

## 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:

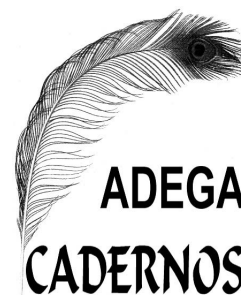
- Augas residuais domésticas, que son as augas que proveñen dos domicilios particulares, dos edificios e actividades públicas e de instalacións asimilábeis (hoteis, garderías, etc.).
- Augas residuais industriais, que son as augas que proveñen das actividades industriais.
- Augas pluviais e de infiltración, 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<sub>5</sub>) 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

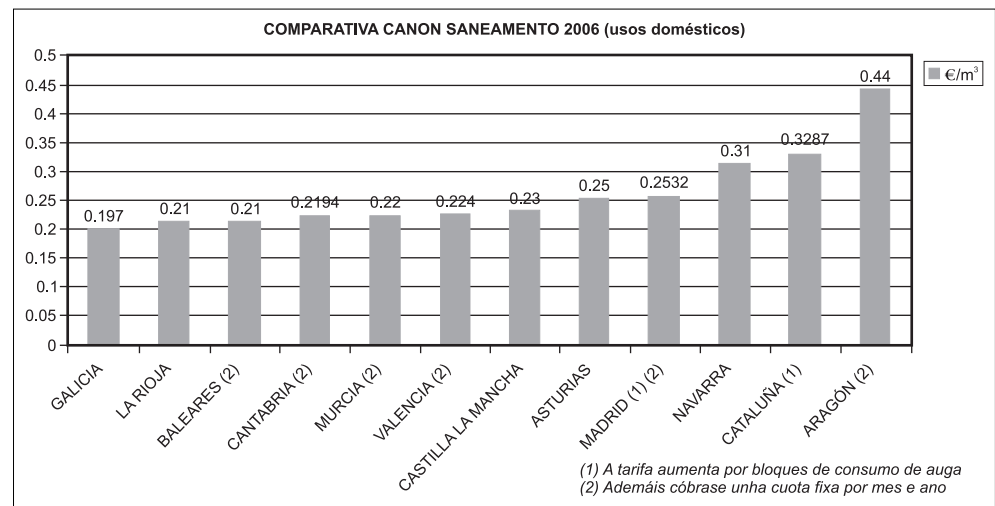


Figura 2.1. Contía do canon de saneamento nalgunhas comunidades autónomas

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 recircúlase 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.

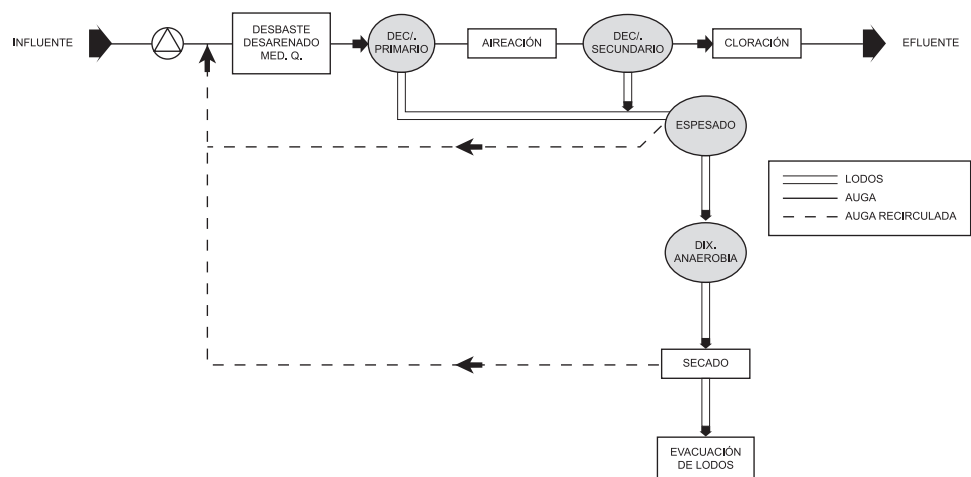


Figura 2.2. Proceso de depuración aerobia convencional de augas residuais e xeración de lodos

### 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**

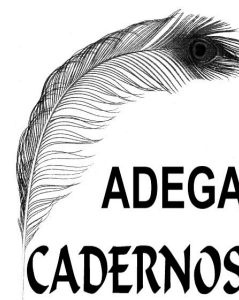
RESIDUO	GAS TOTAL PRODUCIDO (m <sup>3</sup> /kg m.s.)	RIQUEZA EN METANO (%)
Lamas de EDAR	0,43	79
Fración orgánica do lixo urbano	0,61	62
Lamas da industria láctea	0,98	76
Lamas de papeleiras	0,25	60
Esterco de cabalo	0,4	75
Esterco de porco	0,26	81
Pastos	0,5	84

*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
<b>A) Procesos que reducen patóxenos de xeito significativo</b>	
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>B) Procesos que reducen patóxenos máis intensamente</b>	
Compostaxe en reactores	3 días, <sup>3</sup> 55 °C
Compostaxe en pilas	≥ 15 días, <sup>3</sup> 55 °C
Secado con aire quente ata humidade £ 10 %	> 80 °C
Tratamento térmico	30 minutos, <sup>3</sup> 180 °C
Dixestión aerobia termofílica	10 días, 55-60 °C
Radiación b	≥ 1 Mrad
Radiación g	
Pasteurización	≥ 30 minutos, <sup>3</sup> 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) <sup>(2)</sup>	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. <sup>1</sup>Valores da E.D.A.R. da comarca de Pamplona. <sup>2</sup> 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.

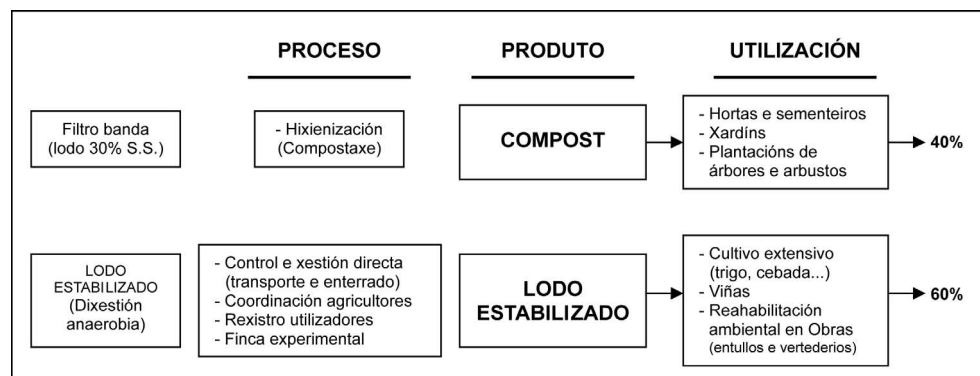


Figura 2.4. Esquema da xestión de lodos de depuradora na comarca de Pamplona

**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) <sup>a</sup>
	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

<sup>a</sup> Achega autorizada sobre 10 anos. / <sup>b</sup> Cantidades insignificantes

**Táboa 2.11. Principais características dos biosólidos da EDAR de Arazuri**

<b>Características químicas</b>	
Materia seca (m.s.)	20-25%
Materia orgánica	50-60 (%m.s.)
Relación C/N	07-oct
pH	7,5-8,0
<b>Elementos fertilizantes (%m.s.)</b>	
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
<b>Metais pesados (ppm)</b>	
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 <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,0-3,5
Potasio (K <sub>2</sub> 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/m<sup>2</sup> 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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
Cobrementeira	2-5 kg/m <sup>2</sup>

### Recebo Arazuri

O Recebo-Arazuri é unha emenda areosa que se obtén mesturando o compost con area silíceo, 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/m<sup>2</sup>
- para *céspedes sometidos a un lixeiro pinchado* que non necesitan resementas, entre 4 y 6 kg/m<sup>2</sup>
- para *campos de golf*, que tan só requiren a reposición do material de drenaxe, doses baixas pero frecuentes de 3 a 5 kg/m<sup>2</sup>.

## 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

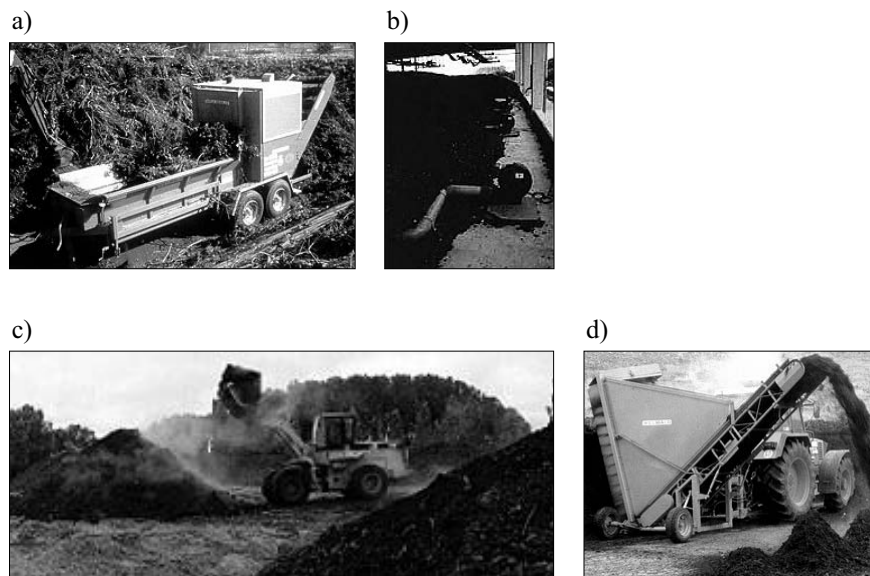


Figura 2.5. Algunhas das operacións realizadas na compostaxe de lodos: a) Trituración, b) Aireación, c) e d) Volteo e mestura.

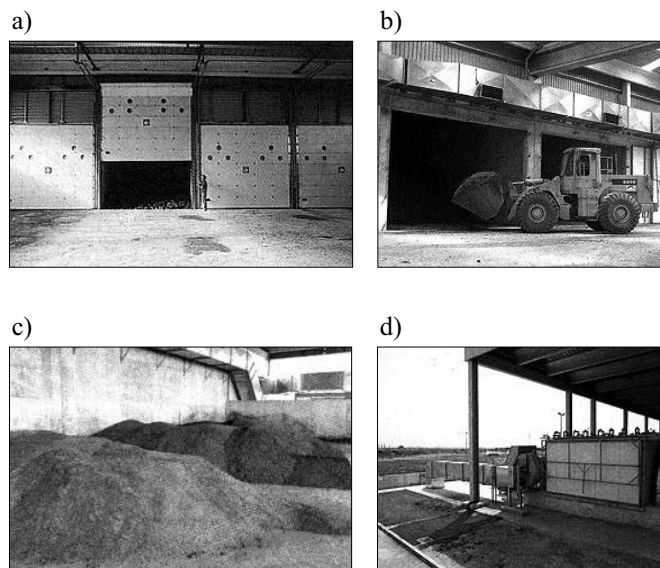


Figura 2.6. Algúns aspectos da tecnoloxía de compostaxe: a) e b) Compostúneles, c) Moreas en nave de maduración e almacén, d) Biofiltro.

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 descontínua.

**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 m<sup>3</sup> de compost ao ano.

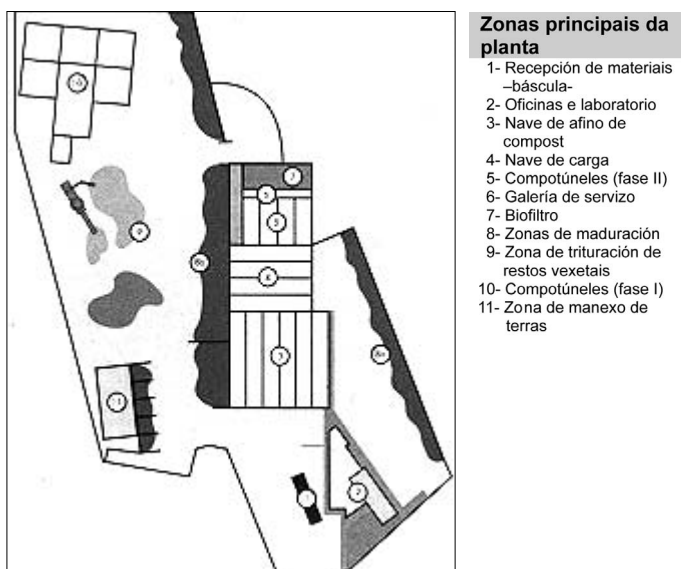


Figura 2.7. Esquema da Planta de Compostaxe de Castelldefels



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.

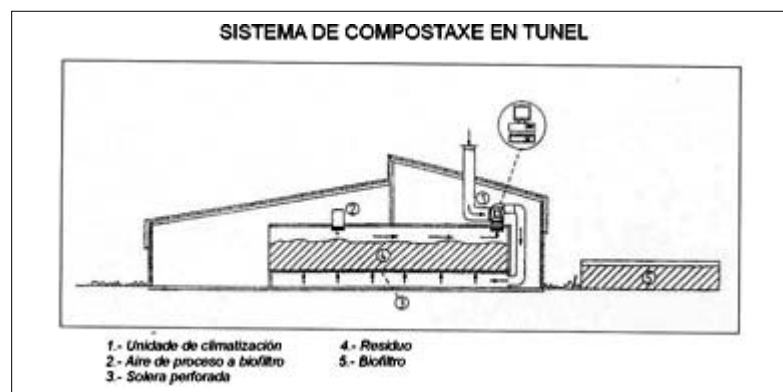


Figura 2.9. Planta de compostaxe de Vila-Seca (Tarragona)

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 dixeridos 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.

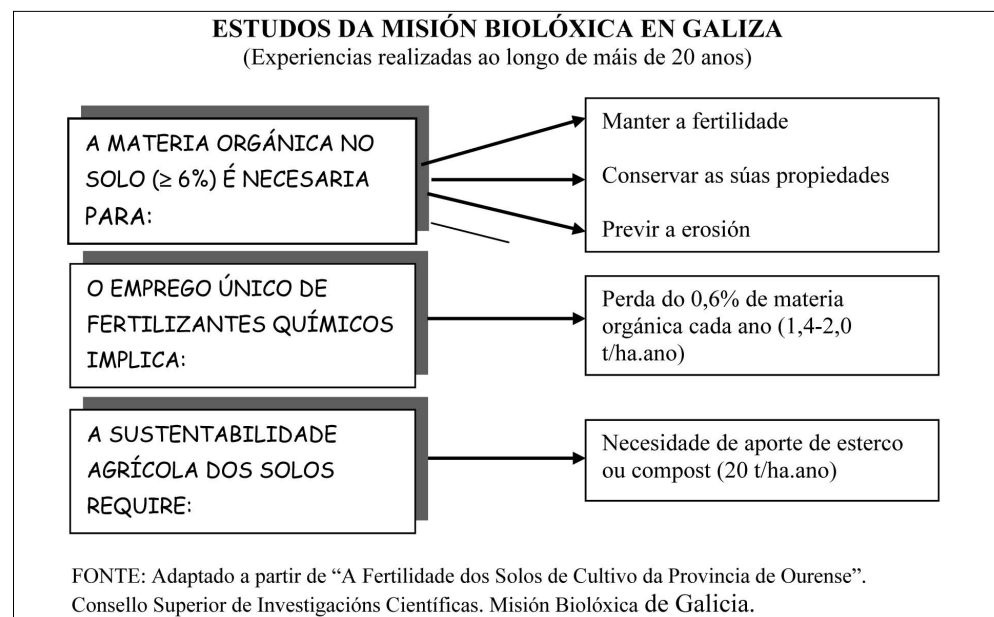
En Galiza prodúcese do orde de 25 kg por habitante e día de residuos sólidos, incluíndo os domésticos, entullos, industriais e mineiros (excluídos os das dúas grandes



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.

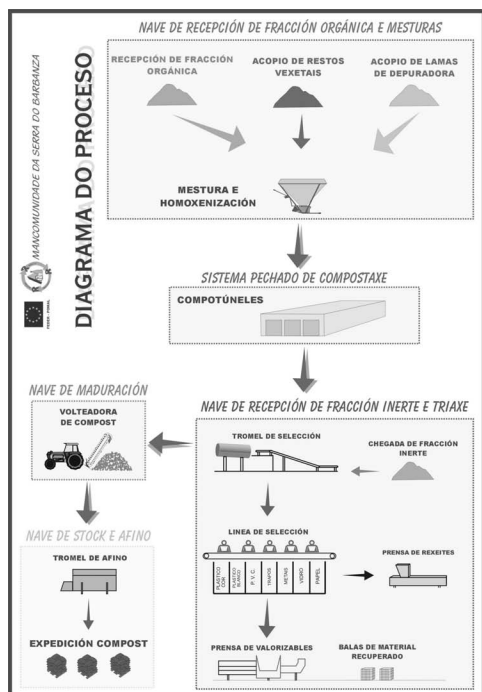


Figura 2.11. Esquema operativo da planta de tratamento de residuos urbanos da Mancomunidade Serra do Barbanza

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.