

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 espaxamento 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 mostras 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 WEAQ, 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 WEAQ, 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 achega 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, refugалlos 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
- Reciclaxe, 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 ningún 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 patóxenos. 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 humidais 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 putrescibel) 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 putrescibel 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 vertedoiro (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. CONCLUSIÓN

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 Resíduos”. 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 micro-contaminantes”. 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 Resíduos*. 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 Producción Agraria Sustentable e Sanidade Vexetal. Consellaría de Medio Rural, Xunta de Galicia.