compostar, polo que a concentración relativa de contaminantes non biodegradábeis como os metais pesados pode aumentar. Pola contra, aqueles contaminantes biodegradábeis verán diminuída a súa concentración. O uso de grandes cantidades de material estruturante libre de contaminantes pode axudar a reducir a concentración relativa de metais pesados.
- No caso de residuos sólidos urbanos, é imprescindible a recollida selectiva da fracción orgánica para obter a partir dela un compost de calidade.

O obxectivo principal da compostaxe é pois o acondicionamento do residuo con vistas ao seu uso agrícola. Porén, hai outras aplicacións para os residuos compostados, en función da súa calidade. A restauración de solos degradados ou o recubrimento de vertedoiros pode facerse con compost de menor calidade, e aqueles que presenten elevada contaminación terán que destinarse a depósito en vertedoiro, polo que se considerarán como residuos e non como emenda agrícola. Porén, incluso cando o destino do compost sexa o vertido, a compostaxe previa ten importantes vantaxes ambientais, ao reducir o contido orgánico putrescível e por tanto a xeración e emisións de gases desde o vertedoiro. O tratamento de residuos orgánicos con esta finalidade ven recibindo o nome de tratamento mecánico-biolóxico, e unha das súas aplicacións máis indicadas e a da estabilización de fraccións de lixo de baixa calidade, non reciclábeis.



A compostaxe de residuos orgánicos conta con tecnoloxías sinxelas e de baixo custo, adaptábeis a todas as escalas, desde a unidade familiar (compostaxe caseira), até pequenas comunidades, urbanizacións ou vilas e cidades. Porén, a idea que existe estendida en Galiza, tamén dentro do sector técnico, é que a economía de escala require concentrar os residuos en instalacións con capacidade para tratar o lixo de varias decenas de miles de habitantes. Isto non é así, e ademais vense demostrando que as pequenas instalacións presentan unha flexibilidade maior e mellores resultados contrastados. Pola contra, as grandes instalacións, correspondentes a centenas de miles de habitantes, en ocasións, téñense mostrado pouco operativas. En Europa existen miles de plantas de compostaxe, e a tendencia é a de instalar plantas de capacidade media e pequenas plantas, na forma dun continuo desde a compostaxe doméstica (na escala da vivenda), pasando pola comunitaria (aldea, barrio ou urbanización) e ate as plantas municipais ou comarcais. O caso de Austria é, neste sentido, un exemplo a ter en conta (Tulnik, 2008).

O tratamento químico dos lodos, polo xeral someténdoo a tratamentos ácidos ou alcalinos, constitúe outra alternativa que busca mellorar a deshidratación, ao tempo que pode conseguir a súa hixienización e unha estabilización parcial (por eliminación das fraccións máis lábiles). Desde o punto de vista do uso agrícola dos lodos, o tratamento con cal pode considerarse de interese en Galiza, xa que do mesmo se derivará un beneficio adicional para uns solos de características predominantemente ácidas.

1.6. A PRODUCCIÓN DE LODOS EN GALIZA

Segundo as estimacións indicadas no capítulo 2 deste caderno, a xeración de lodos en Galiza podería atinxir as 75.000 t m.s. (materia seca) cada ano, equivalentes a unha taxa *per cápita* de xeración en torno a 50–70 g de m.s./hab.día.

Para o ano 2004, a Xunta de Galiza informou da xeración de lodo en depuradoras urbanas e agroindustriais e o destino do mesmo (Xunta, 2006). Segundo a Xunta, nese momento as depuradoras urbanas trataban os vertidos residuais dun total de 1.700.000 habitantes equivalentes, cun vertido de 500.000 m³/d, e xeraban 20.894 t m.s./ano de lodo. Estes datos indican valores medios de caudal residual de 292 L/hab.día, 34 g m.s./hab.d de lodo, e 116 mg m.s./L de auga residual.

Porén, os valores individuais varían amplamente dunha depuradora a outra, de acordo coas seguintes medias (\pm desviación estándar): 379 \pm 530 L/hab.día, 34 \pm 54 g m.s./hab.d, e 176 \pm 283 mg m.s./L. Nas cinco cidades con depuración, estes valores son tamén variábeis: 389 (238-530) L/hab.día, 50 (7-102) g m.s./hab.d, e 120 (20-215) mg m.s./L. Alén da elevada variabilidade, os datos indican un maior consumo *per cápita* de auga nas cidades e tamén unha maior xeración de lodos de depuración.

A Táboa 1.4 resume os datos de xeración de lodos en depuradoras urbanas e agroindustriais e o seu destino. En 2004 rexistráronse unhas 33.000 t m.s., das que algo máis da metade (52%) se destinaron a uso agrícola. O resto destinouse a vertidoiro (12%), incineración (2%) e outros (34%). A distancia entre esas 21.000 t m.s. de lodo xerado polas depuradoras urbanas existentes e as 75.000 estimadas é indicativo, en parte, da non existencia de depuración para máis da metade dos vertidos. Nesta situación están, por exemplo, aglomeración da entidade de A Coruña e a súa área metropolitana, Ferrol, parte de Vigo e tamén boa parte de Santiago de Compostela, ademais de vilas e a grande maioría do rural. Por todo isto, a xeración de lodos en Galiza prevese que vaia en aumento, na medida en que entren en funcionamento novas depuradoras e nos acerquemos ao cumprimento da directiva de depuración de augas residuais urbanas.



Táboa 1.4. Xeración de lodos en depuradoras urbanas e agroindustriais galegas e cantidades destinadas a uso agrícola (ano 2004)

	DEPURADORAS URBANAS		DEP. AGROINDUSTRIAIS	
	Cantidade (t m.s./ano)	Destino agrícola (%)	Cantidade (t m.s./ano)	Destino agrícola (%)
A Coruña	5.809	24,2	4.274	45,4
Lugo	3.722	88	3.824	58,7
Ourense	2.551	58,9	274	99,6
Pontevedra	8.812	57,8	3.995	36,3
TOTAL	20.894	54	12.366	47,8

Fonte: Elaboración propia a partir de datos facilitados pola Consellaría de Medio Rural (Xunta, 2008)

1.7. CONCLUSIÓNS

O debate acerca do uso dos lodos de depuración na agricultura é unha realidade internacional. Desde o punto de vista da reutilización e o tratamento axeitado dos lodos, a aplicación ao terreo ten importantes vantaxes, xa que e é considerada unha opción moi segura, unha alternativa ao uso de fertilizantes inorgánicos, e moi beneficiosa na restauración de terreo. Por outra banda, grupos de consumidores, veciños e agricultores consideran que a seguridade no uso dos lodos é incerta ou mesmo causa situacións de grave risco ambiental e sanitario. A permisiva e confusa normativa actual e a falta de transparencia na xestión non axudan a clarificar esta situación.

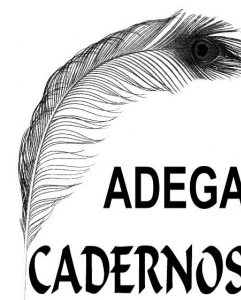
A redución na orixe e a reciclaxe mediante o uso agrícola son as prácticas sustentábeis e recomendábeis de xestión dos lodos de depuración. A primeira opción para a redución da xeración de importantes cantidades de lodo consiste na elección de alternativas de saneamento sustentábeis, e na prevención da contaminación da auga. Aliás, a dixestión anaerobia dos lodos xerados nas depuradoras convencionais permite a súa redución en peso e a súa estabilización parcial e completa hixienización.

Os procesos biolóxicos de compostaxe permiten, polo demais, o acondicionamento axeitado dos lodos de depuración con vistas ao seu uso agro-forestal. A compostaxe aerobia constitúe un método de hixienización e estabilización eficaz, ao tempo que o seu produto é un residuo seco ou case seco, que pode ser almacenado durante longos períodos de tempo (durante o cal mellora as súas propiedades) antes do seu emprego nos solos.

A planificación da xestión, xunto con un mellor coñecemento das cantidades e características dos lodos xerados, así como o apoio a actividades de investigación e desenvolvemento nas universidades e outros centros galegos son elementos necesarios para unha xestión sustentábel, que non se deben esquecer.

REFERENCIAS

- Álvarez J.A., Ruíz I., Soto M. (2008). “Anaerobic digesters as a pretreatment for constructed wetlands”. *Ecological Engineering*, 33, 54-67.
- Barros, P., I. Ruíz e M. Soto (2008). “Performance of an anaerobic digester-wetland system for a small community”. *Ecological Engineering*, 33, 142-149.
- Darvodelsky, P. e Fien, M. (2005). “The health impacts of biosolids use on land”. *Water* 21, december 2005, pax. 20-22.
- Díaz-Fierros, F. (1999). “A materia orgánica nos solos de Galicia”. *ADEGA-Cadernos* nº 6. Pax. 51-57.
- Domínguez, M. (2004). “O uso do compost nos solos de cultivo de Galiza”. *Cerna* nº 40, pp. 13-15.



- EWC (2001). *The Use of Sewage Sludge in Agriculture*. 18 pax.
- MIMAN (1998). “Lei 10/1998, de 21 de abril de Residuos”. BOE nº 96, do 22 abril de 1998.
- MIMAN (2001). “Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Augas Residuais”. BOE nº 166, do 12 de xullo de 2001.
- Moreno, J. e Moral, R. (Ed.) (2008). *Compostaje*. (Madrid: Mundi-Prensa).
- Novotny, V. e Brown, P. (2007). *Cities of the Future: Towards integrated sustainable water and landscape management*. (London: IWA Publishing).
- Omil, F. (2008). “Novos retos na depuración de augas residuais urbanas: A eliminación de microcontaminantes”. En Cuesta e Neira (Ed.): *Auga e sustentabilidade. Enfoques para unha nova política de augas*: 45-53. (Lugo: Vicerreitoría de Cultura da Universidade de Santiago).
- Puigagut, J., Villaseñor, J., Salas, J.J., Bécares, E., and Garcia, J. 2007. “Subsurface-flow constructed wetlands in Spain for the sanitation of small communities: A comparative study”. *Ecological Engineering*, 30, 312-319.
- Renner, R. (2000). “Sewage Sludge, Pros and Cons”. *Environmental Science & Technology* V.34. I.19 1, October 2000
- Soto, M. (2002). “Plantas de biogás-compost para o aproveitamento de residuos orgánicos”. En *Actas do Curso de Verán "O compost: avances na produción, calidade e usos"*. Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, 16 de xullo de 2002.
- Soto, M; Barros, P e Rodríguez, V (2006). “Depuración natural de augas residuais”. *Cerna* nº 48, 12-16.
- Soto, M. (2008a). “Saneamento ecolóxico (ECOSAN)”. En Cuesta e Neira (Ed.): *Auga e sustentabilidade. Enfoques para unha nova política de augas*: 17-33. (Lugo: Vicerreitoría de Cultura da Universidade de Santiago).
- Soto, M. (2008b). “Depuración natural de augas residuais: Os humidais construídos”. En Cuesta e Neira (Ed.): *Auga e sustentabilidade. Enfoques para unha nova política de augas*: 35-44. (Lugo: Vicerreitoría de Cultura da Universidade de Santiago).
- Tulnik, R. (2008). “The Austria’s waste collection, treatment system based on descentralization, reduction and biological processing. En *Modelos de xestión de residuos urbanos axeitados á dispersión da poboación*. Xornada organizada polo CEIDA e a Consellaría de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostible, Mabegondo, 15 de maio de 2008.
- UNESCO (2006). *Capacity building for ecological sanitation. Concepts for ecologically sustainable sanitation in formal and continuing education*. UNESCO Working Series SC-2006/WS/5. París, 2006. & GTZ, Eschborn, Germany, 2006.
- VV.AA. *A compostaxe de Residuos*. ADEGA Cadernos nº 6. Ed. ADEGA. Santiago de Compostela, 1999.
- Xunta (2005). *Licitación do contrato administrativo de concesión de obra pública para a redacción do proxecto, construción e explotación dunha planta de secado térmico, en coxeración, de lodos de depuración de augas residuais urbanas na comunidade autónoma de Galiza*. Resolución do 22 de xullo de 2005, Empresa de Obras e Servizos Hidráulicos, Consellaría de Medio Ambiente (Xunta de Galiza).
- Xunta (2006). Informe correspondente á solicitude da asociación ADEGA sobre información referente a lodos de depuradora. Servizo de Produción Agraria Sustentable e Sanidade Vexetal. Consellaría de Medio Rural, Xunta de Galicia.

2. XERACIÓN DE LODOS E ALTERNATIVAS DE XESTIÓN

Xosé Antonio González Ferreira

2.1. ORIXE DOS LODOS: AUGAS RESIDUAIS E DEPURACIÓN

A orixe dos lodos

Como consecuencia das diferentes actividades humanas xéranse unha serie de augas residuais que representan para a colectividade un perigo sanitario e ocasionan un grande problema para a súa eliminación. Estas augas residuais xéranse pola adición de:

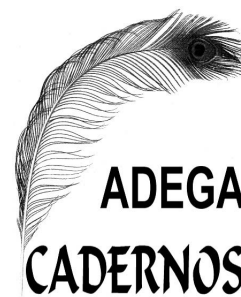
- Augas residuais domésticas, que son as augas que proveñen dos domicilios particulares, dos edificios e actividades públicas e de instalacións asimilábeis (hoteis, garderías, etc.).
- Augas residuais industriais, que son as augas que proveñen das actividades industriais.
- Augas pluviais e de infiltración, que son as que se xeran polo escoamento de auga de chuvia e que se introducen na rede de colectores, ou ben as augas existentes no terreo e que tamén se introducen na rede de colectores.
- Augas residuais procedentes da explotación gandeira, principalmente estabulada.

En función da orixe destas augas os elementos contaminantes e a súa concentración serán diferentes. Así mesmo, ao mesturárense unhas augas con outras, estas concentracións de elementos contaminantes variarán. Para poder realizar unha estimación da contaminación da auga residual resultante utilízase o concepto de carga contaminante.

A carga contaminante dun núcleo, industria, aglomeración ou territorio poderemos defini-la como o número de habitantes equivalentes que xera ese núcleo, industria, aglomeración ou territorio, considerando por habitante equivalente a definición que aparece na Directiva Europea (carga orgánica de 1 hab. Eq. = 60 g de Demanda Biolóxica de Oxíxeno (DBO_5) por día).

Xeralmente o proceso de depuración soe por o “acento” exclusivamente no papel da auga como elemento central, non considerando o impacto sobre o medio ambiente, e incluso sobre os custos de xestión da depuración, dos subprodutos xerados no proceso (“lodos”), tanto no seu modelo de tratamento como no seu destino posterior.

As plantas de tratamento de augas residuais, concentran os contaminantes separados no proceso de depuración en forma de lodos. Se a nosa atención unicamente se dedica á liña de auga, sen considerar os aspectos relacionados cos subprodutos, corremos o risco de que o



esfuerzo de depuración non consiga os resultados esperados. Pódese incluso dar o caso de que unha ineficaz xestión na eliminación dos residuos ou na súa recuperación, podería ser máis impactante sobre o medio que a situación orixinal sen depurar, xa que o proceso de depuración implica unha concentración da polución traspasando esta do efluente ao lodo.

A sustentabilidade económica do modelo de saneamento

O sistema actual de saneamento está en quebra técnica. Galiza ten un dos canons de saneamento máis baixos do Estado español (Figura 2.1), mentres que os custos de depuración vense incrementados pola dispersión da poboación (Táboa 2.1).

Os custos de explotación de todas as EDAR de Galiza estimáronse en 71.541.000 euros para 2006, mentres que a recadación prevista do Canon de saneamento é de 32.000.000 euros. Se a esta recadación se suman os fondos propios da Consellería para saneamento en 2006, atínxese a cifra de 51.792.437 euros, que atinxe só o 72% dos custos de explotación. Este déficit resulta nuns 3 euros por habitante e ano, ou 12 euros por familia e ano.

A nova Consellería de Medio Ambiente e Desenvolvemento Sostíbel definiu unha estratexia para dotar a todos os concellos galegos de sistemas de depuración de augas residuais. Para

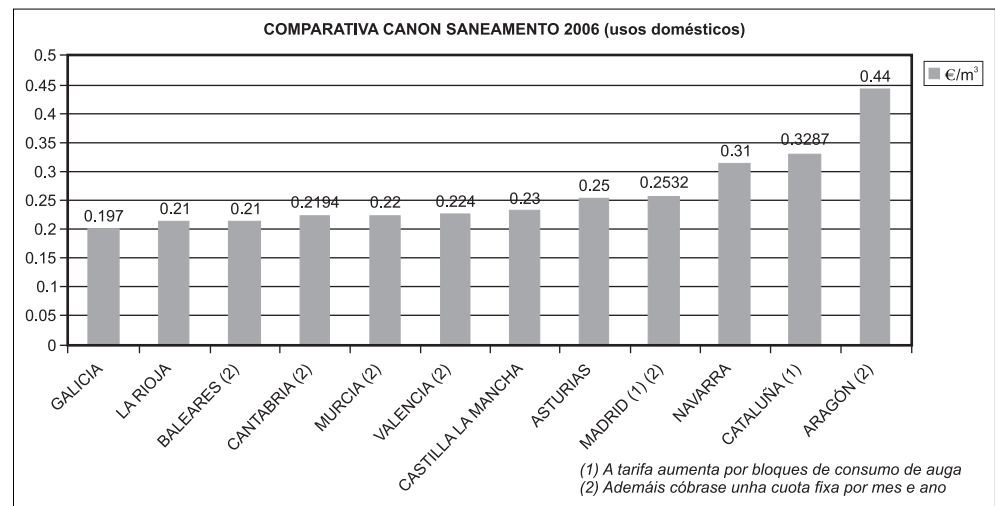


Figura 2.1. Contía do canon de saneamento nalgunhas comunidades autónomas

Táboa 2.1. Custos de explotación para estacións depuradoras de diferente tamaño

EDAR	Hab.Equiv.	Entidade xestora	Custo de explotación	Custo de explotación
			(euros/ano)	(euros/ano)
Gondomar	24.000	EPOSH	309.241,18	12,88
Nigrán	37.152	EPOSH	378.482,00	10,18
Ortigueira	6.000	EPOSH	103.496,12	17,24
Vigo	400.000	Concello-Concesionario	2.766.000,00	6,89
Lalín	25.000	Concello-Concesionario	258.300,00	10,28
A Coruña	600.000	Sen determinar	3.750.000,00	6,25

a Consellaría, o déficit actual nesta materia fai que unha boa parte de Galicia verta directamente aos ríos e ás rías co conseguinte deterioro medioambiental. Isto supón, ademais, o incumprimento da directiva europea que obrigaba a finais do pasado mes de decembro a ter sistemas de depuración nas aglomeracións de máis de 2.000 habitantes/equivalentes, baixo a ameaza de sancións multimillonarias.

O novo Plan, que precisa un investimento duns 94 millóns de euros, pretende cumprir a finais desta lexislatura a devandita directiva, ademais de mellorar a xestión e o control das plantas depuradoras. Propón, asemade, a creación dun organismo de xestión de augas, que faga efectiva a planificación, construción e explotación das EDAR, así como o seu financiamento.

O Plan pretende non só mellorar a calidade das augas e cumprir a directiva 91/271/CEE, senón tamén concienciar aos concellos e aos cidadáns da importancia de corresponsabilizarse coa xestión do saneamento en cada termo municipal, sen posibilidade de que os recursos que teñan este fin se destinen a outras actividades ou proxectos como embelecemento de ribeiras ou paseos marítimos, que deberán ser posteriores á consecución do vertido cero por augas residuais.

2.2. PRODUCCIÓN DE LODOS

Estímase que a produción de lodos varía entre 0,3 – 0,5 kg/hab.día, o que supón en torno a 50–70 g de m.s.(materia seca)/hab.día. A Táboa 2.2 mostra a produción estimada para cada Comunidade autónoma, dentro do Estado español. Segundo estas estimacións, Galiza está preto da xeración de 75.000 t m.s. de lodos cada ano.

As características dos lodos son consecuencia do uso que se lles teña dado ás

Táboa 2.2. Produción estimada de lodos 2005

Comunidade Autónoma	Lodos (t materia seca)
Andalucía	209.396
Aragón	46.004
Asturias	30.140
Baleares	23.002
Canarias	39.658
Cantabria	23.795
Castilla-La Mancha	52.349
Castilla-León	141.184
Cataluña	143.503
Comunidade Valencía	131.666
Extremadura	31.722
Galiza	75.351
Madrid	207.016
Murcia	207.016
Navarra	15.863
Euskadi	67.419
La Rioja	11.897
Ceuta e Melilla	4.759
Total	1.461.805



augas, e dos sucesivos procesos de depuración aos que se viran sometidas.

Os lodos de depuración prodúcese por sedimentación nos decantadores dos distintos procesos de tratamento. Nas plantas depuradoras que utilizan tratamentos biolóxicos (véxase a Figura 2.2), os lodos xéranse principalmente en dous procesos:

- As partículas sólidas máis grosas depositáanse no fondo do decantador primario e forman os lodos primarios.
- As partidas máis finas e dispersas, son fixadas e metabolizadas polas bacterias que se multiplican en presenza de oxíxeno durante a operación de aireación. Esta biomasa bacteriana sepárase no decantador secundario para producir os lodos secundarios. Unha parte desta biomasa recírcúlase ao depósito de aireación; a outra extráese e constitúe o lodo biolóxico en exceso.

Os lodos primarios e os secundarios pódense mesturar, formando os lodos mixtos.

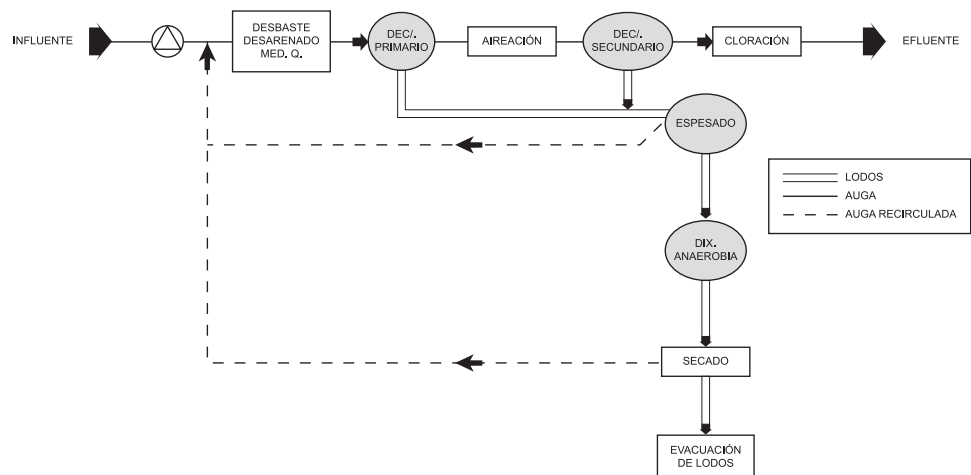


Figura 2.2. Proceso de depuración aerobia convencional de augas residuais e xeración de lodos

2.3. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LODOS

Os lodos resultantes do tratamento das augas residuais deben someterse a determinados procesos que reduzan a súa facultade de fermentación e o seu volume e, de ser o caso, faciliten o seu manexo con fins agrícolas. Na Figura 2.3 podemos apreciar o aspecto dun lodo en fase de secado (sen tratar, esquerda) e do compost obtido a partir do mesmo (dereita).



Figura 2.3. Aspecto dun lodo en fase de secado (sen tratar, esquerda) e do compost obtido a partir do mesmo (dereita)

A liña de tratamento de lodos ten que incluír esencialmente as seguintes fases:

Espesamento

Con esta fase conséguese un incremento da concentración dos lodos por eliminación de auga, redúcese así o seu volume e mellórase o rendemento dos procesos posteriores. Os métodos de espesamento máis coñecidos son:

- Gravidade: baséase nos mesmos principios que a decantación primaria.
- Flotación: é o método máis aconsellado para lodos biolóxicos.
- Centrifugación: concentración de forma mecánica nunha centrifuga.

Estabilización

O obxectivo é degradar a materia orgánica dos lodos. Os sistemas empregados son:

Dixestión aerobia: oxidación da materia orgánica, que é convertida en dióxido de carbono.

Dixestión anaerobia: A materia orgánica é convertida en metano e dióxido de carbono en dúas etapas. Nun dixestor en bo funcionamento pode obterse un gas cun contido de metano da orde do 60-80% (ver Táboa 2.3), utilizábel para a produción de enerxía eléctrica e aproveitábel dentro da propia depuradora. O proceso pode ser termofílico (por riba do 55 °C), e nese caso conséguese tamén a eliminación de patóxenos-

Táboa 2.3. Produción e riqueza en metano do biogás obtido a partir de diversos residuos

RESIDUO	GAS TOTAL PRODUCIDO (m ³ /kg m.s.)	RIQUEZA EN METANO (%)
Lamas de EDAR	0,43	79
Fración orgánica do lixo urbano	0,61	62
Lamas da industria láctea	0,98	76
Lamas de papeleiras	0,25	60
Esterco de cabalo	0,4	75
Esterco de porco	0,26	81
Pastos	0,5	84

Estabilización química do lodo: Estabilización química de lodos con cal por elevación do pH. Prodúcese conxuntamente unha pasteurización ao elevarse a temperatura por encima de 70° C. Por este motivo utilízase tamén para reducir os patóxenos do lodo.

Outros sistemas: Secado térmico, incineración, etc.

Acondicionamento e deshidratación

Os lodos sométense a un secado para reducir o seu volume e facilitar o seu manexo. O acondicionamento do lodo é unha fase previa preparatoria para obter unha maior eficacia no proceso de deshidratación. Este acondicionamento pode realizarse de dúas formas:



- Química: por adición de polímeros orgánicos (polielectrolito).
- Térmica: por aplicación de calor.

O proceso de deshidratación está encamiñado a eliminar auga do lodo para o converter nun sólido facilmente manexábel. Os sistemas de deshidratación existentes son:

- Filtro banda: acada unha sequidade do 20 23%.
- Centrífuga: acada unha sequidade do 20 25 %.
- Filtro prensa: pouco utilizado, acada ata un 40% de sequidade,
- Filtro de baleiro: pouco utilizado.
- Filtración por presión: en pequenas instalacións e pouco empregado.
- Eiras de secado: en pequenas instalacións, aínda que nos últimos anos estase abandonando o seu uso entre outros problemas pola dispoñibilidade de terreo ou as condicións meteorolóxicas adversas.

Destino final

Directamente como lodo cru ou despois de ter recibido algún dos tratamentos anteriormente descritos, o lodo pode ter como destino final a descarga en vertedoiro, o acondicionamento de solos, a incineración, o uso agrícola, a produción de compost, etc.

2.4. A XERARQUÍA DE ALTERNATIVAS NA XESTIÓN DE LODOS

Tres son as principais alternativas para o destino final dos lodos xerados nos procesos de depuración, que se presentan a continuación precisamente na orde de prioridade na que se debe elixir o seu destino segundo a Lei 10/1998 de residuos:

- A aplicación ao solo con fins de fertilización, emenda orgánica e reciclaxe dos nutrientes.
- A valorización enerxética en todas a súas variantes, entre as que destacamos a incineración e, prioritariamente, a biometanización.
- Depósito en vertedoiros controlados.

O vertido de lodos ao mar, que foi moi utilizado sobre todo en estacións depuradoras costeiras, acadando porcentaxes do 14% segundo Cristóbal (1990), deixou de ser outra posíbel opción a partir da prohibición progresiva imposta pola Directiva 91/271/CEE, de verter lodos ao mar despois do 31 de Decembro de 1998.

Segundo se recolle no Plano Nacional de Lodos de Depuradoras de Augas Residuais EDAR (2001 2006) para os lodos de depuradora que cumpran cos requisitos legais no relativo a metais pesados e patóxenos, e sempre que exista a disposición de solo apto para a súa aplicación, deberá considerarse que a opción máis sostíbel é a reciclaxe de nutrientes e da materia orgánica mediante a súa adición ao solo. Para que poidan ser utilizados en agricultura, é obrigado someter aos lodos a tratamentos biolóxicos (aerobios ou anaerobios), térmicos (secado ou pasteurización), químicos (encalado) ou almacenamentos prolongados (BOE, 1990). O efecto dalgúns métodos de tratamento sobre os organismos patóxenos indícase na Táboa 2.4.

Táboa 2.4. Procesos e condicións recomendados por US EPA para o tratamento de patóxenos en lodos residuais

PROCESO	CONDICIÓN
A) Procesos que reducen patóxenos de xeito significativo	
Dixestión aerobia	40-60 días, 20-15 °C
Secado ao aire	3 meses, máis de 2 meses a T>0°C
Dixestión anaerobia	15 días a 35-55 °C e 60 días 20 °C
Compostaxe (calquera sistema)	> 5 días a T>40°C (4 horas T>55°C)
B) Procesos que reducen patóxenos máis intensamente	
Compostaxe en reactores	3 días, ³ 55 °C
Compostaxe en pilas	≥ 15 días, ³ 55 °C
Secado con aire quente ata humidade £ 10 %	> 80 °C
Tratamento térmico	30 minutos, ³ 180 °C
Dixestión aerobia termofílica	10 días, 55-60 °C
Radiación b	≥ 1 Mrad
Radiación g	
Pasteurización	≥ 30 minutos, ³ 70 °C

O uso agrícola de lodos de depuradora é a alternativa de xestión que conta con maior número de defensores (Mahamud et al., 1996), pois isto leva consigo o concepto de reutilización, o que implica a asignación dun valor económico ao subproduto resultante da depuración das augas residuais.

Os problemas que poidan asociarse ao uso agrícola de lodos de depuradora son o risco de contaminación de augas superficiais e de percolación profunda, do perfil de solo, das colleitas cultivadas e a posibilidade de transmitir enfermidades ao gando e ao home (Torrey, 1979). De todas formas, existe unha falta de evidencias de aparición de brotes de enfermidades asociado ao uso controlado de lodos (Loehr et al., 1979; Hammer, 1986).

Os riscos de contaminación por metais pesados pódense minimizar limitando a cantidade de lodo aplicada ao solo en función tanto da concentración de metais tóxicos no residuo como da do solo receptor e o seu pH. Isto require un estrito control químico dos metais pesados, tanto no solo receptor como no lodo, e dos contidos de nitróxeno, fósforo e potasio entre outros. Moitos lodos, como os da comarca de Pamplona, conteñen niveis de metais pesados inferiores aos límites marcados en diversas lexislacións para o uso agrícola (Táboa 2.5). Desta forma, é sabido que a principal vía de entrada de metais pesados no solo é a deposición atmosférica, mentres que a achega das lamas de depuración é en xeral baixa (Táboa 2.6).



Táboa 2.5. Comparación do contido en metais pesados das lamas de EDAR cos límites de diferentes lexislacións para o uso agrícola

Metal	Lamas EDAR(1)	L. UE (86/278/CEE) e española (RD 1310/1990) ⁽²⁾	L. francesa Afnor 44-041/85		L. americana Standard EPa 503	
			Máximo	Referenza	Máximo	“High Quality”
Zn	1.164	4.000	6.000	3.000	7.500	2.800
Pb	164	1.200	1.600	800	840	300
Cu	263	1.750	2.000	1.000	4.300	1.500
Cr	105	1.500	2.000	1.000	3.000	1.200
Ni	53	400	400	200	420	420
Cd	< 10	40	40	20	85	39
Hg	-	25	20	10	57	17
Se	-	-	200	100	100	36
As	-	-	-	-	75	11
Mo	-	-	-	-	75	18

Concentracións en ppm. ¹Valores da E.D.A.R. da comarca de Pamplona. ² Tomáronse valores de pH>7, dado que os chans da Comarca de Pamplona teñen pH no rango de 8-8'5

Táboa 2.6. Porcentaxes de metais que recibe o chan procedentes de diversas fontes

METAL	DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA (%)	AGROQUÍMICOS (%)	LAMAS RESIDUAIS (%)
As	92	6	2
Cd	36-74	oct-50	05-dic
Hg	30	64	6
Pb	85-95	11-0'1	04-jun
Zn	71	10	19

As alternativas de xestión previstas para 2005 polo o Plano estatal de Lodos de Depuradora (2001-2006) indícanse na Táboa 2.7. Un 65% dos lodos deberían ter como destino o uso agrícola, tras un tratamento de estabilización ou compostaxe. Para esta finalidade, o Plano tamén prevía un investimento de 68.515.379,89 de na construción de plantas de compostaxe. Calcúlase que farían falta uns 40 novos centros de compostaxe de lodos de depuradora de capacidades comprendidas entre 5.000 e 25.000 toneladas de materia seca por ano.

A evolución entre 1998 e 2003 e a situación por comunidades autónomas neste último ano móstranse nas Táboas 2.8 e 2.9.

Táboa 2.7. Xestión e usos previstos dos lodos de depuradora a final do ano 2005 (Plan Nacional de Lodos de Depuradora 2001-2006)

Alternativa de xestión ou uso	Cantidade	
	t m.s. /ano	%
Uso agrícola e conservación de solos de lodos tratados non compostados	553.244-619.190	40%
Uso agrícola e conservación de solos previa compostaxe	345.778-386.994	25%
Incineración con recuperación de enerxía	276.622-309.595	20%
Vertedoiro	205.470-232.196	15%

Táboa 2.8. Produción de lodos e cantidades utilizados en agricultura (1998-2003)

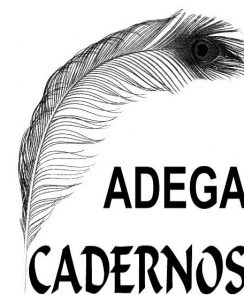
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Produción de lodos de EDAR (t m.s./ano)	716.145	784.882	853.482	892.238	987.221	1.012.157
Lodos destinados á agricultura (t m.s./ano)	353.986	413.738	454.251	606.118	658.453	669.554
Porcentaxe con destino á agricultura (%)	49.4	52.7	53.2	67.9	66.7	66.2

Fonte: Rexistro Nacional de Lodos, Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación

Táboa 2.9. Produción de lodos en España e destinos no ano 2003

Comunidade Autónoma	Produción e destino (t m.s.)				
	Total	Agrario	Vertedoiro	Incineración	Outros
Andalucía	63.594	53.830	9.348	0	416
Aragón	30.577	8.319	1.943	20.000	315
Asturias	2.229	1.413	791	0	25
Baleares	34.619	31.002	3.617	0	0
Canarias	10.856	20	9.264	0	1.572
Cantabria	12.472	0	12.472	0	0
Castilla-La Mancha	2.350	2.350	0	0	0
Castilla-León	53.926	29.579	16.701	0	7.647
Cataluña	306.676	160.560	58.519	0	87.597
Comunidade Valencíá	249.260	180.509	24.191	42.829	1.731
Extremadura	9.430	6.114	3.316	0	0
Galiza	34.211	25.203	4.925	440	3.643
Madrid	144.115	138.729	5.347	0	40
Murcia	2.731	1.003	1.728	0	0
Navarra	14.004	13.957	40	0	7
Euskadi	24.391	1.721	9.126	13.544	0
La Rioja	15.257	15.247	0	0	10
Ceuta e Melilla	1.460	0	1.460	0	0
Total (t m.s.)	1.012.157	669.555	162.788	76.813	103.002
Total (%)	100	66,2	16,1	7,6	10,2

Fonte: Rexistro Nacional de Lodos, Ministerio de Agricultura, Pesca e Alimentación



2.5. A BIOMETANIZACIÓN: O MODELO DA COMARCA DE PAMPLONA

O modelo de xestión de lodos na comarca de Pamplona móstrase na Figura 2.4. Basicamente consiste nunha estabilización por dixestión anaeróbica, na que ademais de biogás para producir enerxía, tamén se xera biosólido que pode aplicarse directamente na agricultura, e posteriormente destinar á elaboración de compost unha parte do biosólido estabilizado.

Os lodos procedentes da decantación das augas residuais son bombeados desde os decantadores até as instalacións onde van a ser hixienizados e deshidratados para garantir a súa inocuidade. Son cribados, espesados e concentrados antes de chegar aos dixestores, onde ten lugar a fermentación anaerobia da materia orgánica biodegradábel que contén.

O biogás xerado durante a dixestión dos lodos almacénase nun depósito e canalízase até a central de transformación do gas en enerxía térmica ou eléctrica, para o seu aproveitamento.

Finalizada a dixestión, os lodos pasan ao depósito de homoxeneización e finalmente ao parque de almacenamento, onde se acondicionan para o seu aproveitamento posterior.

A gran calidade e baixo contido en metais destes lodos de depuración procedentes da EDAR de Arazuri (Mancomunidade da Comarca de Pamplona) permite que teñan a consideración de biosólidos, produto apto para a súa aplicación como mellorante de solos (Táboa 2.10). Cada ano prodúcese máis de 30.000 t de biosólidos, que se aproveitan aplicándoos directamente en agricultura e proxectos de restauración medioambiental, ou ben, tras un proceso de compostaxe, en horticultura e xardinería. As principais características destes biosólidos indícanse na Táboa 2.11. Á continuación veremos en máis detalle as seguintes formas de aproveitamento:

- Aplicación directa
- Compost-Arazuri
- Recebo-Arazuri.

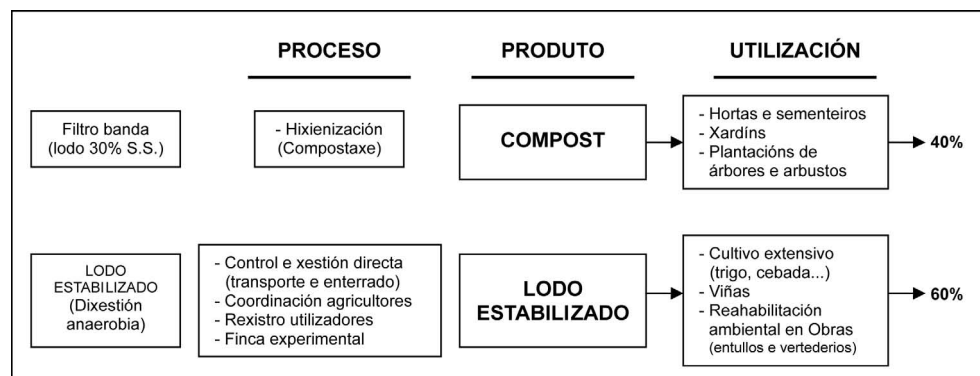


Figura 2.4. Esquema da xestión de lodos de depuradora na comarca de Pamplona

Táboa 2.10. Doses de lodos aplicados na comarca de Pamplona. Cantidades de metais pesados (kg/ha.ano) resultantes e comparación cos límites legais establecidos

	Aplicacións na comarca de Pamplona		Límites legais (CEE 86/278 e RD 1310/1990) ^a
	Dose 50 t m.s./ha	Dose 70 t m.s./ha	
Zn	18	25,25	30
Pb	3	4,25	15
Cu	4,5	6,25	12
Cr	1,5	2	3
Ni	1,25	1,75	3
Cd	b	b	0,15
Hg	b	b	0,1

^a Achega autorizada sobre 10 anos. / ^b Cantidades insignificantes

Táboa 2.11. Principais características dos biosólidos da EDAR de Arazuri

Características químicas	
Materia seca (m.s.)	20-25%
Materia orgánica	50-60 (%m.s.)
Relación C/N	07-oct
pH	7,5-8,0
Elementos fertilizantes (%m.s.)	
Nitróxeno total (N)	3,0-3,5
Fósforo (P2O5)	5,0-6,0
Potasio (K2O)	0,5-0,6
Magnesio (MgO)	0,7-0,8
Calcio (CaO)	10,0-12,0
Metais pesados (ppm)	
Zn	800-900
Pb	100-150
Cu	200-300
Cr	100-150
Ni	40-60
Cd	Non se detecta
Hg	Non se detecta



Aplicación directa de biosólidos

A aplicación de biosólidos en agricultura e proxectos de restauración medioambiental está plenamente garantida xa que previamente foron estabilizados e hixienizados mediante un proceso de dixestión anaerobia.

O produto resultante pode ser utilizado como emenda pola súa gran riqueza orgánica e o seu alto contido en fertilizantes, especialmente en nitróxeno e fósforo. Se se aplica respectando unhas mínimas normas hixiénicas, como o reparto mecánico e o laboreo do terreo, pode ser empregado con plenas garantías sanitarias.

En aplicacións extensivas, é dicir, en superficies importantes e alí onde os solos teñen carencias de materia orgánica, terras fortes, véñense aplicando cantidades variábeis (40-70 t/ha).

Compost Arazuri

O Compost-Arazuri é un produto apto para a aplicación en cultivos intensivos-horticultura e xardinería. Obtense como resultado do proceso de compostaxe dos biosólidos procedentes da dixestión anaerobia con cortiza de piñeiro e restos de xardinería. Durante o proceso teñen lugar períodos de elevadas temperaturas que eliminan a carga microbiana indesexábel, asegurando así a completa inocuidade do produto desde o punto de vista sanitario.

A compostaxe iníciase coa mestura, nas proporcións máis axeitadas para cada estación do ano, do biosólido con cortiza de piñeiro e restos de xardinería. O proceso de elaboración ten unha duración superior aos tres meses e no mesmo teñen lugar diferentes transformacións biolóxicas. Rexístranse períodos con máis de 55° C, superándose en algúns incluso os 70° C, o que elimina os axentes patóxenos e sementes de malas herbas inicialmente presentes.

O Compost-Arazuri presenta un aspecto de “mantillo”, é dicir, unha cor escura, cheiro agradábel a materia orgánica humificada e unha textura moi apropiada tanto para o seu uso manual como mecánico. De acordo coa súa composición química (Táboa 2.12), presenta altos contidos en materia orgánica e elevadas cantidades de macronutrientes (nitróxeno e fósforo principalmente). A densidade do produto oscila, dependendo do seu grao de sequidade, entre 0,5-0,7 kg/L.

Táboa 2.11. Principais características dos biosólidos da EDAR de Arazuri

Características químicas	
Materia seca	60-70%
Materia orgánica	40-50 (% m.s.)
Relación C/N	oct-15
PH	7,0-7,5
Elementos fertilizantes (% m.s.)	
Nitróxeno total (N)	1,25-1,50
Fósforo (P ₂ O ₅)	3,0-3,5
Potasio (K ₂ O)	0,5-1,0
Magnesio (MgO)	0,5-1,0
Calcio (CaO)	10,0-15,0

Os principais usos do compost Arazuri e as doses recomendadas indícanse na Táboa 2.13. No caso da produción de flores e planta ornamental en invernadoiro non se estima adecuada a aplicación de máis de 10 kg/m² nunha soa vez, requiríndose o súa perfecta mestura cos primeiros 30 cm de solo.

Por outra banda, cando se realiza unha sementeira de céspede ou relva, comprobouse que melloran os resultados se se engade un cobrementeira que manteña a humidade, que protexa ás sementes dos paxaros e doutros factores nocivos. O Compost Arazuri, cumpre perfectamente estas condicións, e ademais, o seu elevado contido en nutrientes garante unha perfecta nutrición da herba nos seus primeiros estados, o que se manifesta nunha intensa cor verde escura e un forte brillo.

Táboa 2.13. Principais usos do compost Arazuri e doses recomendadas

Aplicación	Dose de compost
Emenda de solos	5-15 kg./m ²
Soporte orgánico en plantacións para árbores	5-25 kg./oco
Soporte orgánico en plantacións arbustos	1-5 kg./oco
Produción de flores e planta ornamental en invernadoiros	<10 kg/m ²
Cobrementeira	2-5 kg/m ²

Recebo Arazuri

O Recebo-Arazuri é unha emenda areosa que se obtén mesturando o compost con area silíceas, de modo que o material resultante pode ser utilizado como recebo de céspedes tras as labores de escarificado e aireado. As doses recomendadas son as seguintes:

- para *céspedes deteriorados* que precisan resementado, de 7 a 10 kg/m²
- para *céspedes sometidos a un lixeiro pinchado* que non necesitan resementas, entre 4 y 6 kg/m²
- para *campos de golf*, que tan só requiren a reposición do material de drenaxe, doses baixas pero frecuentes de 3 a 5 kg/m².

2.6. A COMPOSTAXE DE LODOS: A ALTERNATIVA NECESARIA

O proceso e as tecnoloxías de compostaxe

Segundo Zucconi e Bertoldi (1987) a compostaxe defínese como "un proceso biooxidativo controlado no que interveñen numerosos e variados microorganismos, e que require unha humidade adecuada e substratos orgánicos heteroxéneos en estado sólido. O proceso implica un paso por unha etapa termofílica con produción temporal de fitotoxinas producíndose nela dióxido de carbono, auga e minerais como resultado dos procesos de degradación, así como unha materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas e patóxenos, e disposta para o seu uso en agricultura, sen que ocasione fenómenos adversos".

Durante o proceso de compostaxe obsérvanse tres fases asociadas a intervalos diferentes de temperaturas: mesofílica, termofílica e arrefriamento. Na primeira, a temperatura da pila de compost aumenta até uns 40 °C actuando principalmente fungos e bacterias produtoras de ácidos. A continuación pásase á fase termofílica, con



temperaturas que oscilan entre 40 e 70° C, sendo esta a fase de máxima degradación e estabilización da materia orgánica. Por último, na fase de arrefriamento volve a descender a temperatura e predominan reaccións de polimerización e condensación, similares ao proceso de humificación que se dá no medio natural en condicións mesofílicas (Iglesias, 1991).

Nos procesos de compostaxe de lodos de depuradora soen ter lugar as seguintes accións (ver Figuras 2.5 e 2.6):

- Mestura do lodo deshidratado cun material de emenda ou soporte.
- Aireación da pila ben por introdución de aire forzado, por volteos mecánicos ou mediante ambos sistemas.
- Maduración e almacenamento.
- Evacuación final

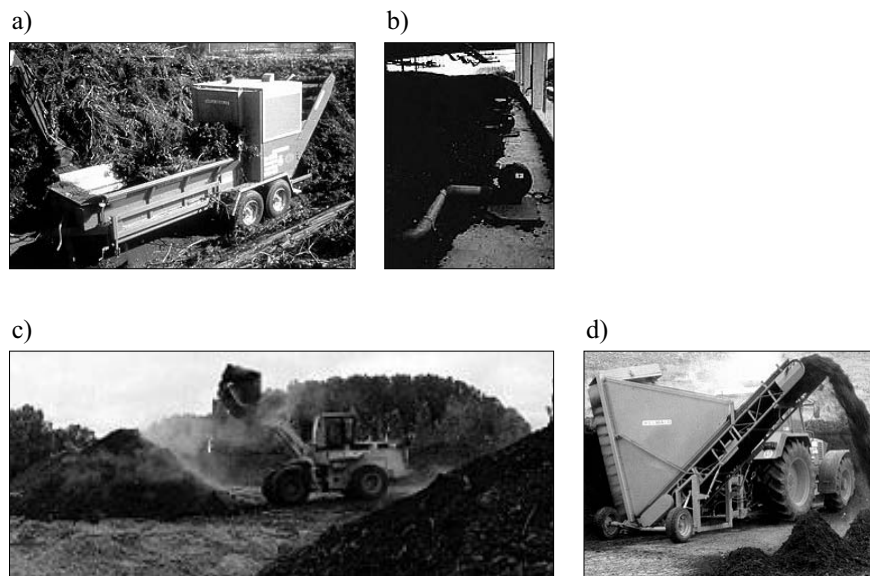


Figura 2.5. Algunhas das operacións realizadas na compostaxe de lodos: a) Trituración, b) Aireación, c) e d) Volteo e mestura.

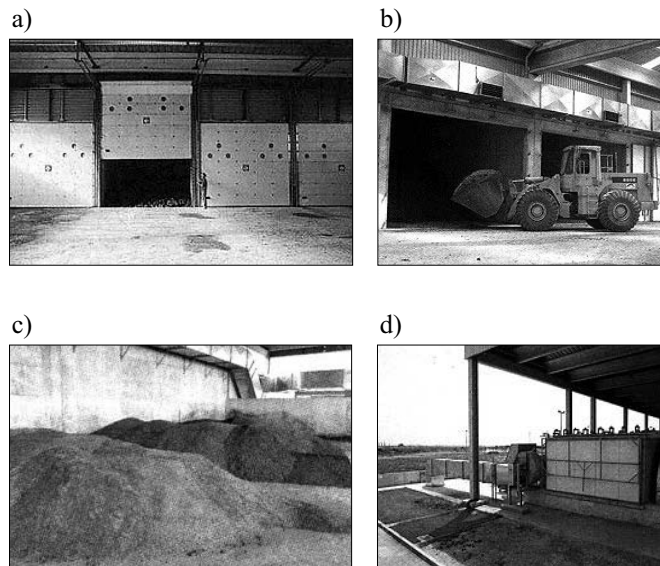


Figura 2.6. Algúns aspectos da tecnoloxía de compostaxe: a) e b) Compotúneles, c) Moreas en nave de maduración e almacén, d) Biofiltro.

O material de emenda ou soporte, tamén chamado axente estruturante, soe ser un material orgánico de baixa densidade que ten a misión de aumentar a porosidade da mestura a compostar e, por tanto, facilitar a súa aireación. No caso dos lodos, cun alto contido en nitróxeno, tamén soen actuar como fonte de carbono suplementaria para as reaccións biolóxicas. Restos forestais e de limpeza de montes, así como restos de poda triturados, son axentes estruturantes moi axeitados.

Os principais sistemas de compostaxe utilizados son as pilas estáticas aireadas, as pilas volteadas, e os sistemas mecánicos pechados.

No caso do método de pila estática aireada, desenvolvido polo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos en Belstville, Maryland, pretendíase manter unha masa de compostaxe con niveis de osíxeno superiores ao 18%, para o que se introducía aire a través de entubados perforados que atravesaban a pila a compostar. Unha variante das pilas aireadas é o sistema Rutgers no que se pon maior énfase no control da temperatura que no osíxeno. Cando a entrada de aire na pila se produce por succión, temos a posibilidade de realizar un filtrado do mesmo coa consecuente eliminación de compostos volátiles e malos cheiros.

No sistema de pilas volteadas, as pilas que teñen unha altura de entre 1 e 2 m voltéanse periodicamente durante o tempo de descomposición ata que a temperatura do montón descende de 55° C. Este período soe durar entre 4 e 6 semanas (Mahamud et al., 1996), sen contar o tempo de maduración.

A compostaxe en “sistemas pechados” realízase en depósitos ou túneles pechados, verdadeiros reactores bioquímicos (Harper et al., 1992), controlando todos os parámetros que inflúen no proceso e cunhas necesidades de espazo moito menores que as dos sistemas en pilas (Gies, 1995). Pódense clasificar segundo se o fluxo de residuos é horizontal ou vertical e a súa chegada continua ou descontinua.

A Planta de Castelldefels: a co-compostaxe

É unha planta (Figura 2.7) semellante ás que existen nas Mancomunidades do Barbanza ou do Morrazo. Os residuos que entran á planta proveñen de restos de xardinería (52%), restos dos mercados municipais (13%) de Barcelona, de Mercabarna, e lodos de depuradora (35%). A capacidade total de tratamento da planta é de 26.000 t/ano, e con esta cantidade de residuos chéganse a producir 15.000 m³ de compost ao ano.

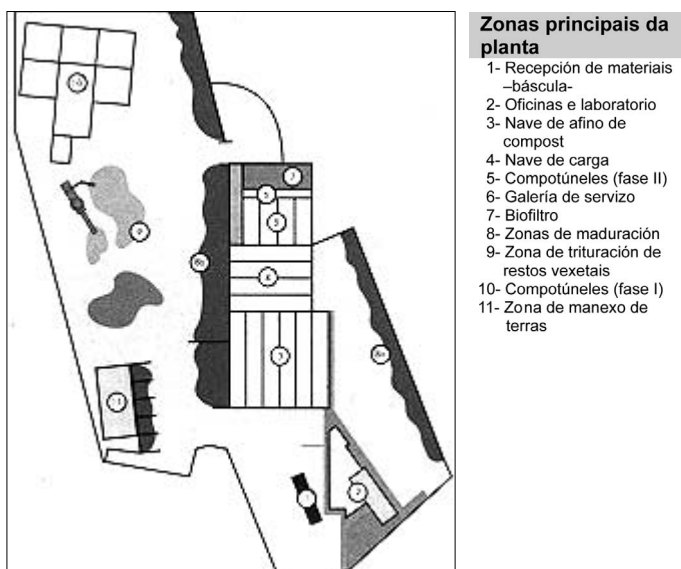


Figura 2.7. Esquema da Planta de Compostaxe de Castelldefels



Os materiais chegan a zona de entrada (punto 1 no esquema da Figura 2.7) onde son pesados. Os restos vexetais pasan por unha trituración previa (9), mentres que a materia orgánica vai directamente á zona de mezclas (4). Aquí mestúranse os restos vexetais coa materia orgánica e esta mestura envíase aos compostúneles (10, planta antiga, e 5, nova planta). Cando despois de 2 semanas aproximadamente o material comeza a estabilizarse, sae do túnel e envíase ás zonas de maduración (8a e 8b), onde estará unhas 9-10 semanas. Rematado o procesamento, realízase o cribado do produto (3), e co compost resultante prepáranse as mesturas con áridos. O compost cribado e as emendas elaboradas pódense almacenar na planta (zonas 3 e 11). A Figura 2.8 mostra sendas vistas da planta de compostaxe de Castelldefels.



Figura 2.8. Planta de compostaxe de Castelldefels

A Planta de compostaxe de Vila-Seca (Tarragona)

A planta de compostaxe de lodos de Vila-Seca é propiedade da Junta de Sanejament de la Generalitat de Catalunya e foi creada para tratar os lodos das depuradoras de Reus, Tarragona e Vila-Seca-Salou. Ten unha capacidade de 30.000 toneladas anuais. O sistema de compostaxe utilizado é o de túneles pechados (Figura 2.9) e a tecnoloxía pertence á empresa holandesa GICOM.

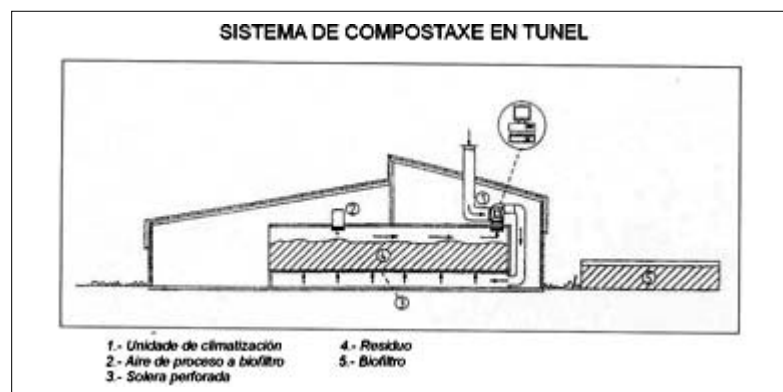


Figura 2.9. Planta de compostaxe de Vila-Seca (Tarragona)

En síntese, o proceso consiste nunha recepción de lodos que, mesturados co material soporte, son introducidos no túnel. Unha vez cheo o túnel, péchase e iníciase a fase de “descomposición” que durará uns 15 días. Transcorrido este período, baléirase o túnel e críbese o material, de maneira que se recupera o material soporte, que se volve a recircular. O compost cribado lévase a un almacén contiguo onde acaba de madurar en pilas estáticas durante un período aproximado de dous meses. O sistema de depuración de aire, dotado cunha torre de lavado de gases e un biofiltro, completa a instalación.

Os lodos a tratar son de características moi distintas, pois van desde lodos dixiridos cun 18% de materia seca a lodos primarios cun 40% de materia seca. O material soporte utilizado é acha de madeira, aínda que a versatilidade da planta permite adaptar o proceso a calquera outro material, sempre que achegue a porosidade requirida.

Na actualidade dispónse de 6 túneles cunhas dimensións de 40 metros de longo, 8 de ancho e 6 de alto cada un, cunha altura útil de carga de 4 metros. Cada túnel conta cun ventilador propio que inxecta o aire a través dunha soleira perforada (impulsión).

Dentro do túnel só hai as sondas de temperatura que se colocan no material a compostar e un sistema de aspersión por si houbera necesidade de incrementar o grao de humidade.

Nas conducións de aire tómanse medidas de caudal, humidade, temperatura, presión e concentración de osíxeno. Estes datos chegan continuamente ao ordenador central, que regula o funcionamento dos equipos acorde coa programación prefixada.

O aire fresco achegado extráese da nave de manipulación do lodo, co que se consegue que esta quede en depresión e non teña fugas de malos cheiros ao exterior. Tras atravesar a torre de lavado, o aire é inxectado nun biofiltro de material vexetal, pensado para eliminar os malos cheiros, principal problema na xestión das plantas de compostaxe.

A Planta de tratamento de La Torrecilla (Andalucía)

Na planta de tratamento de "La Torrecilla", dispúñanse os lodos en eiras de secado, en capas duns 25 cm de espesura, para conseguir unha redución da humidade até a situar en valores comprendidos entre o 40 e o 60%. Cando estes valores eran alcanzados, iniciábase o proceso de compostaxe aerobio mediante o sistema de pilas volteadas ao aire libre e sen axente estruturante. Este proceso tiña unha duración media de tres meses, realizándose volteos cada 15 días aproximadamente. Por último o compost pasaba por un proceso de maduración antes da súa saída definitiva.

2.7. QUE FACER NO NOSO PAIS

O que non facer: O anulado proxecto de xullo de 2005

O goberno autonómico, estando en funcións no verán de 2005, convocou un concurso de "Concesión de obra pública" para a redacción do proxecto, construción e explotación dunha planta de secado térmico, en coxeración, de lodos de depuradora de augas residuais urbanas na Comunidade Autónoma de Galicia.

O orzamento da fase de proxecto superaba os trinta millóns de euros, e o da correspondente fase de explotación era de case cincuenta millóns de euros, financiados ao 100% pola Xunta de Galiza entre o 2005 e 2032. Sen entrar a valorar a legalidade ou lexitimidade da decisión, esta parécenos absolutamente negativa e disparatada, polas razóns que a continuación pasamos a expor.

En Galiza prodúcense do orde de 25 kg por habitante e día de residuos sólidos, incluíndo os domésticos, entullos, industriais e mineiros (excluídos os das dúas grandes



minas e centrais térmicas), forestais, agrícolas e gandeiros. Deste total, aproximadamente 2 kg corresponden a residuos urbanos (RU), incluídos os lodos de depuradora.

Moitos destes residuos son de tipo orgánico fermentábel. É preciso un plano de residuos galego onde a xestión dos residuos orgánicos se conciba de maneira global e integral, aproveitando as posibilidades e beneficios que a combinación de diferentes tipos de residuos pode ter. Nunha terra como a nosa, coas necesidades evidentes de materia orgánica para manter os niveis de fertilidades e prever a erosión, segundo puxeron de manifesto estudos da Misión Biolóxica de Galiza (ver Figura 2.10) e corroboraron estudos posteriores (Díaz-Fierros, 1999), non se concibe que non se dedique un mínimo de reflexión ao aproveitamento dos residuos orgánicos.

Porén, ata o momento actual, a Xunta limitouse a encher de contedores amarelos o país para xestionar a produción de envases de plástico, *tetrabrik* e latas, que atinxen unha produción de só 0,25 kg/hab.día. Os resultados deste custoso sistema son calamitosos e ademais ven destinando unha parte relevante de envases recollidos á incineración.

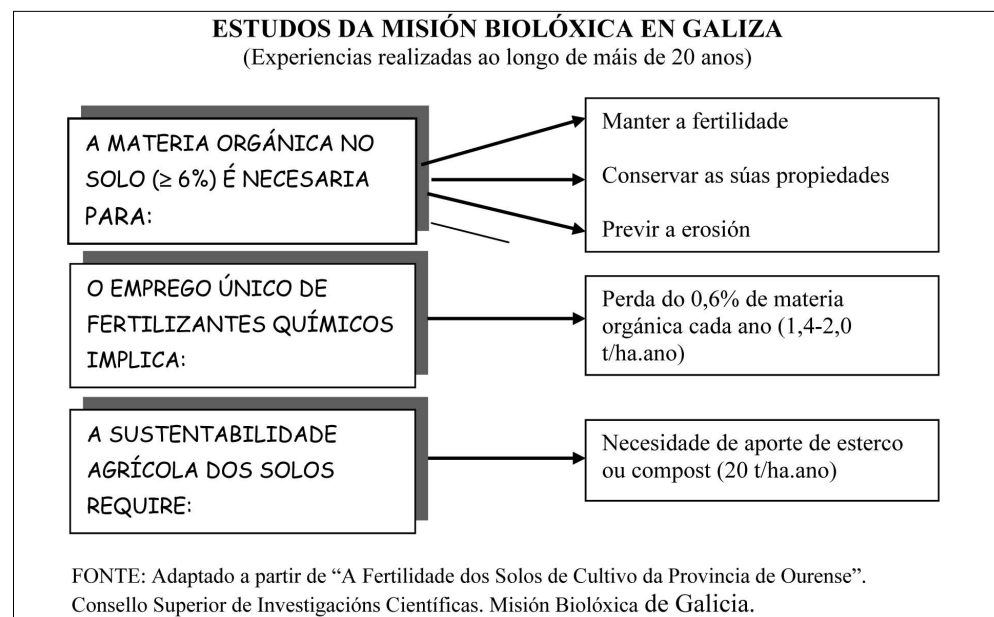


Figura 2.10. O papel da materia orgánica nos solos

Os pregos do concurso da planta de lodos de 2005 impuñan unha tecnoloxía e metodoloxía concreta de secado térmico dos lodos, e de tratamento do produto seco, cun disparatado consumo enerxético. Esta decisión só se pode entender se ía dirixida a satisfacer os intereses dalgunha “gran” empresa. Valoramos pois acertada a decisión de anular o concurso tomada polo seguinte goberno da Xunta no outono de 2005.

Criterios a ter en conta para a futura xestión dos lodos

Os criterios a ter en conta para a futura xestión dos lodos en Galiza deben ser os seguintes:

- Considerar a totalidade de residuos orgánicos producidos ademais dos lodos, con especial atención aos restos de limpeza de montes, forestais ou xardíns, fracción orgánica dos RU, etc. Esta pretensión é complicada, se o que está “*de moda*” é queimar a biomasa.

- Impor unha regulación básica en todo o país de vertidos nas redes de saneamento municipais de maneira que se faga unha verdadeira prevención de contaminantes nos lodos.

- Evitar por todo os medios as “instalacións monstro” que tan malos resultados dan, e ir a modelos comarcais de plantas de co-compostaxe, moi preto das EDAR, utilizando sistemas pechados, tipo computúnel ou sistemas máis sinxelos abertos, segundo as circunstancias de cada emprazamento.

- Aplicación directa de lodos estabilizados só en casos moi controlados e contrastados.

As instalacións de tratamento de residuos urbanos da Mancomunidade Serra do Barbanza (Figura 2.11) foron proxectadas tomando en conta estes criterios, e están pensadas para poderen recibir e tratar por compostaxe lodos de depuración xerados nas súas proximidades. Expoñeremos o exemplo da investigación levada a cabo pola Universidade Miguel Hernández. Na provincia de Alacant estímase que se producen máis de 150.000 toneladas anuais de lodos de depuradora. O 90% deles teñen un alto poder fertilizante. Este residuo orgánico para o solo imita a achega das follas que xa non se dá de forma natural nas zonas queimadas. Nas áreas onde se aplicaron residuos orgánicos, a vexetación duplicouse ou triplicouse respecto aos solos queimados nos que non se aplicou, segundo informan desde esta institución universitaria.

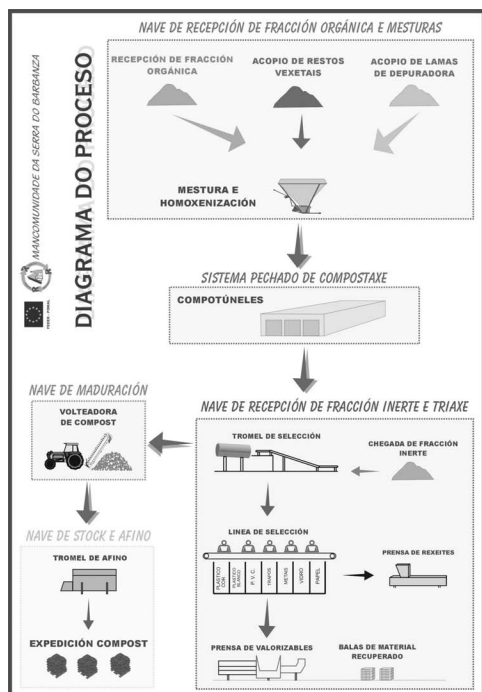


Figura 2.11. Esquema operativo da planta de tratamento de residuos urbanos da Mancomunidade Serra do Barbanza

As investigacións actuais da Universidade de Elxe encamiñanse ao desenvolvemento de índices máis sensíbeis e potentes do estado dos solos queimados para detectar o antes posíbel os terreos degradados e poder actuar sobre eles con rapidez.

Obrigas e limitacións ao uso de lodos na agricultura

Finalmente, enumeraremos as obrigas que agricultores e gandeiros deberán cumprir para non ver reducidas, segundo o previsto na normativa, as axudas direc-

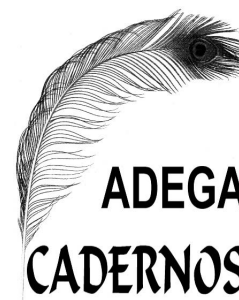




Figura 2.12. A aplicación dos lodos aos solos debe reunir unha serie de requisitos

tas procedentes da PAC, en relación á protección do medio ambiente e en particular dos solos na utilización de lodos de depuradora na agricultura (Figura 2.12):

1.- Os lodos que procedan de estacións depuradoras de augas residuais domésticas, de augas residuais urbanas ou de augas residuais de composición similar que non foran previamente tratados, non poderán ser utilizados en agricultura.

2.- Posuír en todo momento, así como facilitar ás autoridades das CC.AA. que o soliciten, a documentación que o titular da estación depuradora de onde procede o lodo expedirá, na que quedará claramente estabelcido cal foi o tratamento dos biosólidos e a súa composición, indicando, ao menos, os seguintes parámetros:

- Materia seca
- Materia orgánica
- pH
- Nitróxeno
- Fósforo
- Metais pesados: Cadmio, cobre, níquel, chumbo, zinc, mercurio e cromo

3.- En aquelas praderías, pastos ou outros cultivos nos que poida pastar directamente o gando, non se poderán aplicar lodos tratados dentro das tres semanas anteriores á data de entrada do gando.

4.- En cultivos hortícolas e frutícolas (coa excepción das árbores froiteiras), non se poderán aplicar lodos tratados durante o ciclo vexetativo ou nun prazo inferior a dez meses antes da recolección, nin durante a mesma cando se trate de cultivos hortícolas ou frutícolas cuxas partes a comercializar e consumir en fresco estean en contacto directo co solo.

3. ASPECTOS TECNOLÓXICOS DA COMPOSTAXE DE LAMAS DE DEPURADORA

Carlos Pérez Losada

3.1. INTRODUCCIÓN

O secado térmico e a compostaxe son a día de hoxe as dúas tecnoloxías que están competindo como alternativas para o tratamento das lamas de depuración procedentes, tanto de augas de orixe urbano, como de orixe industrial. O secado térmico presenta custes de instalación e operación prohibitivos, agás que as plantas de secado sexan concibidas como plantas de coxeración de enerxía eléctrica. Poren, esta alternativa está sendo moi cuestionada, pois na práctica encobren o uso de combustíbeis fósiles cun baixo rendemento enerxético neto, por máis que economicamente teñan sido moi favorecidas polo marco normativo que ten subvencionado as denominadas prácticas de coxeración. Contrariamente, a compostaxe das lamas presenta un custe reducido, aínda que variábel en función do tipo de tecnoloxía elixida. Outra vantaxe comparativa da compostaxe fronte ao secado é que a primeira estabiliza o produto, desde o punto de vista do seu consumo de oxíxeno (biodegradabilidade, fermentación e putresfacción), mentres que o secado en absoluto o estabiliza. De feito o único que fai o secado térmico e reducirlle masa (pola perda de humidade) e, por dicilo dun xeito popular, “*poñelo en conserva*”. En efecto, a súa materia orgánica final é exactamente a mesma que a inicial, pero desprovista dunha humidade que a fai corrompíbel. Unha vez que se lle torne a dotar de humidade o produto evoluciona exactamente igual que o faría antes de ter sido secado.

A compostaxe de lamas aparece desta forma como unha alternativa tecnolóxica moi vantaxosa. Poren, compre ter presentes algunhas precaucións, xa que, en función da calidade química dos lodos, o compost resultante pode verse contaminado con metais pesados ou con outros contaminantes non biodegradábeis. Por outra banda, desde o punto de vista do proceso, resulta fundamental ter en conta que as lamas mostran unha granulometría moi reducida, polo que é absolutamente necesario unha corrección da mesma mediante un axente estruturante, sexa este un residuo de características axeitadas ou un material inerte que acompañe á lama durante o proceso da compostaxe. Para máis información, poden consultarse traballos moi específicos realizados a escala industrial na tese doutoral de Ramón Plana (cita bibliográfica nº 8).

3.2. OBXECTIVOS E METODOLOXÍA

En función da porosidade e textura de cada residuo, estes poden ser ou non compostados por sí sos, sempre dependendo de se a súa capacidade de autooxixe-



nación é ou non capaz de garantir a demanda de O_2 xerada pola demanda biolóxica do propio proceso degradativo. No caso concreto das lamas de EDARU/EDARI (Estación Depuradora de Augas Residuais Urbanas/Industriais) é sempre preciso engadir-lles unha cantidade axeitada de material estruturante. Por outra banda, tamén en ocasións pode resultar necesario corrixir determinados aspectos da composición do residuo a compostar, especialmente a relación carbono/nitróxeno (C/N).

No presente traballo descríbense unha serie de investigacións de proceso encamiñadas a determinar aspectos concretos, tais como:

- a) Necesidade de material estruturante na compostaxe de lamas: Investígase por comparación coa compostaxe doutros residuos, como a fracción orgánica dos residuos municipais (FORM), cal é o papel dun estruturante vexetal, e se é posíbel a compostaxe de lamas de depuradora sen o uso de material estruturante.
- b) Estudo das proporcións estruturante-lodo máis axeitadas. Compáranse os procesos de compostaxe con dúas mesturas de estruturante (triturado vexetal ou fracción vexetal, FV) con lamas, en proporcións de 1:1 e 2:1 en volume.
- c) Estudo da posibilidade de substitución do triturado vexetal por materiais estruturantes inertes (residuos de caucho e plásticos) no proceso de compostaxe.
- d) Experiencias sobre a compostaxe de lamas da industria papeleira, tanto no referente á necesidade de estruturante como á de emendas que corrixan a súa relación C/N.

As experiencias do apartado a amosaron a necesidade de utilizar un axente estruturante para poder conseguir manter nun nivel óptimo dalgúns dos parámetros básicos e limitantes do proceso de compostaxe. Consecuentemente, o seguinte paso foi determinar as proporcións de mestura das lamas co axente estruturante máis doado (apartado b). Chégase á conclusión de que, cando menos, é precisa unha proporción 1:1 en volume (v/v) cando se emprega o típico triturado vexetal como axente estruturante.

Tendo en conta o anterior, é dun grande interese industrial sabermos se o estruturante podería ser un material inerte (artificial ou natural). Un estruturante inerte podería ser recuperado na súa totalidade ao final da compostaxe e ser reutilizado sucesivamente no proceso. Ensaíáronse varios residuos plásticos (apartado c) con resultados pobres, pois a compostaxe non prosperou ou o fixo dun xeito deficiente ao empregar eses residuos inertes como estruturante. Por último, preséntase un traballo polo que se evidencia a necesidade de engadir un corrector de composición (xurro porcino) para compostar un residuo rico en carbono e deficiente en nitróxeno como son as lamas da industria papeleira.

As experiencias descritas neste traballo (agás a do apartado d) foron levadas a cabo en procesos de compostaxe en pila ou morea, unha das tecnoloxías máis simples e asequíbeis. As dimensións destas pilas foron as das habitualmente empregadas na escala industrial co obxectivo de eliminar calquera efecto que puidera derivarse do uso de pequenas cantidades de material e garantirmos uns resultados directamente aplicábeis. A experiencia con lamas da industria papeleira realizáronse nun sistema de compostaxe tipo túnel a pequena escala, se ben o sistema permite reproducir o comportamento dos compostúneles de escala industrial.

Para o control do proceso seguíronse os principais parámetros descritivos da compostaxe, como son a temperatura, as concentracións de oxíxeno (O₂) e dióxido de carbono (CO₂) no espazo intersticial, a humidade do material, e nalgúns casos, o grao de madurez acadado. Empregáronse sondas manuais de campo (Wika e Desin Instruments) para a temperatura e detectores de gases (Eijkelcamp), mentres a determinación da humidade e o grao de madurez (ensaio de Rottegrade) foron realizadas en laboratorio sobre mostras obtidas nos diferentes sistemas de compostaxe. O uso que se fixo destes e doutros parámetros de proceso indícase en maior detalle no apartado de resultados.

3.3. RESULTADOS

3.3.1. Test de necesidade de material estruturante na compostaxe de lamas

Esta primeira experiencia consistiu en comparar o proceso de compostaxe de lamas de depuración coa dun residuo moi coñecido como é a FORM (Fracción Orgánica de Residuos Municipais, obtida ben por recollida selectiva na orixe, ou por separación da fracción menor de 80 mm dos RSU.). En ambos os dous casos traballouse primeiro sen engadir material estruturante algún, e logo con engadidos de triturado vexetal como estruturante. Os resultados móstranse nas Figuras 3.1 e 3.2.

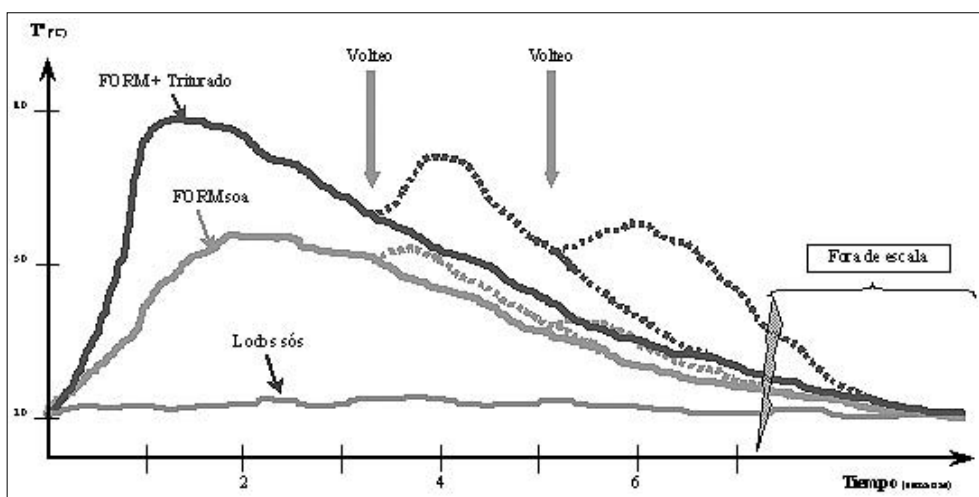


Figura 3.1. Evolución da temperatura segundo materiais e mesturas iniciais

Tendo en conta que a compostaxe é un proceso exotérmico, empregouse como indicador externo da actividade do proceso a evolución da temperatura en masa acadada por unha morea de lamas de EDARU posta en compostaxe (Figura 3.1). Os resultados reflicten ás claras que as lamas sen estruturante presentan unha porosidade tan baixa que impide a súa auto-oxixenación e polo tanto o proceso da compostaxe. Pola contra a granulometría levemente superior da fracción orgánica de residuos municipais (FORM) permite un certo grao de auto-oxixenación na súa compostaxe en solitario. Non obstante, os seus niveis de actividade son moito máis elevados cando están mesturados con estruturante vexetal, tal como se aprecia na Fig.1.

Se, por outra banda, atendemos á produción de CO₂ como indicador directo da actividade biolóxica degradativa, a FORM confirma unha maior actividade nas súas mesturas con estruturante que cando se composta en solitario. No que atinxe aos niveis de O₂ intersticial, a mestura de FORM con estruturante permite acadar un remanente de O₂ suficiente como para manter unha elevada actividade microbioló-



xica aerobia continuada. Sen estruturante, a deficiente aireación provoca unha caída do O_2 ate niveis de anaerobiose que limitan súa actividade degradativa aerobia. Ademais, os volteos non garanten unha oxixenación das moreas ou pilas a longo prazo. Obsérvase que, como consecuencia do volteo prodúcese unha oxixenación intensa, pero puntual e efémera, cando a estrutura da matriz non é axeitada.

En conclusión, estas experiencias demostran a absoluta necesidade (caso das lamas), ou a conveniencia (caso da FORM) de utilizar un axente estruturante para poder acadar e manter niveis aceptábeis dos parámetros básicos e limitantes do proceso de compostaxe. Estes resultados coinciden cos doutros moitos traballos de investigación previamente publicados (véxanse as referencias 3, 4, 7, 8, 12).

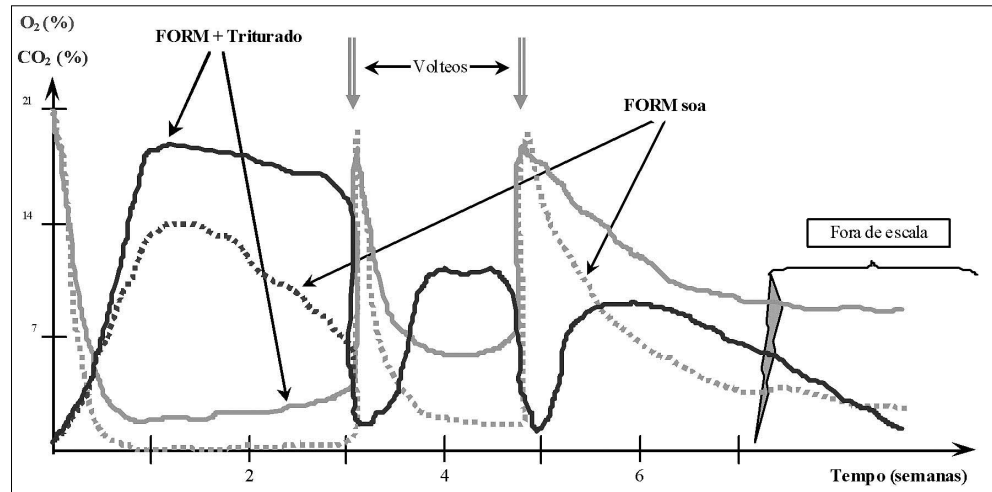


Figura 3.2. Evolución do oxígeno intersticial e da produción de CO_2 durante a compostaxe de diversos materiais e mesturas iniciais en moreas con volteo (nota: no caso da FORM soa, o CO_2 só se determinou ate a semana 3 do experimento)

3.3.2. Estudio de proporcións estruturante-lamas máis axeitadas

Co obxectivo principal de estudar a necesidade cuantitativa de estruturante a engadir en procesos industriais, deseñouse unha proba a escala industrial na que se empregaron dúas proporcións de mestura dun material estruturante (triturado vexetal, en adiante FV, habitualmente usado nas plantas de compostaxe) coas lamas de EDAR. Constituíronse dúas pilas de compostaxe, con proporcións de mestura 1:1 e 2:1 (FV:lamas) en volume, e foron sometidas exactamente ao mesmo tratamento. Na Figura 3.3 móstranse fotografías da experiencia e na Figura 3.4 as gráficas de evolución do proceso.

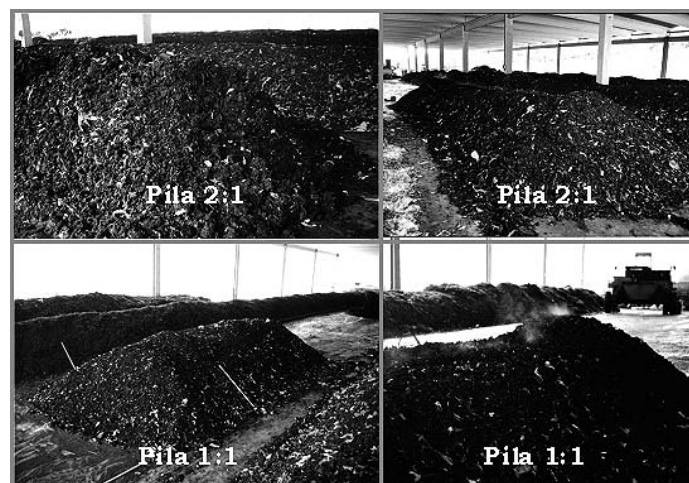
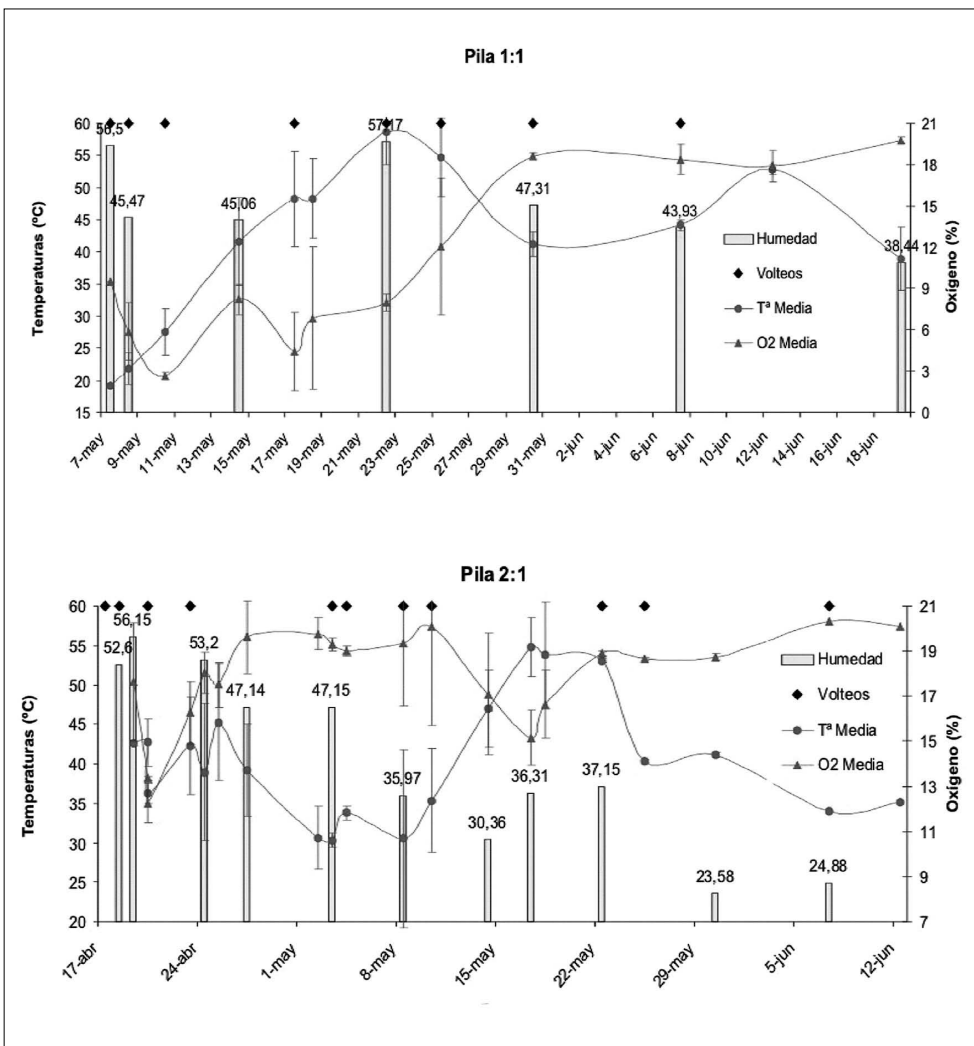


Figura 3.3. Compostaxe de lamas en pilas empregando triturado vexetal (FV) como material estruturante en proporcións FV:lama de 1:1 e 2:1 (á esquerda, as pilas acabadas de preparar; á dereita, pilas en fermentación)

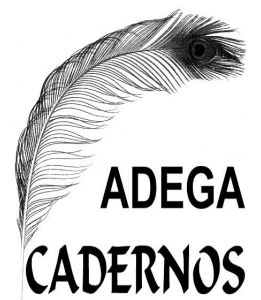
Na Figura 3.4 vemos que os niveis intersticiais de O₂ na pila 2:1 mantivéronse sempre en valores altos, lonxe de condicións anaerobias, mentres que a pila de proporcións 1:1 presentou valores moi baixos nos primeiros días de proceso, cando a demanda de O₂ polos microorganismos era máis elevada.

Atendendo á evolución da temperatura, en ambas pilas acadouse a fase termófila, aínda que na de proporcións 2:1 presentou certas dificultades iniciais. Estes resultados indican que é necesario manter cando menos unha proporción volumétrica de mestura 1:1 (FV:lama), podendo convir unha proporción maior.

Segundo os valores dos parámetros de control do proceso de compostaxe, calquera das dúas mesturas empregadas foron axeitadas. Poren, os resultados obtidos para o balance de masas (Táboa 3.1) mostran unha degradación do residuo máis elevada na pila 2:1 e ademais o compost obtido presenta un maior grao de madurez Rottegrade. Estes resultados indican que a proporción de mestura inflúe indirectamente na actividade degradativa final, debido fundamentalmente á maior presenza de O₂ ao longo do proceso na mestura con máis proporción de estruturante (proporcións FV:lodo 2:1 fronte a 1:1).



FigFigura 3.4. Evolución da temperatura, oxíxeno e humidade durante a compostaxe de lodos mesturados con triturado vexetal (FV) en proporcións 1:1 e 2:1 (FV:lodo) en pilas volteadas



Táboa 3.1. Balance de masas e outros resultados analíticos para as dúas pilas de compostaxe de lodo

Proporción volumétrica FV:lama	Pila 1:1	Pila 2:1
Masa da lama inicial (kg)	8.560	9.140
Masa de estruturante inicial (kg)	≈2.800-2.900	≈3.000
Masa de compost final (kg m.s.)	2.140	3.780
Degradación de lodo (kg m.s.)	249	453
Degradación de lodo (% m.s.)	17,6	24,8
Humidade inicial da pila (%)	56,5	52,6
Humidade final da pila (%)	29,2	25,7
Humidade final do compost (%)	33,8	28
Grao de madurez (Rottegrade)	II	III
Nº de días en proceso	49	55
Nº de volteos	15	20

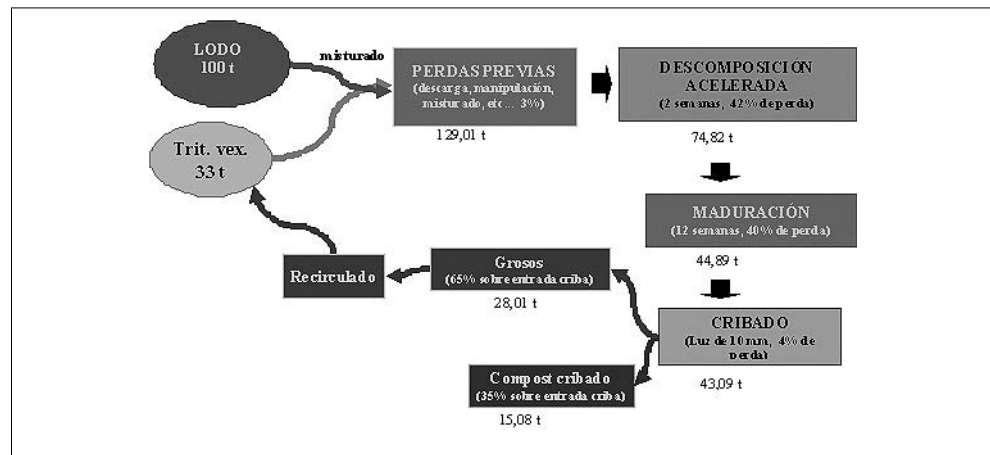


Figura 3.5. Diagrama de fluxo de masa para a compostaxe de lodos con triturado vexetal (FV) como estruturante (proporcións lama:estruturante 1:3 en masa)

Finalmente, na Figura 3.5 recompoñemos o diagrama de fluxo e balance de masas para un hipotético proceso de compostaxe de lamas no que se empregaría unha proporción en masa 1:3 (estruturante:lama). Esta proporción corresponde aproximadamente á proporción 1:1 en volume estruturante:lama empregada nunha das experiencias descritas máis arriba.

3.3.3. Estruturantes inertes como alternativa ao triturado vexetal

Nunha serie de novas experiencias empregáronse como residuo a tratar lamas primarias moi activas e como estruturante catro tipos de plásticos diferentes pero todos eles cunha granulometría similar e que denominamos: hexágonos, pneumáticos triturados, tacos de extrusións de *film* e cilindros de industria téxtil. Estes últimos non puideron ser triturados e tiveron que ser utilizados tal como estaban dispoñíbeis. Ademais, empregouse como “branco” o estruturante de triturado vexetal (FV) de uso habitual nas plantas de compostaxe.

Tomando a proporción de mestura 1:1 en volume, que, segundo se demostrou na experiencia anterior, fai viábel o proceso (no caso do estruturante “branco”), preparáronse cinco pilas distintas, cada unha constituída cun estruturante diferente mesturado coas lamas primarias. Buscou conformar as pilas cunhas dimensións similares ás elixidas para a pila branco en canto a altura ($\approx 1,5$ m.), lonxitude (≈ 4 m.), anchura ($\approx 2,5$ m.) e similar forma xeométrica (aproximadamente semicilíndrica). Garantiuse que todas as pilas recibiran exactamente o mesmo tratamento en canto a volteos.

Diariamente medíronse as temperaturas e os niveis de O_2 intersticial en distintos puntos e a tres profundidades. Periodicamente tomáronse mostras para determinar a humidade. As imaxes da Figura 3.6 mostran as lamas primarias empregadas na proba así como o aspecto das pilas constituídas cos distintos estruturantes. Na Figura 3.7 móstranse os resultados analíticos para esta experiencia.

Unha simple observación visual permitiu xa detectar algunhas diferenzas entre a pila branco e as outras. Unha das primeiras diferenzas foi a incapacidade dalgúns dos estruturantes plásticos de manter a forma ou estrutura da pila. Por exemplo, a pila con exágonos non mantiña a altura desexada, tendendo a se desparramar polo chan. Pola outra banda, a pila branco mostraba nos volteos unha liberación de vapor de auga, froito das altas temperaturas acadadas e da intensa actividade biolóxica. O volteo das pilas de plásticos, pola contra, non daban esa mostra de actividade e por tanto de correcto desenvolvemento do proceso.

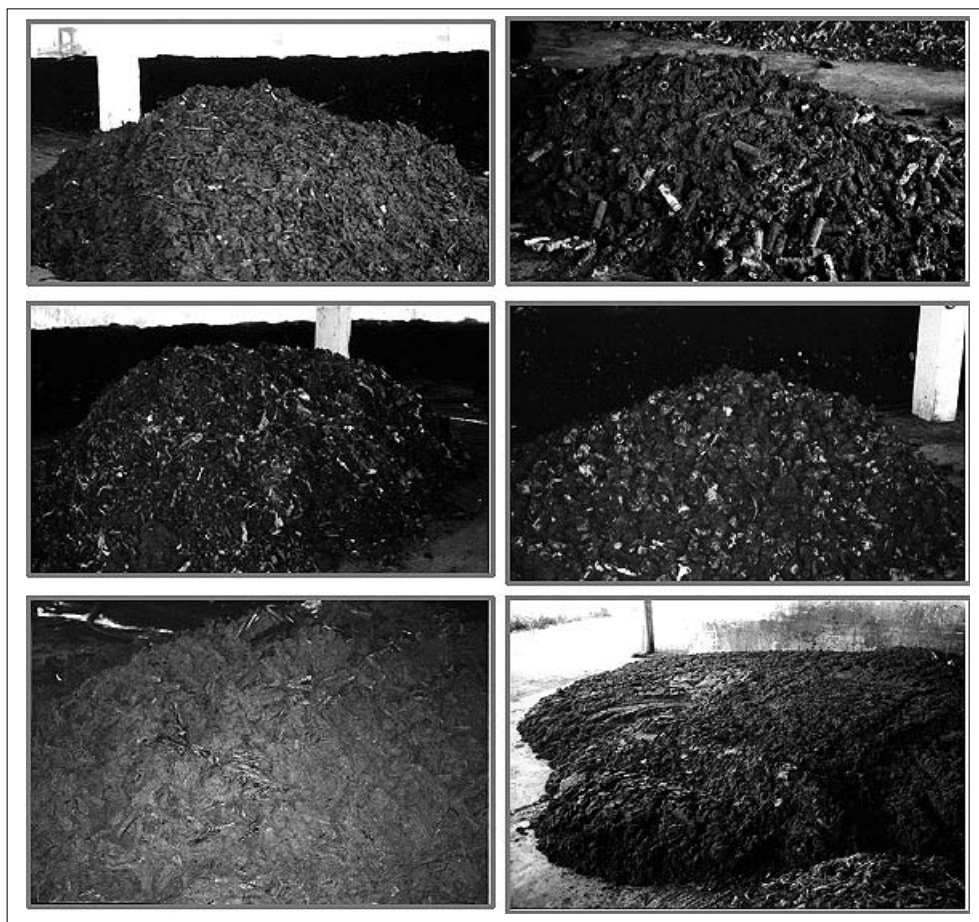


Figura 3.6. Fotografías do lodo primario (abaixo dereita), da pila constituída con estruturante vexetal (branco, medio esquerda), e das pilas constituídas cos distintos estruturantes inertes: Pneumáticos triturados (arriba esquerda), cilindros da industria téxtil (arriba dereita), tacos extrusión de *film* (medio dereita) e “hexágonos” (abaixo esquerda).

Ao cabo de 10 días (Figura 3.7a) comprobouse que non había un aumento da temperatura nas pilas estruturadas con plásticos e si na pila branco (que xa tiña alcanzado a fase termofílica).

En anteriores probas tiñamos comprobado que, ás veces, o factor tamaño de pila era determinante para o inicio do proceso (“masa crítica”), seguramente pola capacidade de retención do calor xerado. Para descartar neste caso que o factor tamaño de pila non era o causante da falta de actividade biolóxica nas pilas con plásticos, xuntáronse todas elas nunha única pila que seguiu a recibir exactamente o mesmo tratamento que a pila branco.

A nova pila constituída por plásticos mantívose en proceso durante 7 días (Figura 3.7b). Nese tempo non houbo un aumento da temperatura da mesma, nin se observou liberación de vapor de auga. En tanto, a pila branco iniciaba xa un descenso da actividade, se ben se mantiña aínda en valores termofílicos.

Finalmente, para probar o efecto dos parámetros “proporción de estruturante” e “estrutturante inerte” decidimos dividir a pila de plásticos en 3 partes. A unha das partes engadíuselle máis estruturante plástico ate unha proporción de practicamente 2:1. Á outra parte engadíuselle *palet* triturado, e na terceira *palet* triturado reciclado, é dicir, que xa tiña sido empregado no proceso da compostaxe. Todas recibiron o mesmo tratamento e a súa evolución móstrase na Figura 3.7c.

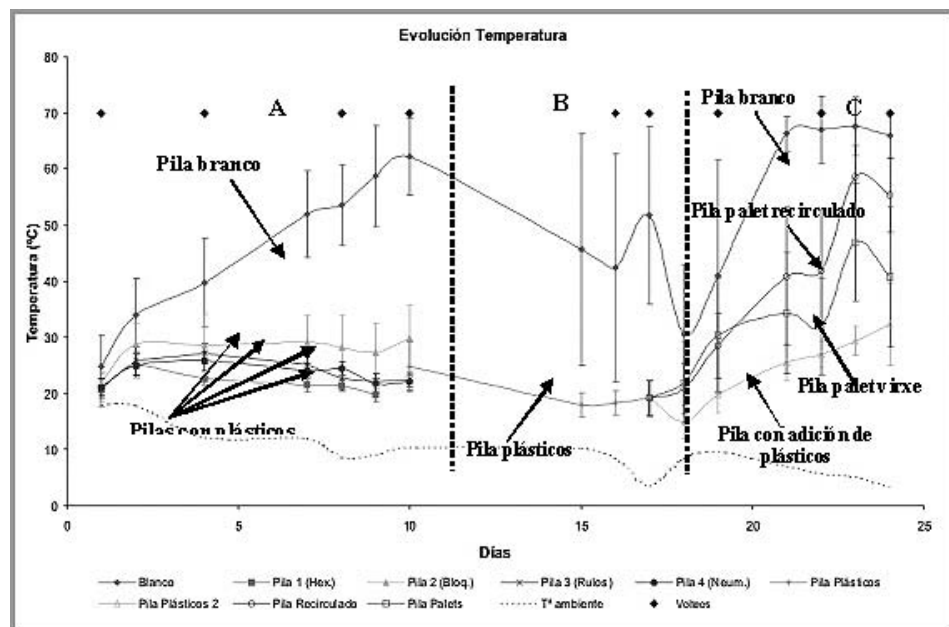


Figura 3.7. Compostaxe de lodo primario en pilas volteadas empregando como estruturante diferentes materiais

Pódese apreciar na Figura 3.7c o efecto de ter engadido estruturante vexetal ao material. Hai un claro incremento da actividade, con subidas da temperatura e desprendemento de vapor nos volteos nas pilas con *palet* triturado, tanto virxe como reciclado.

A adición dun elemento vexetal ás pilas tivo un efecto moi notábel. As temperaturas nas pilas alcanzaron niveis termofílicos, en especial a que tiña *palet* reciclado e, polo tanto, xa inoculado con microorganismos degradativos aerobios. A pila con engadido de plásticos tamén presentou un lixeiro incremento da temperatura

pero moi por baixo que nos casos de adición do *palet*. A pila branco volve a ter unha actividade importante debido á reactivación polo volteo e a que se lle dá forma cónica (máis acumulada).

Os resultados desta proba indican que o efecto do material estruturante vexetal empregado habitualmente non se limita a dar unha porosidade adecuada á matriz de mestura que permita a súa auto-oxixenación, senón que ademais actúa a nivel bioquímico no proceso. Ao parecer, prodúcese unha retención de parte da humidade inicial, humidade que é posteriormente liberada segundo avanza o proceso, favorecéndoo en consecuencia. Ademais é unha fonte de carbono para os microorganismos.

No caso dos estruturantes inertes, estes tan só poden dar á matriz unha estrutura de macro poros adecuada en mesturas con maiores proporcións de estruturante que de lodo, pero a súa acción sobre outros parámetros é nula ou case nula. De aí que na maior parte dos casos non se inicie o proceso degradativo, ou se vexa ralentizado, dando peores resultados na degradación final. A súa única vantaxe sería o poder ser recuperado ao final de proceso para ser reutilizado, mentres que o estruturante vexetal vaise consumindo ao ser tamén degradado lentamente durante a compostaxe. Esa vantaxe dos plásticos non compensa os efectos beneficiosos dos elementos vexetais.

En certos casos podería ser adecuado efectuar mesturas de estruturantes vexetais e inertes, para manter os efectos beneficiosos do triturado vexetal no proceso e obter unha maior cantidade de estruturante recirculado.

3.3.4. Un caso particular: Compostaxe de lamas da industria papeleira

Levou-se a cabo unha proba empregando unhas lamas procedentes dunha industria papeleira cuxa composición era extremadamente rica en celulosa e por tanto en carbono. Trátase dunha lama seca, con aspecto de torta, co que se poderían formar pilas ou moreas cunha estrutura porosa (Figura 3.8). Tendo en conta esta característica, realizouse unha primeira experiencia para investigar as posibilidades da súa compostaxe sen o uso dun elemento estruturante engadido.

Empregouse un reactor experimental de 600 litros de capacidade, tipo túnel, enchido só con lodo celulósico segundo sae do filtro prensa. Observouse un perfil plano en canto a temperatura e concentración en O_2 na atmosfera intersticial. Concluíuse que a actividade biolóxica era nula.

O residuo mantiña a súa matriz porosa, polo que a falta de actividade biolóxica debía ter outra causa. Pensouse que o elevado contido en carbono do lodo de celulosa ía acompañado da carencia de elementos químicos esenciais para o desenvolvemento dos microorganismos, como pode ser o nitróxeno. Experimentouse entón a compostaxe do lodo de celulosa mesturado con xurro porcino, un residuo rico en nitróxeno.

Esta mestura (Figura 3.9) provocou un significativo incremento da actividade biolóxica. O lodo mantén a súa estrutura durante os primeiros días do proceso; despois, a rotura das fibras de celulosa pola acción degradativa fai que se perda esa estrutura e o material convértese nunha pasta. Xérase un exceso de auga metabólica que non pode ser absorbida ao carecer dun estruturante vexetal que permita captar esta humidade e liberala máis adiante. Ao desaparecer a matriz porosa, o proceso de compostaxe detense. Concluíse que será necesario engadir ademais un estruturante vexetal.





Figura 3.8. Aspecto da pila de lodos de papelreira sen estruturante

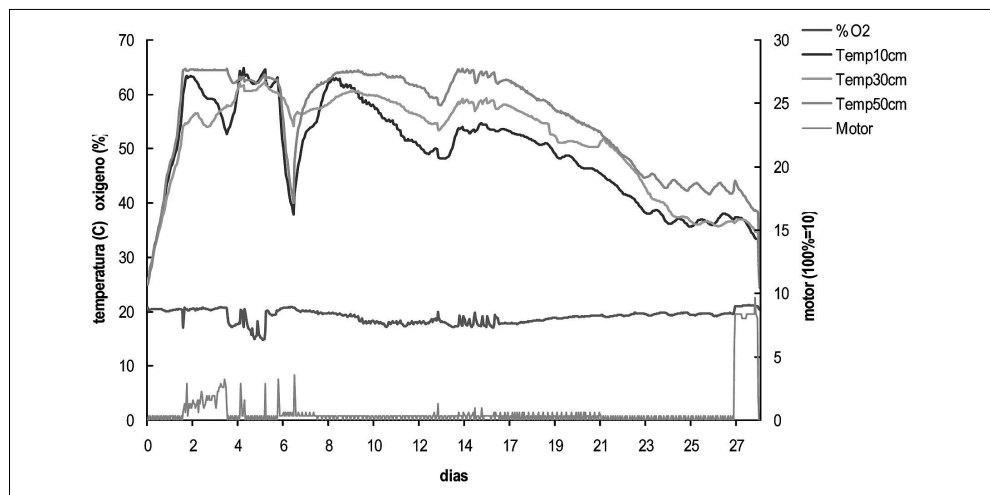


Figura 3.9. Evolución da temperatura, concentración de oxígeno e bombeo de oxígeno (motor) durante a compostaxe en pila sen estruturante de lodos de papelreira mesturados con xurro de porcino (84%-16% en pesos secos)

3.4. A XEITO DE CONCLUSIÓNS

1. En “*senso estrito*”, o secado térmico das lamas non pode ser considerado como un método de estabilización das mesmas ao non afectar á súa estrutura química.
2. En todo caso, grazas á severa perda de humidade que comporta, pode ser valorado como unha “posta en conserva” temporal das lamas.
3. A viabilidade económica do secado térmico tan só se ten mantido industrialmente nos derradeiros anos polas primas á coxeración.
4. A compostaxe si é un método estabilizador das lamas ao variar, por vía microbiolóxica, a composición química das mesmas.
5. A necesidade de dotar ao material dunha mínima estrutura que garanta a súa auto-oxixenación preséntase como o principal limitante para a compostaxe deste tipo de residuo.

6. Utilizando triturado de madeira como axente estruturante, nunca se debe baixar dun mínimo de 1 volume do mesmo por cada volume de lama, sendo dese-xábel unha proporción 2:1.

7. Elixindo adecuadamente o lugar para a instalación de compostaxe, o tratamento industrial por esta vía preséntase como unha opción tecnolóxica, ambiental e economicamente viábel.

8. Ensaíouse a posibilidade de utilización de estruturantes inertes, preferibelmente residuais, con resultados non concluíntes.

9. A corrección doutros parámetros como a relación C/N das lamas para a súa compostaxe tan só resulta imprescindible en casos de lamas específicas cun forte desequilibrio nesa relación.

10. Ensaíouse a conveniencia de corrixir a relación C/N dunha lama da industria papeleira, con moi bos resultados no caso de engadidos de xurro de porco a estas lamas.

REFERENZAS

1. Das, K. & Keener, H.M. (1997). "Moisture effect on compaction and permeability in composts". *Journal of Environmental Engineering*.
2. de Bertoldi, M.; Rutili, A.; Citterio, B. & Civilini, M. (1988). "Composting management: A new process control through O₂ feedback". *Waste management and research*".
3. García, M.; Otero, D. & Mato, S. (1996). "New bulking agents for composting sewage sludge (*Pteridium sp.* and *Ulex sp.*). A laboratory scale evaluation". *The science of composting. Part II*. Glasgow. Blackie Academic and Professional, 1996.
4. Higgings, A.J.; Suhr, J.L.; Rahman, M.S.; Singley, M.E. & Rajput, V.S. (1986). "Shredded rubber tires as a bulking agent in sewage sludge composting". *Waste Management & Research*.
5. Liang, C.; Das, K.C. & McClendon, R.W. (2003). "The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend". *Bioresource Technology*.
6. Manzano, S.; Pérez C. & Soliva, M. (1998). "Compostaje conjunto de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM) y residuos vegetales triturados : Influencia sobre la temperatura y los niveles de oxígeno". *Residuos*.
7. Plana, R. & Pérez Losada, C. (2006a y 2006b). "The effect of use residual plastics like bulking material in composting (I and II). *ORBIT 06 Biological Waste Management - From global to local*. Weimar, Alemania. Setembro 2006.
8. Plana, R. "El compostaje de residuos orgánicos: Investigación del proceso a escala industrial y desarrollo de equipos experimentales para la determinación del sistema de tratamiento y protocolo de trabajo precisos para un desarrollo específico del proceso biológico". Tese Doutoral. Universidade de Vigo, Dpto. de Ecoloxía e Bioloxía Animal. Vigo, 17 de Xullo de 2008.
9. Real Decreto 661/2007. BOE 126 de 26/Mayo/2007.
10. Wilson, G.B. & Walker, J.M. (1973). "Composting Sewage Sludge: How? (Part II). *Compost Science*.
11. Yamada, Y. & Kawase, Y. (2006). "Aerobic composting of waste activated sludge: Kinetic analysis for microbiological reaction and oxygen consumption". *Waste management*.
12. Zorpas, A.A.; Arapoglou, D. & Panagiotis, K. (2003). "Waste paper and clipnotiolite as bulking agent for composting sewage sludge". *Waste management*.



ADEGA

CADERNOS

4. VALORIZACIÓN AGRONÓMICA DE LODOS

Mercedes Fra

4.1. MARCO NO QUE SE DESENVOLVE A XESTIÓN DE LODOS DE DEPURACIÓN

A xestión de residuos será probablemente o problema medioambiental máis importante do século XXI. A medida que as sociedades se industrializan xérase, como resultado das distintas actividades, unha serie de residuos que requiren unha saída. É este un dos maiores retos tanto de concellos como de industrias.

A implantación gradual da Directiva 91/271 da UE sobre saneamento e depuración de augas residuais, obriga a todas as aglomeracións urbanas da UE a dotarse de sistemas colectores que recollan as súas augas residuais urbanas e de estacións depuradoras e as sometan a un tratamento adecuado, o cal xerará unha grande cantidade de lodos de depuración que será necesario xestionar, e buscarlles unha solución óptima en termos de sustentabilidade e respecto ao medio ambiente.

As alternativas de xestión principais, e sinaladas no Plano Nacional de Lodos de Depuradoras de Augas Residuais 2001-2006 (PNLD), son tres: valorización agronómica, incineración e depósito en vertedoiro. Os dous últimos implican un grande investimento económico e reticencias por parte da sociedade, polos problemas xerados na súa implantación e funcionamento. A valorización agronómica dos lodos destaca como a opción máis sustentábel dado que con ela conséguese unha adecuada recuperación de nutrientes, materia orgánica, e tamén das reservas de carbono do chan. Este último elemento é importantísimo para a loita contra o cambio climático e o efecto invernadoiro.

O PNLD considera a valorización agronómica como a opción máis sustentábel, non só medioambientalmente se non, por se entender como valorización fronte a outras opcións que representan eliminación. O PNLD propón como prioritaria a aplicación ao chan do lodos de depuración con fins de fertilización e reciclaxe; aspirando a que se xestione por esta vía o 65% do total producido.

A valorización agronómica de lodos de depuración e bioresiduos, é hoxe en día unha opción recoñecida e valorada en todos os países do noso contorno, onde é unha práctica frecuente para dar solución aos residuos orgánicos que xeran. Como puntos de referencia, sinalaremos dúas publicacións que centran as súas reportaxes e temas de estudo na valorización de residuos orgánicos, e das que nos nutrimos de ideas e de referencias; www.biocycle.net e



www.orbit-online.net. Son revistas punteiras no sector da valorización de residuos orgánicos e que nos poden dar unha visión global da situación actual e alternativas que se levan a cabo en todo o mundo, e concretamente da valorización agronómica de lodos de depuración.



a) Planta de Agroamb b) Sistema de aplicación con cisterna c) Aplicación en campo con espaxedor de lodos

4.2. VANTAXES DA VALORIZACIÓN AGRONÓMICA DE LODOS

Os lodos de depuración están compostos esencialmente por auga, materia orgánica e materiais minerais. O efecto que estes producen no medio é moi diferente segundo o medio receptor e a finalidade para o que se destinan.

A fertilización con lodos, é dicir a incorporación ao terreo de lodos na cantidade apropiada, achega os recursos nutricionais necesarios para os cultivos, mellorando tamén as características morfolóxicas do chan.

Os microorganismos que abundan no chan nútreanse das materias orgánicas que aportan os lodos; de feito, transfórmanas progresivamente, unha parte en elementos minerais indispensábeis para as plantas e outra parte, máis ou menos importante, segundo o tipo de lodo, é incorporada ao chan e contribúe a acadar unha estrutura favorábel para o desenvolvemento das raíces.

A aplicación agrícola de lodos de depuración é por tanto duplamente útil. Para o agricultor, por unha parte, ao tratarse dun medio eficaz e de baixo custo para levar a cabo a fertilización das súas terras de cultivo. Para o medio ambiente, por outra parte, xa que se completa o traballo das estacións depuradoras de augas, dixerindo a materia orgánica e dando un novo valor a un residuo.

A empresa Agroamb especializouse na xestión de residuos orgánicos mediante a valorización agronómica. Céntrase fundamentalmente nos lodos de depuración procedentes tanto de estacións depuradoras de augas residuais urbanas como de industrias agroalimentarias; pero tamén traballa con esterco, excedentes de xurros, cinzas de combustión madeireira e todo material susceptíbel dunha reciclaxe segura e con garantías como fertilizante ou emenda orgánica.

A valorización agronómica de lodos de depuración consiste na fertilización de fincas agrícolas con lodos estabilizados procedentes de estacións depuradoras. Os lodos son produtos capaces de fornecer ás terras os elementos nutritivos necesarios para a medra e o desenvolvemento dos cultivos.

Por outra parte, a valorización agronómica pode xogar un papel de emenda, entendendo como emenda as achegas de material orgánico que teñen como función principal a de mellorar as propiedades físicas, químicas e biolóxicas do chan. Melloran a aireación e a cohesión do chan, ao tempo que incrementan a capacidade de reter elementos fertilizantes e o pH. Desta forma, diminúe a acidez do chan, corrixindo o que é un factor negativo nos solos galegos.

4.3. AS NECESIDADES DO SOLO

A maior parte das plantas fabrican elas mesmos os seus alimentos a partir do carbono e do oxíxeno do ar, polo mecanismo da fotosíntese. Pero para isto fai falta que auga e nutrientes estean presentes no solo; esencialmente, azoto (N), fósforo (P) e potasio (K). Certas especies necesitan tamén cantidades elevadas de enxofre (S), magnesio (Mg) e calcio (Ca). Por último, as plantas necesitan oligoelementos, en moi pequenas cantidades aínda que indispensábeis; entre eles están o ferro, manganeso, cobre, zinc, boro e molibdeno.

A materia seca é a que resta despois da vaporización de toda a auga que conteñen os lodos. Esta é a que contén os elementos nutritivos dos lodos valorizábeis en agricultura. O contido dos lodos en elementos nutritivos está en función do seu contido en materia seca. Aínda que por regra xeral os lodos son pobres en potasio, dispoñen dun contido equivalente a un fertilizante órgano-mineral convencional encanto ao resto de nutrientes, a saber azoto, fósforo, calcio, enxofre, potasio e magnesio. A composición en elementos fertilizantes de 5 grandes grupos de lodos de depuración é a que se indica na Táboa 4.1

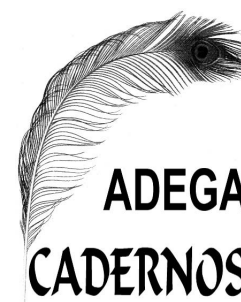
Táboa 4.1. Composición en elementos fertilizantes de distintas presentacións dos lodos de depuración

Parámetro	Lodo líquido	Lodo pastoso	Lodos desecados	Lodo seco	Lodo compostado
Mat. Seca (%)	2 a 7	16 a 22	25 a 40	90 a 95	40 a 60
Mat. Orgánica (%)	65 a 70	50 a 70	30 a 50	50 a 70	80 a 90
Mat. Mineral (%)	30 a 35	30 a 50	30 a 70	30 a 50	10 a 20
pH	6,5 a 7	7 a 8	9 a 12	6 a 8	6 a 7
C/N	4 a 5	5 a 6	8 a 11	4 a 6	15 a 25
Azoto (kg/t bruta)	2 a 4	8 a 12	6 a 9	30 a 50	5 a 9
Fósforo (kg/t bruta)	2 a 3	6 a 9	6 a 10	50 a 70	6 a 8
Potasio (kg/t bruta)	0.9	0.8	1	5	1 a 2
Calcio (kg/t bruta)	1 a 3	5 a 15	60 a 90	40 a 60	10 a 30
Magnesio (kg/t bruta)	0.5	1 a 2	1 a 2	5	1 a 2
Biodisponibilidade 1º ano (%)*	40-60	30-35	30-40	25-40	10%

*Biodisponibilidade dos lodos no 1º ano, en porcentaxe das cantidades aplicadas. A disponibilidade do fósforo é en xeral dun 70% das cantidades aplicadas.

4.4. PRODUCIR LODOS ADAPTADOS ÁS NECESIDADES AGRÍCOLAS

Para asegurar unha fertilización agrícola estábel e durábel con lodos é necesario coñecer a súa riqueza agronómica e que esta responda ás necesidades de fertilización do cultivo receptor. En consecuencia, para unha xestión adecuada, é imprescindible escoller o tipo de lodo e realizar o conseguente plano de fertilización no que se conxugue a riqueza do lodo, as necesidades do cultivo e o solo receptor. O xestor debe controlar de forma eficiente todo o proceso para garantir unha fertilización adecuada. Para iso utiliza, como soporte imprescindible, o control analítico dos lodos e dos terreos receptores, baseándose ademais nun amplo coñecemento sobre os cultivos a fertilizar, para poder realizar un plano de fertilización adecuado para cada caso.



Agroamb dispón de instalacións destinadas ao tratamento e transferencia de biosólidos no Concello de Castro de Rei (Lugo), con un superficie aproximada de 4.800 m² e alimentada por enerxías renovábeis. Nesta planta, lévase a cabo o tratamento de valorización dos biosólidos xestionados, mediante un proceso de posta en valor, do cal obtense fertilizante para cultivos agrícolas, esencialmente adaptado para cultivos forraxeiros. Trátase dun substrato que polas súas características de homoxeidade, fertilidade, e estrutura resulta moi adecuado para o cultivo agrícola e forestal, para a recuperación de chans degradados, como substrato para viveiros, etc.

AGROAMB na xestión de lodos de depuración, mediante a valorización agronómica, aplica e respecta todos os aspectos que marca a lexislación, encanto á caracterización dos lodos, para obter un coñecemento claro do valor fertilizante, e do posíbel contido de metais pesados que limitarían a súa valorización agronómica. Así mesmo caracterizamos tamén as parcelas receptoras de maneira que coñezamos exactamente as carencias do solo, e elaboramos un plano de fertilización adaptado a cada parcela de cultivo en concreto. Para iso contamos con unha equipa multidisciplinar, enxeñeiros agrónomos, forestais, agrícolas, enxeñeiros químicos e veterinarios, que avalían todos os datos e parámetros dando o asesoramento, creemos, máis amplo posíbel.

Agroamb con esta planta de tratamento pretende dar un grande paso, aplicando a tecnoloxía máis avanzada, e apoiándose nos resultados extraídos dos diversos proxectos de investigación que está a desenvolver xunto coa Universidade de Santiago de Compostela, e a Universidade de Vigo, enmarcados nos Programas de Tecnoloxías Ambientais, e subvencionados pola Secretaría Xeral de Investigación e Desenvolvemento.

4.5. INVESTIGACIÓN E DESENVOLVEMENTO

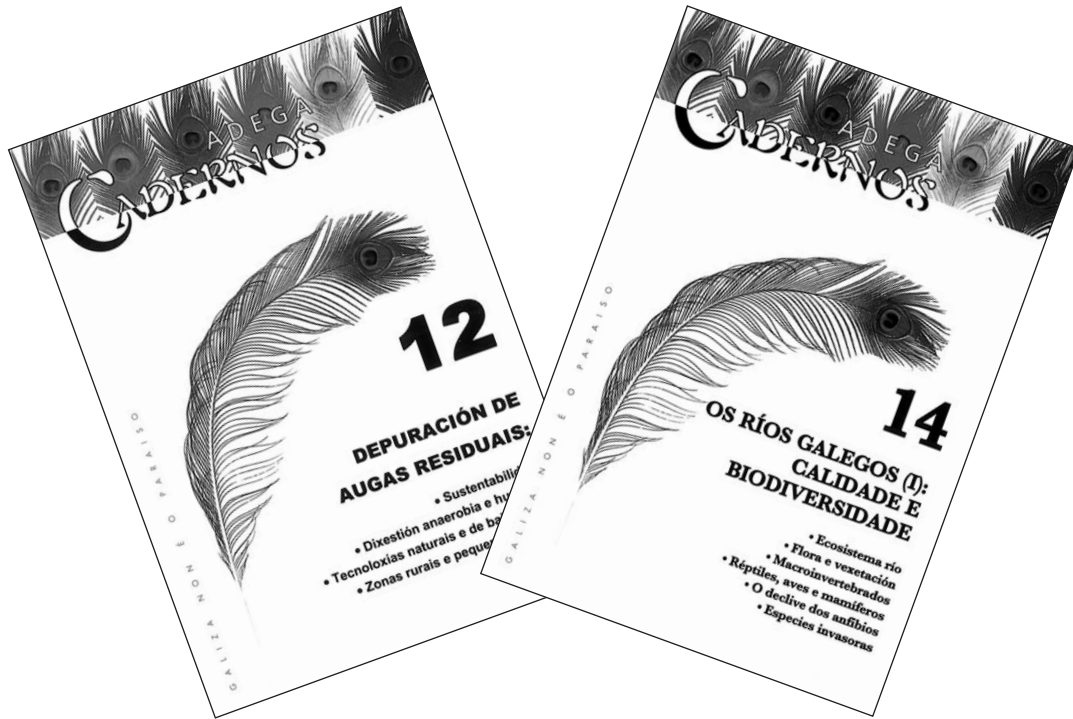
Dado que a actividade realizada por Agroamb é moi recente no noso país, destina boa parte dos seus recursos á investigación aplicada. Actualmente ten en marcha catro proxectos de investigación, en colaboración coa Universidade de Santiago de Compostela (USC) e a Universidade de Vigo (UV), cos departamentos de Producción Vexetal, e Edafoloxía e Química agrícola. Colabora nestes proxectos con outras empresas do sector (Cedie e Ros Roca), estes proxectos están enmarcados dentro do Programa de Tecnoloxías Ambientais e subvencionados pola Secretaría Xeral de Investigación e Desenvolvemento.

Céntranse respectivamente no estudo dos efectos agronómicos que se producen tras a aplicación de lodos de depuradora na rotación de cultivos –prado e millo- (Departamento de Producción Vexetal, USC), o estudo de mesturas de lodos con outros residuos como cinzas de combustión madeireira e outros subprodutos da industria agroalimentaria (Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola, USC), o estudo da elaboración de compost a partir de lodo de industria agroalimentaria (Ros Roca e UV), estudo sobre a Inertización e promoción do reciclado de residuos derivados do vertido de fuel do buque *Prestige* (Cedie, e Departamento de Edafoloxía e Química Agrícola, USC), e por último estudo sobre o emprego de residuos na elaboración de fertilizantes: valoración agronómica (Departamento de Producción Vexetal, USC).



.. DE COLECCIÓN!

ADEGA CADERNOS



Nº 1: MINICENTRAIS HIDROELÉCTRICAS - ENERXÍA EÓLICA

Nº 2: A ECONOMÍA E A ECOLOXÍA DO MEDIO MARIÑO

Nº 3: XESTIÓN DO LIXO: MUNHA ALTERNATIVA ECOLÓXICA AO PLANO DE SOGAMA

Nº 4: AGROECOLOXÍA NA GALIZA

Nº 5: TRANSPORTE E MEDIO AMBIENTE

Nº 6: A COMPOSTAXE DE RESÍDUOS

Nº 7: VACAS TOLAS E AGROECOLOXÍA NA GALIZA

Nº 8: ECONOMÍA E MEDIO AMBIENTE

Nº 9: PESCA SUSTENTÁBEL

Nº 10: MEDIO AMBIENTE LITORAL

Nº 11: AUGA E SUSTENTABILIDADE

Nº 12: DEPURACIÓN DE AUGAS RESIDUAIS

Nº 13: EDUCACIÓN AMBIENTAL EN GALIZA

Nº 14: OS RÍOS GALEGOS (I): CALIDADE E BIODIVERSIDADE

Nº 15: OS RÍOS GALEGOS (II): CALIDADE E BIODIVERSIDADE

Nº 16: O CAMBIO CLIMÁTICO E GALIZA



Foto: © Alberte SR



A D E G A

**COLABORA CON ADEGA
FAITE SOCIO/A**