6

A COMPOSTAXE DE RESIDUOS

- QUÉ É A COMPOSTAXE?
- TECNOLOXÍAS DE COMPOSTAXE. BIOGÁS
- RECOLLIDA SELECTIVA PARA A COMPOSTAXE DO LIXO
- USO AGRÍCOLA DO COMPOST
- A MATERIA ORGÁNICA NOS SOLOS GALEGOS
- O COMPOST NA CASA E NA ESCOLA

UNHA REVISTA DE COLECCIÓN !

CONSIGUE A COLECCIÓN COMPLETA DA REVISTA ADEGA - CERNA

Realiza o pedido dirixíndote o local de ADEGA
na Rúa de Touro, 21-2º de Santiago. Telf. e Fax: (981) 57 00 99
e-mail: adega@ctv.es
Web: www.ctv.es/USERS/adega

CAPÍTULO **PÁX**

PRESENTACIÓN **5**

1. QUÉ É A COMPOSTAXE
Jorge Domínguez e Salustiano Mato **7**
1.1. INTRODUCCIÓN 7
1.2. A PILA DE COMPOST E O HUMUS 8
1.3. COMA SE PRODUCE O COMPOST 8
1.4. A COMPOSICIÓN DO MATERIAL PARA COMPOSTAR 10
1.5. FACTORES AMBIENTAIS QUE INFLÚEN NA COMPOSTAXE 11

2. TECNOLOXÍAS DE COMPOSTAXE E FILOSOFÍAS DE MANEXO DO PROCESO
Carlos Pérez Losada **13**
2.1. INTRODUCCIÓN 13
2.2. A IMPORTANCIA DA CALIDADE DO COMPOST E O BO MANEXO DO PROCESO 13
2.3. AS TECNOLOXÍAS DISPOÑIBEIS 15
2.4. SISTEMAS ABERTOS 18
2.5. SISTEMAS SEMIPECHADOS 19
2.6. SISTEMAS PECHADOS 20
2.7. TÚNELES OU COMPOTÚNELES 21
2.8. BIBLIOGRAFÍA 22

3. PLANTAS DE BIOGÁS PARA O APROVEITAMENTO DA FRACCIÓN ORGÁNICA DO LIXO
Manuel Soto Castiñeira **23**
3.1. INTRODUCCIÓN 23
3.2. A TECNOLOXÍA ANAEROBIA PARA O TRATAMENTO DA FRACCIÓN ORGÁNICA DOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS 24
3.3. ETAPAS DO PROCESO DE BIOMETANIZACIÓN. 25
3.4. RENDEMENTOS QUE SE OBTEÑEN 27
3.5. CONSIDERACIÓNS FINAIS 28
3.6. REFERENCIAS 28

4. MODELOS DE RECOLLIDA SELECTIVA DE RESIDUOS NAS CIDADES
Xosé A. González Ferreira **29**
4.1. INTRODUCCIÓN 29
4.2. RECOLLIDA SELECTIVA NA ORIXE 30
4.3. AVALIACIÓN DOS MODELOS NA PRÁCTICA 32
4.4. A MODO DE REFLEXIÓN FINAL 33

5. AUTOXESTIÓN DA FRACCIÓN ORGÁNICA DO LIXO: A EXPERIENCIA DO CONCELLO DE A ILLA DE AROUSA
Xosé A. González, F. Xavier Centeno, Anxélica Lemos e Carlos A. Vaamonde ... **35**
5.1. INTRODUCCIÓN 35
5.2. O PLAN DE XESTIÓN DE RSU DA ILLA DE AROUSA 35

ADEGA CADERNOS
Depósito Legal Nº.: 1390/96 *ISSN*.: 1137-0262
Edita: Asociación para a Defensa Ecolóxica de Galiza
Coordinación: Manuel Soto

ADEGA, Rua de Touro 21 - 2º, 15704 - Santiago, Tel/Fax: 981 57 00 99
E-mail: adega@ctv.es / Web: www.ctv.es/USERS/adega
1ª EDICIÓN: OUTUBRO DE 1999

Impresión e Maquetación: ***NINO (Centro de Impresión Dixital)***
Rosalía de Castro, 58 - Tel.: (981) 59 03 02
As ideas, afirmacións e posicionamentos vertidos polos autores en ADEGA CADERNOS son responsabilidade exclusiva dos mesmos. Permitida a reproducción, sempre que se cite a fonte. Impreso en papel reciclado 100% para preservar os bosques, evitar a contaminnción das celulosas e contribuír á reciclaxe do lixo.

O presente caderno conta cunha axuda da Secretaría Xeral de Investigación e Desenvolvemento da Xunta de Galicia

5.3. DESENVOLVEMENTO DO PLAN 37
5.4. APLICABILIDADE NOUTROS LUGARES 39

6. APLICACIÓN AGRÍCOLA DE COMPOST DA FRACCIÓN ORGÁNICA DOS RSU
Xosé A. González Ferreira e F. Xavier Centeno Ameijeiras 41
6.1.INTRODUCCIÓN..... 41
6.2. EFECTOS DA MATERIA ORGÁNICA NO SOLO..... 43
6.3. VANTAXES DO USO DO COMPOST SOBRE OUTROS FERTILIZANTES ORGÁNICOS 45
6.4. AS NECESIDADES DE MATERIA ORGÁNICA NOS SOLOS DE GALICIA 45
6.5. EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE COMPOST A DIFERENTES CULTIVOS 46

7. A MATERIA ORGÁNICA NOS SOLOS DE GALICIA
Francisco Díaz-Fierros Viqueira..... 51
7.1. INTRODUCCIÓN 51
7.2. AS OUTRAS FUNCIÓNS DA MATERIA ORGÁNICA 51
7.3. OS CONTIDOS EN MATERIA ORGÁNICA DOS SOLOS DE CULTIVO..... 53
7.4. A RESTITUCIÓN DA MATERIA ORGÁNICA DO SOLO 53
7.5. BIBLIOGRAFÍA..... 57

8. OBRADOIROS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL: A COMPOSTAXE NA CASA E NA ESCOLA
Grupo de E.A. de ADEGA 59
8.1. INTRODUCCIÓN 59
8.2. OBXECTIVOS E METODOLOXÍAS DOS OBRADOIROS RELACIONADOS CO LIXO 59
8.2.1. Obradoiro de fabricación manual de papel reciclado..... 59
8.2.2. Obradoiro de fabricación de xoguetes con material de refugallo.... 60
8.2.3. Obradoiro de Consumo..... 61
8.2.4. Obradoiro de fabricación artesanal de compost 61
8.3. O COMPOST NA CASA E NA ESCOLA..... 61
8.3.1 O composteiro ou a pila de compost 62
8.3.2. Materiais que se utilizan para o compost 62
8.3.3. Preparación da pila ou morea 62
8.3.4. Condicións necesarias para unha boa fermentación..... 62

• OS AUTORES •

F. Javier Centeno Ameijeiras: Enxeñeiro T. Agrícola. Máster en Xestión Medioambiental. Empresa *Lagares Enxeñería.*

Francisco Díaz-Fierros Viqueira. Catedrático de Edafoloxía, Universidade de Santiago.

Jorge Domínguez Martín. Profesor Asociado do Dpto. de Ecoloxía e Bioloxía Animal da Universidade de Vigo.

Xosé A. González Ferreira: Enxeñeiro Agrónomo. Enxeñeiro T. Industrial. Máster en Medio Ambiente Urbano. Empresa *Lagares Enxeñería.*

Anxélica Lemos Soage. Licenciada en CC. Químicas. Máster en Xestión Medioambiental. Empresa *Lagares Enxeñería.*

Salustiano Mato de la Iglesia. Profesor Titular do Dpto. de Ecoloxía e Bioloxía Animal da Universidade de Vigo.

Carlos Pérez Losada. Licenciado en Química. Excoordinador da área de compostaxe da Entidade Metropolitana de Barcelona. Empresa **Ros Roca.**

Manuel Soto Castiñeira. Presidente de ADEGA. Profesor titular de Enxeñería Química. Universidade da Coruña.

Carlos A. Vaamonde Rois. Enxeñeiro T. Forestal. Empresa *Lagares Enxeñería.*

ADEGA
CADERNOS

PRESENTACIÓN

Algo máis da metade do lixo que xeramos é materia orgánica fermentábel, residuos procedentes da limpeza de hortalizas e outros alimentos da cociña, restos de comidas, papel alimentario de envolver, e restos de plantas da casa ou do xardín. Tratase da fracción húmida do lixo, medio millón de toneladas anuais en Galicia, a razón de medio quilo por persoa e dia. Trátase tamén da fracción do lixo máis limpa, libre en orixe de substancias químicas tóxicas, e que pode ser reciclada enteiramente mediante procesos naturais.

Ata ben recentemente, estes residuos orgánicos recollíanse conxuntamente cos restantes compoñentes do lixo, e todo xunto acababa nos vertedoiros das vilas e cidades, ou na incineración, causando un forte impacto ambiental. Hai tempo, sen embargo, que sabemos que o vidro, o papel ou a chatarra se poden reciclar, e que para iso é necesaria a recollida selectiva, depositando por separado cada tipo de material. No caso da materia orgánica non foi así; pretendíase facer compost co lixo sen separar, e o resultado era un compost contaminado con anacos de vidro e plástico, ou con metais pesados. Por esta razón pechou mais dunha planta de compostaxe, dando pé ademais aos detractores da compostaxe a criticar esta alternativa na súa globalidade.

Levou tempo convencer a empresas e administracións da necesidade da recollida selectiva da materia orgánica para a súa reciclaxe na forma de compost. Pero hoxe isto xa non se discute. As experiencias de Estella (Navarra) e de Córdoba son ben coñecidas e demostran os resultados que se poden acadar. En Cataluña e Valencia abandonaron nos últimos anos a idea de construír novas incineradoras e optaron pola compostaxe, con ou sen recuperación de biogás. Mesmo Pamplona, cidade coñecida polos seu éxito na recollida selectiva e reciclaxe de fraccións inertes, propúxose incrementar a taxa de reciclaxe a través da recollida selectiva da materia orgánica e da súa compostaxe, única forma de pasar dunha baixa taxa de reciclaxe, inferior ao 15%, a outra que supere o 60%. Tamén Galicia conta con varios plans comarcais de recollida selectiva, reciclaxe e compostaxe. Só SOGAMA e a Xunta seguen empeñadas en non separar a materia orgánica, xa que o destino que prevén para a mesma é a incineración.

A nivel europeo temos unha directiva que obriga á recollida separada e á reciclaxe dos materiais de envase e embalaxe. Tamén está a punto de aprobarse outra directiva que limitará o vertido de materia orgánica sen tratar, aínda que non se sabe, hoxe por hoxe, se beneficiará á compostaxe ou á incineración. Quizá non tarde en elaborarse unha terceira directiva que obrigue a recollida selectiva da materia orgánica e á súa reciclaxe, que non pode ser outra cousa que a súa utilización para os solos agrícolas, tras un proceso de estabilización ou compostaxe.

E isto non só pola presión social existente a favor de prácticas máis ecolóxicas na xestión do lixo ou polo rexeitamento á incineración e ao vertido, senón sobre todo porque a materia orgánica representa algo moi valioso para os nosos solos agrícolas; sen esta, a deterioración dos solos é progresiva e imparábel. Abondaría con citar os graves problemas de desertización que se sofren en toda a Europa medite-

ADEGA
CADERNOS

rránea, proceso que comeza co empobrecemento do solo en materia orgánica. En Galicia, a cabalo entre a Europa atlántica e a mediterránea, temos elevadas porcentaxes das nosas terras con déficit de materia orgánica, tal como se pon de manifesto no artigo do profesor Díaz-Fierros neste caderno. Existen ademais estudios que demostran os beneficios do emprego do compost na fertilización dos nosos cultivos agrícolas, realizados ao longo dos dous últimos anos pola Mancomunidade de Concellos do Morrazo, que veñen a confirmar as previsións feitas a partir de múltiples estudios de fora de Galicia.

En definitiva, danse todas as condicións necesarias para que a totalidade da materia orgánica do lixo, debidamente separada nos fogares, se destine a fabricación de compost. Existe unha clara necesidade do mesmo pois, toda a producción posíbel a partir do lixo, non alcanzaría máis que a unha pequena porcentaxe das necesidades actuais e a longo prazo de compost. Existe unha opinión pública, especialmente a dos sectores máis informados, a favor da reciclaxe da materia orgánica. Existe unha lexislación europea favorábel, e mesmo o Ministerio de Medio Ambiente (outra cousa é a nosa Consellería!) ten entre os seus obxectivos promover a compostaxe. Existen varios plans comarcais no noso país que xa están construíndo plantas de compostaxe e xa comezaron a realización de estudios de comercialización e divulgación. E hoxe, cinco da sete cidades, ademais de A Coruña, manteñen un posicionamento a favor da compostaxe que as pode levar a saír de SOGAMA e elaborar plans alternativos.

Nesta situación ten grande interese poder afondar en moitos dos aspectos relacionados coa xestión do lixo, a recollida selectiva para o aproveitamento da materia orgánica, as diferentes tecnoloxías de compostaxe ou de obtención de biogás e compost, os resultados das experiencias máis avanzadas, sexa a autocompostaxe na Illa de Arousa ou a aplicación de compost nas terras no Morrazo, ou a realidade da materia orgánica nos nosos solos.

É preciso por de manifesto non só a necesidade ambiental da compostaxe e reciclaxe da materia orgánica, senón tamén que esta opción é perfectamente viábel desde o punto de vista económico e social. Ao tempo, pomos en evidencia a falta de seriedade e base científica da tese sostida reiteradamente pola Conselleira de M.A. sobre a non carencia de materia orgánica nos solos galegos e a falta de interese da aplicación do compost nos mesmos. Publicamos, precisamente, algunhas das poucas investigacións que en Galicia intentaron achegarse de forma independente, imparcial e científica a este particular, con resultados tan claros como contrarios a tese da Consellería. Todos estes temas son abordados neste caderno por persoas de diferentes procedencias e profesións, pero profundamente coñecedores dos mesmos.

ADEGA ven realizando desde hai anos unha intensa labor de información, formación e concienciación sobre a problemática do lixo e as solucións viabeis e sustentabeis. Cabe salientar os obradoiros de reciclaxe, consumo, reducción, e compostaxe (a compostaxe na casa e na escola). Descríbense tamén estas experiencias e preséntase outro material de educación ambiental sobre a compostaxe. O conxunto do caderno constitúe unha base sólida para continuar este traballo.

1. QUÉ É A COMPOSTAXE

Jorge Domínguez e Salustiano Mato

1.1. INTRODUCCIÓN

A compostaxe é, no sentido mais amplo, a reducción biolóxica de residuos orgánicos a humus. Os seus restos das plantas e dos animais son atacados polos microorganismos e outros compoñentes maiores da fauna do solo e co tempo son reducidos a un substrato de aparencia terrosa moi beneficioso para o crecemento das plantas.

A natureza está a fabricar compost dende que apareceu vida no noso planeta, moito antes de que os humanos camiñaren sobre a terra. As follas que caen ao chan nos bosques son pronto compostadas, volvendo os seus nutrientes ás arbores que as produciron e o mesmo acontece cos restos de herba dos prados. Os animais que viven neses campos e bosques contribúen cos seus excrementos e eventualmente cos seus corpos a manter esta fonte de alimento de tal xeito que outros animais poidan prosperar. A propia frescura da natureza é a evidencia mais rotunda da viabilidade dun proceso continuado de compostaxe.

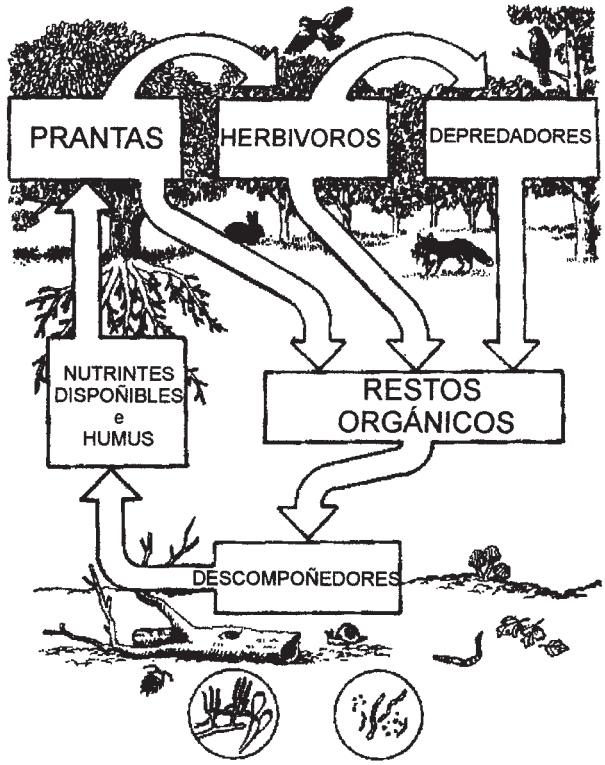


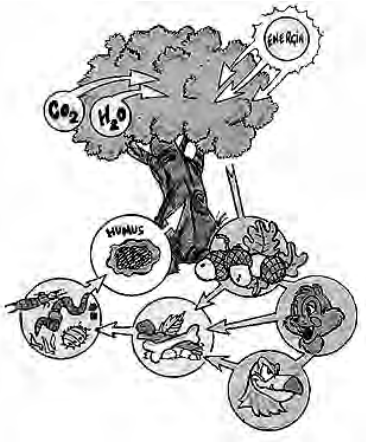
Figura 1.1. Nos bosques, os nutrientes son reciclados a través dos procesos de descomposición dos residuos animais e vexetais.

O compost mellora a textura e a estructura do solo, calidades que lle permiten a este reter os nutrientes, a humidade e o aire necesarios para manter boas colleitas. Ademais, aumentando a capacidade de retención da humidade do solo, o compost axuda a controlar a erosión que doutra maneira lavaría a capa superior de solo que

iría parar ás correntes de auga. O compost e a mellor reciclaxe dos desfeitos orgánicos, convertendo millóns de toneladas dos nosos residuos nunha fonte activa de nutrientes. O compost proporciona e libera nutrientes para as plantas, protexe contra a seca, controla o pH, soporta microorganismos esenciais, sirve de alimento para miñocas de terra e outros grupos da comunidade descompoñedora, detén a perda de nutrientes por lixiviación e actúa coma un tampón dos elementos tóxicos.

Os residuos orgánicos poden ser eliminados mediante procesos químicos (incineración) ou físicos (vertedoiros), pero soamente cando se tratan a través de medios biolóxicos (compostaxe) se poden converter en nutrientes para as plantas, cerrando desta maneira o seu ciclo natural.

1.2. A PILA DE COMPOST E O HUMUS



Os dous aspectos mais importantes dunha pila de compostaxe son a composición química dos seus compoñentes e a poboación de microorganismos que viven nela. As pilas de compostaxe son ecosistemas complexos e complicados con compoñentes animais, vexetais e minerais, todos eles interrelacionados e todos eles cun papel na descomposición da materia orgánica e na súa conversión en humus. A compostaxe é o resultado das actividades dunha sucesión de organismos na que cada grupo prepara o camiño para o seguinte descompoñendo ou convertendo un material biodegradábel complexo nun material máis sinxelo ou máis utilizábel que poida ser consumido polo seu sucesor nesta cadea descompoñedora. Que o proceso de descomposición teña lugar no solo dun bosque ou nunha pila de compostaxe, os mecanismos bioquímicos son os mesmos e o resultado final é o que se coñece popularmente como "humus".

O producto final relativamente estábel da compostaxe, humus, é rico en nutrientes e materia orgánica e moi beneficioso tanto para o solo coma para os cultivos que crecen nel.

Os elementos principais que se poden atopar no compost son o nitróxeno, fósforo, potasio, xofre, ferro e calcio, variando a súa proporción en función da composición inicial do material de compostaxe. Tamén aparecen outros micronutrientes outra vez en proporción variábel dependendo do tipo de compost. As porcentaxes de N-P-K dun compost son relativamente baixas pero os seus beneficios radican no feito de que estes nutrientes se van liberando dun xeito suficientemente lento para que sexan absorbidos polas plantas e non se perdan lavados pola auga da choiva. Ademais un solo mesturado con compost tórnase mais rico, e tamén dunha cor mais oscura, polo que absorbe moito máis calor que un solo non orgánico, facéndoo mais favorábel para o cultivo das plantas.

1.3. COMO SE PRODUCE O COMPOST

O camiño vai dende un material orgánico fresco ata un compost final estábel e complexo, polo que van a coparticipar procesos químicos e microbiolóxicos que serán os responsábels do cambio gradual dun a outro material.

O proceso de descomposición lévano a cabo microorganismos do solo mediante a dixestión encimática de materiais animais e vexetais. Ao mesmo tempo nas pilas de compostaxe teñen lugar procesos químicos de oxidación, reducción e hidrólise cuxos productos finais van ser utilizados posteriormente polos microorganismos.

ADEGA
CADERNOS

As bacterias utilizan estes productos con dous propósitos: 1) obter enerxía para os procesos vitais, e 2) obter os nutrientes que necesitan para crecer e reproducirse. A enerxía obtense por oxidación dos productos, especialmente da fracción carbonada. O calor nunha pila de compostaxe é o resultado desta "combustión biolóxica" ou oxidación. Algúns materiais descompóñense e oxídanse mais rapidamente que outros, o que explica porque unha pila de compostaxe se quenta rapidamente ao principio: débese a que o material mais biodegradábel está sendo atacado e a actividade bacteriana está no seu cume. Se todo vai ben, este material consúmese axiña, entón diminúe a actividade bacteriana e a pila comeza a arrefriarse. Se a cantidade de material e suficientemente grande, as capas exteriores van actuar como un illante evitando as perdas de calor e as altas temperaturas poden persistir durante mais tempo que o que dura o propio período activo, especialmente se a pila non se voltea.

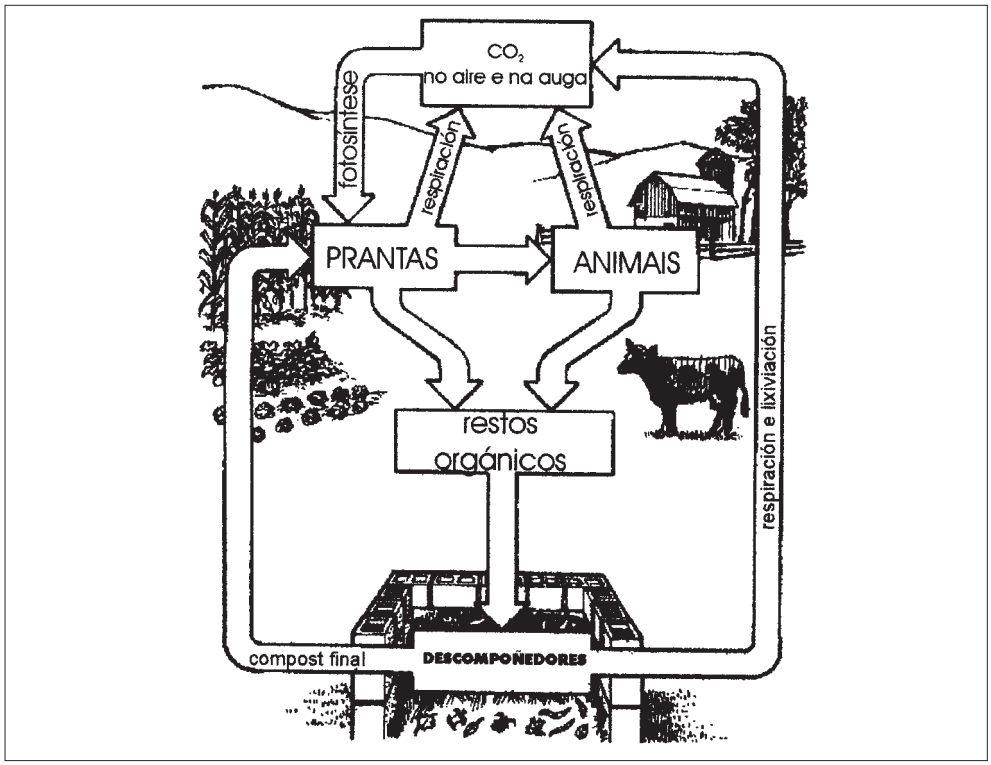


Figura 1.2. O ciclo do carbono. As plantas utilizan o dióxido de carbono, a auga e a luz do sol para fabricar azucres e outros compostos carbonados que os animais empregan como alimento. Os compostos carbonados dos desfeitos animais e vexetais proporcionan alimento aos descompoñedores nas moreas de compostaxe. Os materiais que pasan a través dos corpos dos descompoñedores e os propios microorganismos conteñen nutrientes que as plantas utilizan, pechándose así o ciclo do carbono.

Os materias que poden ser compostados teñen que ser materiais biolóxicos ou orgánicos e inclúen dende madeira, papel, restos de comida, restos das colleitas, herbas, toda clase de estercos e xurros e os lodos das augas residuais urbanos. A medida que se vai formando o compost a partir dos materiais iniciais, as proteínas e carbohidratos vanse volvendo mais dispoñibeis para un rango mais amplo de bacterias que levarán a cabo os pasos posteriores no proceso de descomposición.

Os carbohidratos (amidóns e azucres) descompóñense nun proceso bastante rápido en azucres sinxelos, ácidos orgánicos e CO2. As proteínas descompóñense tamén rapidamente en péptidos e aminoácidos e finalmente en amonio e nitróxeno elemental (gasoso). Ao final, distintas especies de bacterias nitrificantes converten o amoníaco en nitratos, forma na que o nitróxeno queda dispoñíbel para as plantas.

Neste estado de descomposición o compost está case feito, coa excepción dunhas poucas sustancias que aínda se resisten; a través de complexos procesos bioquímicos estas sustancias e o resto do material convértese en humus. Hai evidencias de que este humus ou compost está formado na súa maior parte polos restos dos corpos dos microorganismos.

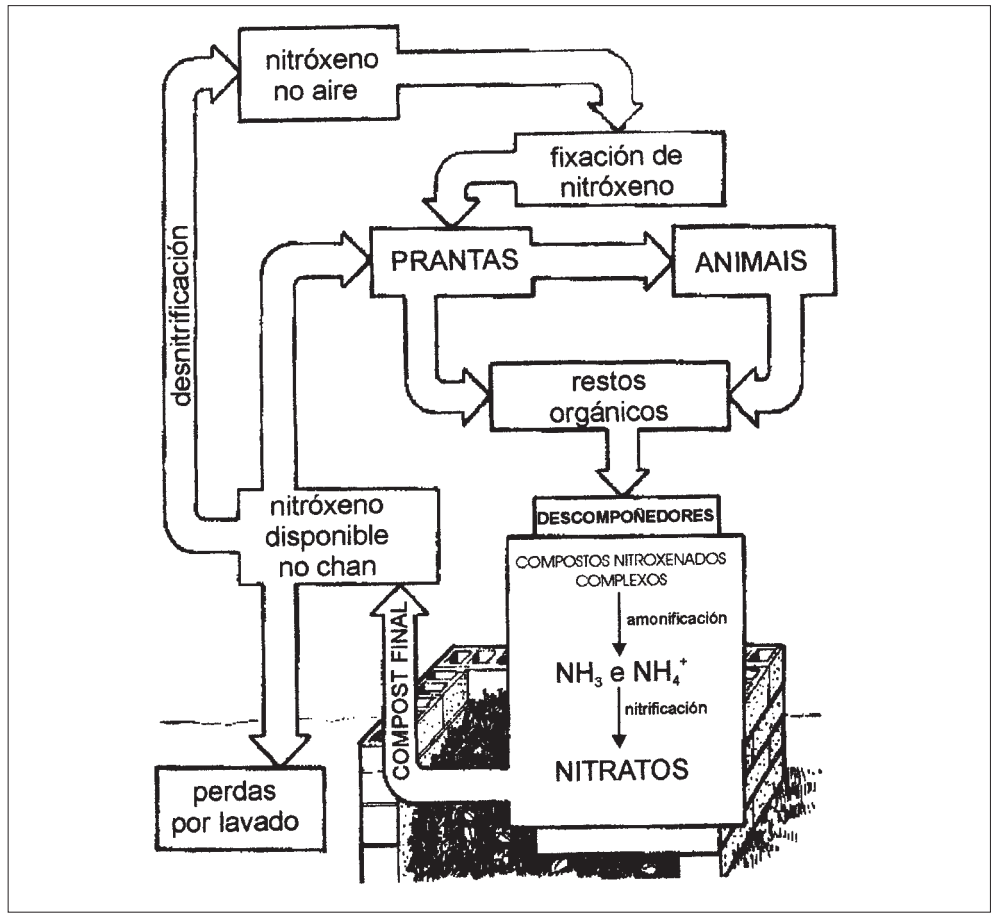


Figura 2.3. O ciclo do nitróxeno. A escaseza de nitróxeno limita a miúdo o crecemento das plantas, xa que estas non poden utilizar o abundante nitróxeno atmosférico. A compostaxe de restos animais e vexetais libera o nitróxeno destes e pono á disposición de microorganismos descompoñedores e fixadores de nitróxeno que o van convertendo en formas dispoñibeis para as plantas.

1.4. A COMPOSICIÓN DO MATERIAL PARA COMPOSTAR

Os microorganismos das pilas de compostaxe, coma calquera outro ser vivo, necesitan carbono e nitróxeno que obteñen respectivamente dos carbohidratos e das proteínas do material de compostaxe; para crecer e reproducirse necesitan ter acceso a un subministro dos elementos que constitúen as súas células; tamén necesitan unha fonte de enerxía e unha fonte dos compoñentes químicos que utilizan para fabricar as súas encimas. Os nutrientes principais para bacterias, actinomicetos e fungos son o carbono, o nitróxeno, o fósforo e o potasio.

Estes elementos químicos non están na súa forma pura na pila de compostaxe e certamente non na mesma forma ao mesmo tempo. Por exemplo, nun momento dado, o nitróxeno pode atoparse na pila na forma de nitratos, compostos de amonio, en moléculas complexas de celulosa parcialmente dixerida ou non, e tamén forma-

ADEGA
CADERNOS

do parte de proteínas do protoplasma das células microbianas. Hai moitos estados de descomposición e moitas combinacións de elementos; o que é mais, os microorganismos poden utilizar nitróxeno e outros elementos soamente cando se atopan en determinadas formas e relacións dos uns cos outros.

Os nutrientes deben estar presentes nunhas proporcións determinadas na pila de compostaxe. A relación carbono/nitróxeno (C:N) ideal para a maioría dos microorganismos é arredor de 25:1, e por suposto esta varía dependendo dos materiais. Cando non hai carbono dabondo, cunha relación C:N demasiado baixa, o nitróxeno pode perderse xa que os microorganismos non dispoñen do carbono necesario; pode volatilizarse como amoníaco e perderse para as plantas que se beneficiarían da súa presencia no humus. Ao mesmo tempo estas perdas de amonio a miúdo provocan malos cheiros. Por outra banda se os materiais teñen demasiado carbono para a cantidade de nitróxeno presente (C:N demasiado alta) o proceso de compostaxe é pouco eficiente necesitándose mais tempo para completalo; ademais cando se bota un compost rico en carbono ao solo, este vai utilizar o nitróxeno do solo para continuar a descompoñerse, non o deixando dispoñíbel para as plantas.

1.5. FACTORES AMBIENTAIS QUE INFLÚEN NA COMPOSTAXE

Hai toda unha serie de factores ambientais que van a afectar a todo este entramado de descomposición químico e microbiolóxico e que deben terse moi en conta:

- A compostaxe é aerobia por definición de xeito que os microorganismos que participan no proceso necesitan osíxeno para vivir e crecer. A temperatura, humidade, tamaño das poboacións de microorganismos e dispoñibilidade de nutrientes vai limitar e determinar canto osíxeno necesitará unha pila de compostaxe.
- O contido de humidade na pila debe ser o mais alto posíbel sempre que permita o paso de aire a través dos poros e de xeito xeral o óptimo atópase arredor do 60%, aínda que por suposto variará moito dependendo do material que se composta.
- A temperatura e un factor importante na bioloxía dunha pila de compostaxe; as baixas temperaturas do inverno ralentizan o proceso mentres que as temperaturas mais altas na primavera e verán acelérano. Os microorganismos que descompoñen a materia orgánica clasifícanse de xeito xeral en dúas categorías: mesófilos ou mesofílicos, que son aqueles que viven e crecen a temperaturas de 10º a 45ºC e termófilos ou termofílicos (45-70ºC). A maioría das pilas de compostaxe comezan a temperaturas mesofílicas e logo acadan o rango termofílico no que permanecen ata que a pila volta a arrefriarse; estas temperaturas altas van a ser beneficiosas xa que matan as sementes das malas herbas e eliminan os posibeis patóxenos que podan aparecer na pila.
- Os descompoñedores bacterianos que participan na compostaxe prefiren rangos de pH entre 6 e 7,5, mentres que a comunidade de fungos ten unha maior tolerancia a este factor (5,5-8). Os niveis de pH son función do número de ións hidróxeno presentes (niveis altos indican alcalinidade e niveis baixos acidez). Nun compost ben feito os valores finais de pH andan arredor de 7 ou un pouquiño por riba.

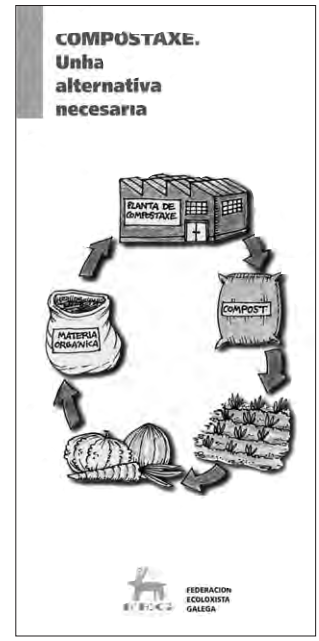
2. TECNOLOXÍAS DE COMPOSTAXE E FILOSOFÍAS DE MANEXO DO PROCESO

Carlos Pérez Losada

2.1. INTRODUCCIÓN

Á compostaxe débenselle recoñecer polo menos dúas innegabeis vantaxes: en primeiro lugar, o feito de estar especialmente indicada para tratar case calquera tipo de residuo orgánico biodegradábel e, en segundo lugar, que permita a posibilidade de levalo correctamente a cabo servíndose dunha tecnoloxía relativamente sinxela, barata e accesíbel, por tanto, a un amplísimo número de potenciais usuarios.

A importancia da primeira vantaxe citada reside no feito de que a materia orgánica biodegradábel (nalgúns casos emprégase o termo "fermentábel") segue constituíndo a fracción cuantitativamente máis importante e cualitativamente máis problemática de todo o conxunto de residuos que producimos (consúltese para máis información un traballo previo[1]. A importancia da segunda é obvia: pódese perfectamente levar adiante un bo proceso de compostaxe cuns medios sinxelos e unha baixa tecnoloxía. En relación a este último aspecto gustaríame insistir, unha vez máis, na conveniencia de non confundir "baixa tecnoloxía" con "tecnoloxía baixa ou pouco desenvolvida"[2].



Resulta xa case habitual o escoitarmos dicir que o principal inimigo do compost foi, precisamente, o propio compost, curiosa e desgraciadamente certo paradoxo que cómpre superarmos. Efectivamente, a calidade media dos composts elaborados no noso país nas pasadas décadas deixou moito que desexar. En primeiro lugar, por unha tendencia excesivamente encamiñada a trataren un residuo, cun desleixo notábel do aspecto de elaborar un bo producto, en segundo lugar, por non traballar con residuos seleccionados en orixe, e en terceiro e último lugar, por un acantoamento excesivo dos aspectos biolóxicos fronte aos puramente enxeñerís. Este punto da calidade do producto final é importante e, por iso, dedicarémoslle uns minutos.

2.2. A IMPORTANCIA DA CALIDADE DO COMPOST E O BO MANEXO DO PROCESO

A calidade dun compost debe ter en conta principalmente os aspectos que detallamos a continuación, relacionados tamén co manexo do proceso.

1) Ausencia (ou presencia sempre por baixo dun limiar predeterminado) de elementos contaminantes, tanto físicos como químicos ou biolóxicos.

É algo no que existe unha coincidencia xeneralizada e que nos leva a un asunto clave: a importancia das recollidas selectivas en orixe. Teñamos moi presente que o proceso da compostaxe é incapaz de eliminar elementos contaminantes de tipo químico (metais pesados, tóxicos de calquera tipo, etc.), e a única solución é evitarmos que entren coas materias primas residuais que imos tratar. Isto lévanos directamente ás recollidas selectivas en orixe no caso dos residuos sólidos municipais, a un control de vertidos no caso dos residuos líquidos, e a un estudio, caracterización e clasificación dos residuos orgánicos no caso dos residuos industriais.

Para o caso dos contaminantes estrictamente de tipo físico (vidro, metais, téxtiles, áridos en xeral, etc., qué dúbida cabe de que poderían ser eliminados en destino, á entrada do propio residuo ou á saída do proceso co afinamento final, pero entón volvemos colocarnos na disxuntiva á que xa nos temos referido: ¿que é preferíbel, empregar cartos en evitar que entren antes ou en poñer medios de separalos despois?. Existen hoxe en día datos suficientes que apuntan a que o único xeito de evitarmos ou minimizarmos a contaminación química é a recollida selectiva en orixe.

Polo contrario, o proceso de compostaxe é capaz de eliminar algúns contaminantes biolóxicos: patóxenos tais como estreptococos, salmonellas, clostridium, algúns coliformes; sementes de malas herbas; ovas ou larvas de insectos; etc.

2) Suficiente estabilización da materia orgánica, presencia abundante e equilibrada de macro e micronutrientes, boas propiedades físicas e óptimo aspecto, ausencia de malos olores.

Son cuestións de "calidade positiva". Aquí collen máis discusións que no apartado anterior, menos absolutas e mediatizadas por moitos factores, especialmente relacionados con cál vai ser o uso final do producto (emenda orgánica, fertilizante, substrato, etc.), pero tamén con toda unha ampla gama de esixencias de tipo social, xeográfico, estratéxico, de dispoñibilidade de terreo para as plantas, de proximidade e de tipo de poboación, etc.

A calidade dun compost depende fundamentalmente do seguinte:

- En primeiro lugar, da propia calidade e composición química das materias primas sobre as que se realiza a compostaxe.
- En segundo lugar, do control do proceso bioquímico polo que transcorre a compostaxe, aspecto este moi esquecido na anterior xeración de plantas e, en grande medida, responsábel do fracaso xeneralizado destas.
- En terceiro lugar (e ademais dun xeito colateral e complementario aos dous anteriores), do tipo de tecnoloxía empregado.

Quere esto dicir que a calidade dun compost en relación coa súa composición virá en principio determinada pola dos propios materiais de partida. Se, por poñermos un exemplo, nestes hai pouca cantidade do macronutriente potasio (como ocorre cos lodos de EDAR), dificilmente poderemos obter un compost rico neste elemento a partir deste residuo. Con outros elementos o asunto pódese complicar algo e así por exemplo o contido final en nitróxeno dependerá non só do que exista nas substancias iniciais, senón tamén de como levaramos a cabo o control do proceso, de xeito que se, por exemplo, non aireamos axeitadamente ao principio e facémolo máis tarde, é moi probábel que perdamos importantes cantidades deste elemento na forma amoniacal. Pola contra, se procederamos ao revés, invertendo a orde da ventilación, moi probabelmente non teriamos este problema. É tan só un exemplo intencionadamente simplificado (outros factores como a relación C/N, humidade, etc., tamén interveñen), pero bastante ilustrativo da importancia do coñecemento e control do proceso, o cal lévanos directamente no segundo dos epígrafes expostos.

Na nosa opinión, é este aspecto do control do proceso un dos que máis se ten descoidado nas plantas da anterior xeración (á parte de non tratar material selectivamente recollido e de tenderse a uns excesivos tamaños das instalacións), sempre -coido eu- como consecuencia de primar máis os aspectos de tipo productivista, baseados en criterios puramente enxeñerís e mecánicos. Esta óptica viu acentuados os seus perniciosos efectos como consecuencia dun enfoque que primaba esaxeradamente o feito de dar conta dun residuo fronte ao de priorizar (ou polo menos con-

siderar) un tratamento con vistas a obter un producto de calidade. Teñamos claro que unha boa instalación pode fracasar se non se ten en conta que alí se está a producir un proceso microbiolóxico que impón as súas condicións e esixe uns coñecementos e uns coidados específicos acordes a elas; non estamos a falar dun árido inerte, senón de algo vivo. En Cataluña hai un exemplo notábel do que estamos a dicir, a clausurada planta de Gavá-Viladecáns, na que se realizou un grande investimento, provista dunha excelente maquinaria e unha grande instalación, pero na que se descoidaron estrepitosamente os aspectos microbiolóxicos e de control, devindo así o proceso na xeración de toda unha serie de problemas ambientais (especialmente de malos olores) que concluíron co seu pechamento. Outro exemplo máis próximo é o da planta de Mougá na zona de Ferrolterra[3].

Ocorre ademais que o manexo do proceso tomando como base o control dos parámetros externos que o miden: humidade, temperatura, nivel de osíxeno intersticial e, nun segundo termo, desprendemento de CO_2, de NH_3, etc., permítenos garantir (ademais dun bo producto final se se lle dá o tempo suficiente) un afinado control dos parámetros ambientais anexos: olores, lixiviados, etc. A producción dun bo compost e a reducción de efectos ambientais adversos van enleadamente unidos, non son aspectos diferentes, nin separabeis.

Chegamos así ao último factor citado, o do tipo de tecnoloxía empregada, ao que se lle adoita conceder unha grande importancia, pero que ten unha incidencia moito menor sobre a calidade do producto final. Convenzámonos: practicamente a igual calidade de compost pódese chegar cunha instalación sinxela en moreas que cunha sofisticada en túneles, sempre que se teña partido en ambas do mesmo residuo e se teña controlado axeitadamente o proceso. A diferencia estará, en todo caso, en que a instalación sofisticada facilitaranos o control dos parámetros, garantiranos un mellor coidado dos efectos ambientais, acurtaranos os prazos do proceso, permitiranos tratar máis residuo en menos espacio e posibelmente aforraranos auga, preocupacións e traballo, pero non ten por que influír significativamente na calidade do producto final.

Outra das causas do fracaso de moitas plantas de compostaxe veu como consecuencia da tendencia a construír instalacións excesivamente grandes (por riba das 35-40000 tn/ano), que resultaron difíciles de controlar axeitadamente e que, ademais, trataban residuos en bruto (sen recollida selectiva). Como é natural, todo o exposto non é privativo do caso español senón que é extensíbel a moitos dos países do noso contorno[4].

2.3. AS TECNOLOXÍAS DISPOÑIBEIS

Existe unha ampla miscelánea de tecnoloxías

Un esquema completo dos tipos de tecnoloxías e casas comerciais que hoxe en día están presentes no mercado aparece na figura 2.1. A grande diversidade de tecnoloxías que temos hoxe en día dispoñibeis no mercado, indícanos claramente que este é un sector tecnoloxicamente moi aberto aínda que as grandes liñas parecen estar suficientemente perfiladas, subsistindo multitude de variantes. Esta notábel inflación ten a súa causa no feito de que estamos ante un proceso sinxelo no que se refire á súa posibilidade de realización, pero moi complexo no que se refire aos seus aspectos biolóxicos e bioquímicos. Efectivamente, é doado compostar un residuo orgánico, case vai só e practicamente calquera pode facelo, pero é difícil controlar ese proceso segundo os nosos desexos e vontade, as variabeis que interveñen son

moitas, mesturadas e algunhas certamente difusas. Os modos de clasificación dos diversos tipos de tecnoloxías dispoñibeis son moi variados, en función da característica que se desexe destacar. Nalgúns casos a énfase ponse nos tipos de operacións mecánicas que se han de realizar co material e entón a división faise en: sistemas dinámicos e sistemas estáticos. Se o dato que debemos destacar é a forma física na que se dispón o material, a clasificación sería en: moreas, trincheiras, mesetas, gabias, etc. Outro xeito sería clasificar os diversos métodos en función do nivel de illamento do material en relación co exterior, neste caso teriamos: sistemas abertos, sistemas semipechados e sistemas pechados. Tamén hai quen clasifica en sistemas naturais ou lentos e sistemas acelerados. En calquera caso, tódalas clasificacións rematan por solaparse entre si, incluíndo todas (se son exhaustivas) os mesmos sistemas ou tecnoloxías dun ou doutro xeito. Neste artigo seguiremos unha clasificación segundo o nivel de illamento do exterior.

A importancia dos factores ambientais

Efectivamente, os dous potenciais problemas ambientais asociados tradicionalmente (e con toda xustiza por desgracia) ás plantas de compostaxe foron os de emisións gasosas fedorentas ou nocivas, e a producción de lixiviados. Os malos olores, agás en casos moi concretos de residuos ricos en xofre, están principalmente asociados aos ácidos orgánicos de cadea curta (particularmente ao butírico) que son un producto característico dos procesos de descomposición anaeróbica da materia orgánica6. Se eliminamos, ou limitamos a mínimos, as cotas de anaerobiose do noso proceso, eliminaremos (ou reduciremos a mínimos) este problema. Outras emisións gasosas nocivas céntranse, case en exclusiva, na producción de amonio como consecuencia da oxidación das proteínas e que podería saír como gas amoníaco. É un problema que se pode atallar por dúas vías: primeiro, compoñendo unha matriz suficientemente equilibrada de carbono e nitróxeno a través de mesturas axeitadas de residuos complementarios, e segundo provocando situacións de oxidación mesofílica que transformen rapidamente este amonio en nitrato. As restantes emisións gasosas compóñense principalmente de vapor de auga e de dióxido de carbono, o primeiro inocuo e o segundo cun balance global no proceso positivo, no sentido da prevención do cambio climático.

O caso da producción de lixiviados é de segunda magnitude e pódese reducir moitísimo por medio dun control axeitado da humidade. Cada material presenta un límite máximo deste factor sen que lixivie, basta con coñecelo (o control e o coñecemento son básicos) e mantelo todo o cerca que se poida deste límite a base dunha combinación de regas e volteos. Non existen normas xerais para conseguir isto (xa dixemos que o coñecemento do material concreto é clave e aí só conta a experiencia in situ), pero, en xeral, aconsellase dar máis regas menos intensas e non menos regas máis intensas. En definitiva, o realmente eficaz é non producir emisións problemáticas, e no caso da compostaxe isto pode ser perfectamente alcanzábel.

Unha clasificación útil para a elección dun tipo de tecnoloxía

É precisamente este aspecto de control de emisións o que fixo que seguísemos unha clasificación do seguinte tipo:

- Sistemas abertos
- Sistemas semipechados
- Sistemas pechados

ADEGA CADERNOS

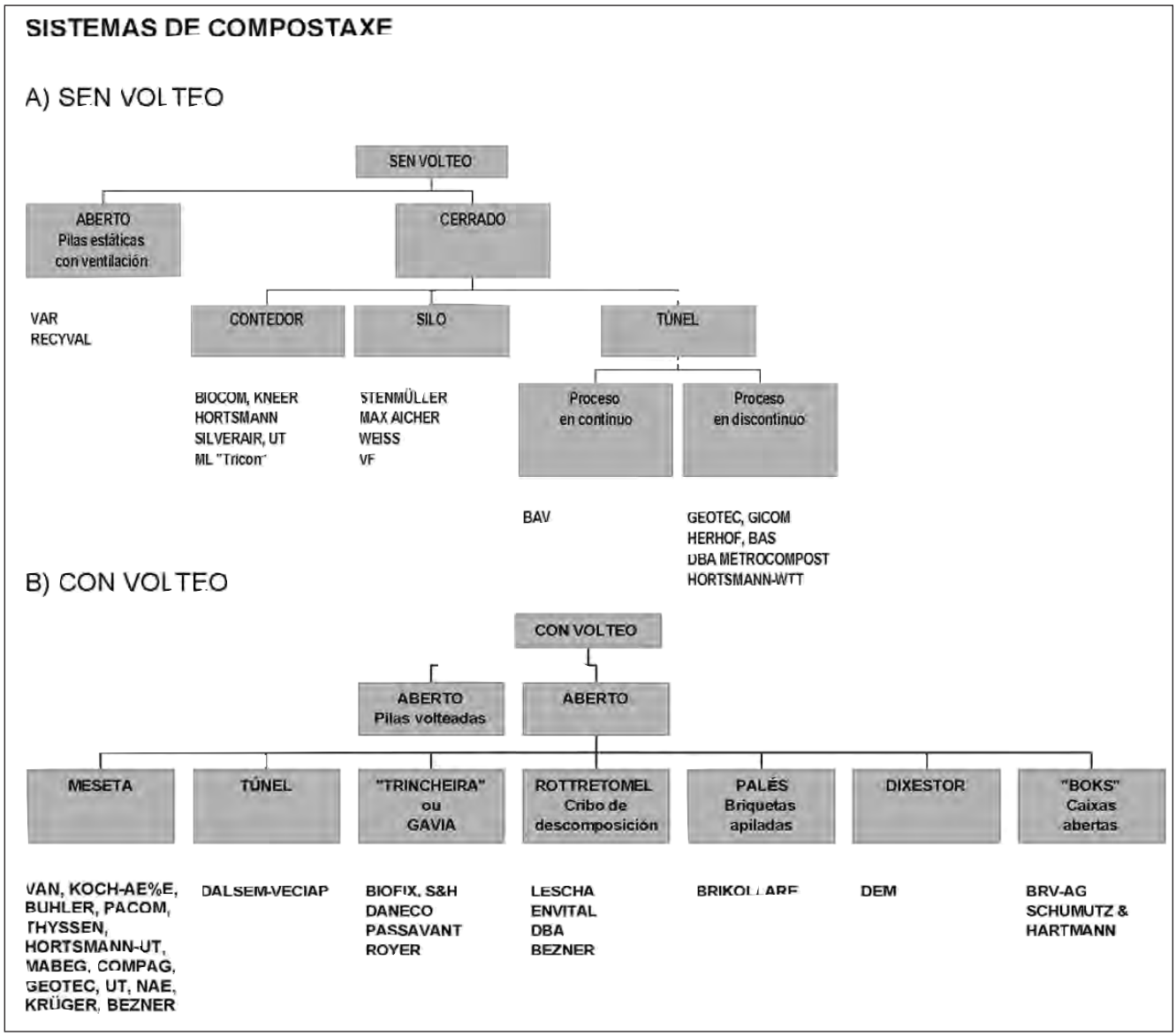


Figura 2.1. Tipos de tecnoloxías e casas comerciais actualmente presentes no mercado

A diferencia entre eles é que, mentres nos primeiros os procesos realízanse completamente ao ar libre (aínda que normalmente baixo cuberta, especialmente en zonas de alta pluviosidade), os segundos adóitanse facer en naves máis ou menos pechadas e que dispoñen dalgún sistema de succión e envío dos gases a un biofiltro, os terceiros, sen embargo, adoitan ser realizados en recintos totalmente herméticos, sometidos a un exhaustivo control de parámetros, con conducción de tódolos gases a biofiltros e, nalgúns casos, con elementos adicionais de limpeza destes gases previos ao biofiltro (Scrubbers, torres de lavadura, etc.). Existen, como é lóxico, todo tipo de combinacións entre eles, en moitos casos coas primeiras fases máis comprometidas en sistemas pechados e as demais en aberto ou semiaberto nun recinto cuberto ou non, dependendo do clima.

Unha subdivisión que se adoita establecer vén determinada polo feito de que a masa para compostar sexa remexida por algún dispositivo mecánico a fin de permitir a presencia de ar en zonas obstruídas anteriormente, homoxeneizando así o conxunto do material de xeito que as capas exteriores da masa pasen ao seu interior e viceversa. Estes son os chamados sistemas dinámicos, denominados así para dife-

rencialos dos sistemas estáticos, que non dispoñen de axitación mecánica. Aínda que é un erro (ou un medio erro, se se quere) bastante estendido o de adscribir os volteos á categoría de osixenadores a longo prazo, tamén é certo que nos sistemas estáticos pode producirse unha carencia de osíxeno no interior da matriz con moita maior facilidade que nos dinámicos, polo que é necesario dispor dun dispositivo de aireación forzada. Nada impide a confluencia de ambos os dous métodos, e dase o caso óptimo de sistemas volteados con aireación forzada.

Cuestión a parte é cando a instalación está próxima a núcleos densamente poboados ou altamente sensibilizados. Nestes casos toda precaución é pouca, e mentres as fontes de financiamento o permitan, é aconsellábel procurar garantir a mínima incidencia no contorno, controlando as emisións e coidando o aspecto externo das instalacións. Nese caso os sistemas pechados son claramente vantaxosos, pois non se ve o residuo nin o material en proceso, o cal pode ser moi importante, como o demostran casos documentados nos que ver o residuo (que de feito non cheiraba ou facíao moi tenuemente) xeraba actos reflexos de mal olor, como levar automaticamente a man ao nariz, en tanto que o mesmo residuo oculto á vista non producía esta reacción de "cheiro psicolóxico".

2.4. SISTEMAS ABERTOS

Xa definidos anteriormente, a súa principal característica é o contacto directo do material co ar libre. Adoitan ser sistemas de baixo custo e de tecnoloxía sinxela, aplicabeis principalmente a pequenas ou medianas comunidades (por baixo dos 80000 habitantes) e en zonas nas que a dispoñibilidade de terreo distante de vivendas sexa elevada.

O rexime pluviométrico da zona pode ser determinante, aínda que se limita moito a influencia deste factor dispoñendo cubertas sinxelas sen paredes, a custa dun non moi excesivo pero si apreciábel encarecemento da instalación. Nalgúns casos, como solución barata, adóitase cubrir tan só a zona de maduración ou parte dela, co fin de evitar rehumectacións excesivas do material pola choiva en fases próximas ao peneirado final que poderían entorpecer moito esta operación.

A disposición do material neste tipo de plantas pode ser moi variada (moreas, mesetas, gabias, etc.), así como os tipos de tratamentos aos que son sometidas. O máis usual é empregar sistemas dinámicos, ben por medio de dispositivos especiais (volteadoras), ben con maquinaria inespecífica (normalmente pas mecánicas).

A disposición en moreas é o sistema máis clásico e a base da maioría dos desenvolvementos posteriores. As primeiras noticias de moreas de tamaño industrial remóntanse aos anos 20 na India, cando Sir Albert Howard preparou as primeiras moreas que hoxe coñecemos como "moreas Indore" ou "método Indore" e das cales deriva a práctica totalidade das moreas que se coñecen. Unha vez preparado o material a compostar, con ou sen mesturado ou engadido de estructurantes, disponse nun montón alongado de sección usualmente triangular cunha certa tendencia a trapezoidal, ou a semicilíndrica nalgúns casos. Nalgúns manuais caseiros clásicos recoméndase cubrilas con palla ou material vexetal pouco triturado.

Existen máquinas volteadoras de grande eficacia, utilizabeis cando as dimensións da instalación o requiran e o orzamento o permita, agora ben, cun maior esforzo e unha menor perfección tamén se pode voltear cunha pa cargadora e mellor aínda se o facemos coa axuda dun remolque esparexedor de esterco, como os empregados en

ADEGA CADERNOS

tarefas agrícolas aos que se lles introduciron algunhas modificacións. Os mesmos medios empréganse para formar as moreas.

As mesetas son en realidade unha variación da morea que pasa da súa sección triangular a outra trapezoidal, o que lle permite ter unha base de grande largura como se fose a unión lateral de moitas moreas.

As gabias son, en certo xeito, moreas en negativo. O material que hai que compostar depositase dentro de nichos ou furados practicados no solo. Son sistemas de uso pouco común e tan só apropiados para climas moi secos e cálidos, ou para algúns casos moi específicos.

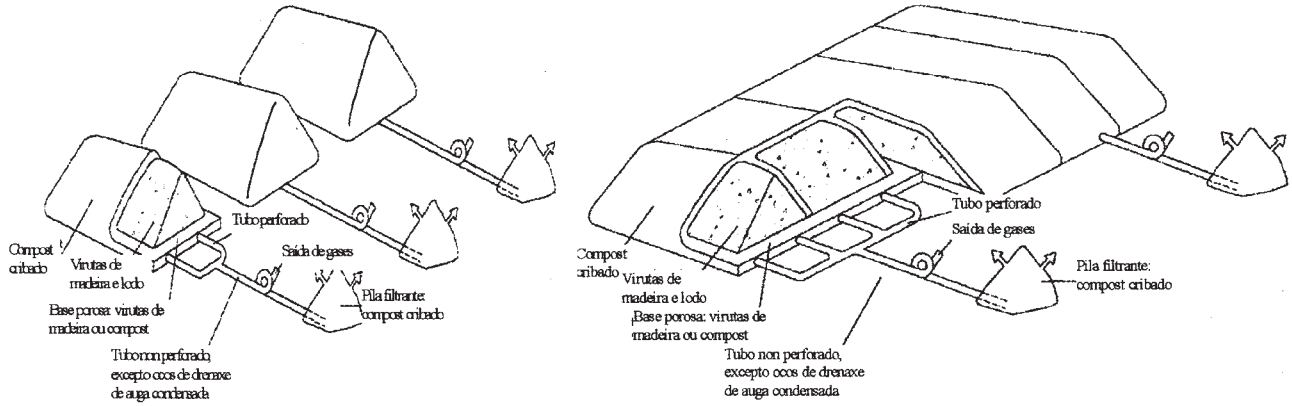


Figura 2.2. Sistemas abertos. A esquerda: compostaxe en moreas ou pilas; á dereita: compostaxe en mesetas.

2.5. SISTEMAS SEMIPECHADOS

Son sistemas concibidos para atender as poboacións medianas ou grandes e están deseñados (polo menos en teoría) para poder ser instaladas nas proximidades da propia poboación, sobre a base dun suposto control total dos factores ambientais adversos. Nestes sistemas conséguese un mellor aproveitamento do espacio que no caso das moreas, e aproximadamente igual que no das mesetas, mais cunhas posibilidades de control das operacións de traballo superiores ás dos sistemas abertos.

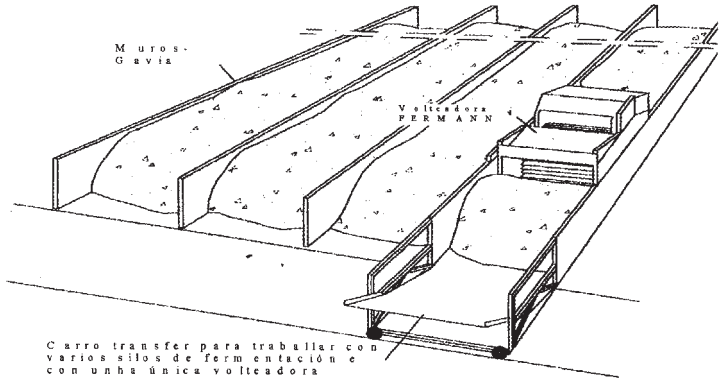


Figura 2.3. Sistemas semipechados: compostaxe en trincheiras.

2.6. SISTEMAS PECHADOS

Como o seu propio nome indica son sistemas nos que o material non está nunca en contacto coa atmosfera, se non é a través dun sistema de conductos e turbinas. En realidade, estamos ante variantes dos típicos reactores estudiados e empregados desde sempre pola enxeñería química, pero que, neste caso, soportan procesos de tipo biolóxico. En xeral son dispositivos estancos de moi diversos e variados tipos, pero que podemos clasificar en dúas grandes familias:

- Reactores dinámicos.
- Reactores estáticos.

As dúas principais vantaxes que presentan estes sistemas pechados respecto dos abertos e semipechados son o excelente control de emisións ao medio ambiente e o afinado dominio dos parámetros do proceso. Xa nun segundo termo, outras vantaxes serían o aforro de espacio (presentan unha inmellorábel relación entre o volume de residuo tratado e a superficie ocupada), e o aspecto exterior, que permite proceder á súa instalación no medio dunha poboación, se iso fose preciso.

Reactores dinámicos

Máis ou menos a comezos de século xurdiron en Dinamarca os reactores de disposición horizontal, xeralmente cilindros metálicos xiratorios, provistos ben de deflectores, ben dunha ánima helicoidal no seu interior, para provocar o movemento de avance ou retroceso (segundo o sentido de xiro) do material e, de paso, a homoxeneización desto, así como a trituración das súas partes máis brandas. Durante a operación adoita subministrarse aire.

En Galicia existe un do tipo DANO, concretamente na planta de Mougá (Ferrolterra), desgraciadamente moi mal aproveitado3. En Cataluña había tres destes biorreactores rotatorios en Reus, Mataró e Vilafranca, dos que só resta o de Vilafranca e este cos días contados. Quizais o principal inconveniente deste tipo de reactores e que propiciou a súa caída sexa que son caros, cun mantemento é consumo de enerxía que resulta tamén custoso. No que respecta a España, outra importante causa do fracaso destes reactores ten sido a do seu mal uso, ben pola falla dunha presencia de materiais duros (especificamente recomendado polos fabricantes), ben por un exceso da carga de traballo, ou ben por unha permanencia demasiado curta do residuo no interior, debido á excesiva cantidade deste a tratar.

A práctica habitual neste tipo de instalacións é a de facer unha predescomposición, ou unha descomposición máis ou menos completa se se quere, no dixestor rotatorio (un mínimo de 48 h e un máximo de dez días) para logo maduralo en moreas dentro dunha nave pechada con sistema de extracción de atmosfera, con ou sen volteadora. Podería ser un bo sistema, aínda que algo caro, se se utilizase para residuos orgánicos selectivos e se lles mesturase, polo menos, unha cuarta parte (en volume) de triturado vexetal.

Reactores estáticos

Son dispositivos máis sinxelos ao carecer de movemento propio ou de elementos mecánicos internos. Os dous tipos máis comúns son os contedores e os túneles, pois o outro tipo, os silos, a penas amosan introducción.

ADEGA CADERNOS

Os contedores son recipientes paralelepipédicos pechados, xeralmente de aceiro con tratamento anticorrosión, con dobre solo para a ventilación e a recollida de lixiviados, e con volumes comprendidos entre os 20 e 50 m3. Dado o seu tamaño e peso, presentan a interesante vantaxe de poder ser trasladados dun lugar a outro a vontade. Así, adoitan encherse na área de recepción ou producción do residuo, para trasladalos unha vez cheos á área de operación, onde son conectados aos sistemas de control e ventilación. Os parámetros que se controlan e o xeito de o facer son por completo similares aos empregados nos compotúneles que veremos a continuación.

2.7. TÚNELES OU COMPOTÚNELES

Os túneles ou compotúneles adoitan ser recintos paralelepipédicos herméticos construídos en formigón feito en obra ou ben de pezas prefabricadas, cunha entrada provista dunha porta illante e de peche estanco, a través da que se carga e descarga o material, normalmente con pa mecánica, aínda que existen dispositivos automáticos de carga máis sofisticados. Reciben este nome pola súa forma, pois adoitan ter entre 3 e 8 m, tanto de alto como de largo, mentres que a súa lonxitude pode oscilar entre os 10 e os 40 m ou incluso algo máis nalgúns casos.

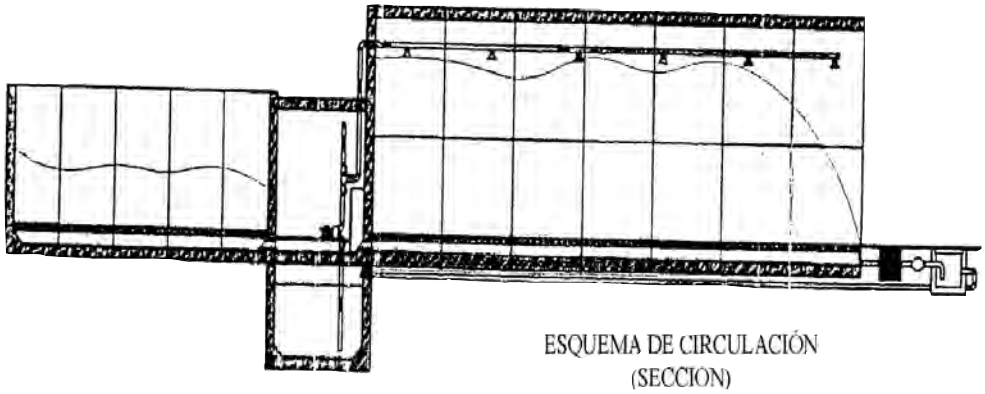


Figura 2.4. Compostaxe en sistemas pechados: Compotúneles.

Presenta unha gran robustez, acentuada polo feito de que ningunha das partes delicadas do sistema está en contacto co material en descomposición. Permite un excelente control de parámetros do proceso, mediante sondas de temperatura (normalmente termopares) e de dispositivos captadores de gases (tanto desde o espacio intersticial da matriz en proceso, como desde os conductos de ventilación ou desde a atmosfera libre da parte superior do túnel). Analízase sempre o nivel de osíxeno e, opcionalmente, o CO2, NH3 ou outros. Estas medidas son transmitidas a un autómata programábel que á súa vez as envía a un ordenador provisto dun programa específico a través do cal se controla e rectifica a vontade o proceso mediante o uso de ventilación forzada e rega. O banco de datos que vai recollendo a memoria do ordenador achega unha valiosa información puntual, que a longo prazo vai resultar moi útil para o coñecemento e mellora do proceso da compostaxe.

En calquera dos casos das diferentes tecnoloxías existentes, a ventilación efectúase a través dun falso solo perforado, ben sexa por depresión (aspirado) ou por sobrepresión (soprado), e en moitos casos disponse da posibilidade de recircular o ar do proceso.

A matriz adoita introducirse moi húmida, normalmente por riba do 70% de humidade inicial. Poden xerarse lixiviados (augas residuais), que son recollidos e conducidos a un depósito para reutilizalos na humectación da seguinte partida. Ningún líquido sae do proceso ao exterior, é un circuíto pechado. Os gases insuflados ao túnel, ou recollidos do túnel e que non se desexan reutilizar, son conducidos a biofiltros depuradores.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Pérez, C. (1995a). Desfeitos, lixos, residuos e outros familiares (II). Natureza Galega, nº 21, páxs. 43-48.

2. Pérez, C. (1995b). Desfeitos, lixos, residuos e outros familiares (III). Natureza Galega, nº 22, páxs. 39-46.

3. Pérez, C. (1995c). Mougá, entre a realidade e o desexo. CERNA, nº 15, páxs. 19-23.

4. Meeland,G. e Chabbe, L. (1994). Concepto del compostaje en Ginebra, calidad de los composts producidos y valoración económica. Resumos das Jornadas Técnicas: "Gestión e utilización de residuos urbanos para la agricultura". Barcelona.

5. Giró, F. (1996). El compostaje en el marco del Programa de Gestión de Residuos Municipales de Cataluña. Resumos da Conferencia anual de ATEGRUS. páxs. 285-311.

6. Salvadó, A. (1995). Determinació del contingut en àcids grassos volàtils de mostres de compost de residus sòlids urbans. Traballo de Fin de Carreira. ESAB.

7. Manzano, S. (1993). Estudi sobre la qualitat del compost produit en dues prantes de Catalunya amb predescomposicio acelerada en biodigestor. Traballo de Fin de Carreira. ESAB.

3. PLANTAS DE BIOGÁS PARA O APROVEITA-MENTO DA FRACCIÓN ORGÁNICA DO LIXO

Manuel Soto Castiñeira

3.1. INTRODUCCIÓN

A dixestión anaerobia constitúe outra outra posibilidade de tratamento biolóxico dos residuos orgánicos e, a diferencia da compostaxe convencional, ten lugar en ausencia de osíxeno. O proceso é moi similar ao de compostaxe aerobia, por canto o seu producto é tamén un compost, que se pode madurar someténdoo a unha última fase aerobia. Ademais, obtense biogás, unha mestura de metano e outros gases, que se utiliza como combustíbel en plantas de coxeración. Parte deste biogás utilízase para satisfacer as necesidades enerxéticas das propias instalacións (20-40% do biogás producido), ficando unha producción neta de electricidade de 100-150 kwh por tonelada de materia orgánica do lixo.

Esta alternativa de revalorización enerxética non supón os problemas de contaminación ambiental que se achacan á incineración, ao tempo que seguimos conservando os nutrientes e a materia orgánica estabilizada presentes no compost producido, resultando ademais compatíbel coa reciclaxe do papel e dos plásticos.

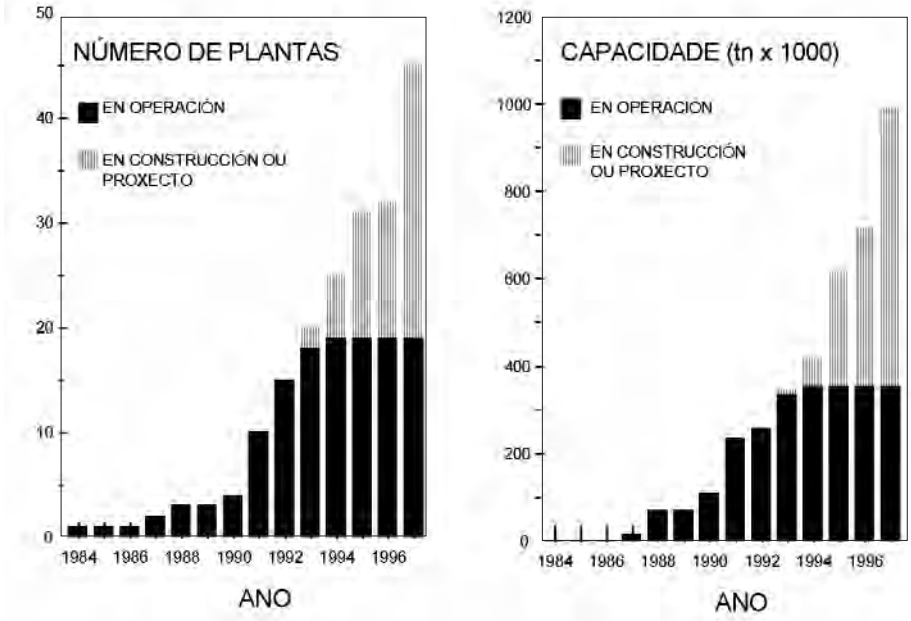


Figura 3.1. Evolución da aplicación da dixestión anaerobia á compostaxe da fracción orgánica do lixo.

Aínda que a dixestión anaerobia ten sido utilizada desde moi antigo, a modo de exemplo polas civilización asiáticas e centroamericanas, na súa forma de tecnoloxía avanzada é de moi recente implantación, achándose aínda nunha fase inicial (figura 3.1)[1]. As primeiras realizacións leváronse a cabo a mediados da década dos 80. En 1993 estaban en funcionamento entorno á 20 instalacións, que tratan unhas

400.000 tn de materia orgánica. Para 1997 prevíase duplicar tanto o número de plantas como a súa capacidade, que se acercaría ao millón de tn de materia orgánica, o equivalente a 2 veces ao lixo galego. Esta tecnoloxía foi incorporada recentemente ao proxecto do Concello de A Coruña, e tamén ao plan da Entidade Metropolitana de Barcelona.

O lixo pode someterse a este tratamento de forma conxunta, aínda que entón o compost resultante é dunha calidade, en canto a presencia de contaminantes químicos, mais que dubidosa para a súa utilización na agricultura. A separación mecánica da fracción orgánica en planta tampouco garante unha boa calidade de compost. Débese proceder entón á recollida selectiva en orixe, separando a materia orgánica fermentábel do resto, se se pretende elaborar un compost da mellor calidade.

3.2. A TECNOLOXÍA ANAEROBIA PARA O TRATAMENTO DA FRACCIÓN ORGÁNICA DOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

A dixestión anaerobia aparece coma un proceso racional para tratar directamente a fracción putrescíbel dos RSU, especialmente cando contén un elevado grao de humidade, ou cando hai escaseza de material estructurante necesario para a compstaxe aerobia. Isto débese a que a humidade é favorábel para a actuación das bacterias anaerobias, sen que neste caso orixine dificultades á transferencia de osíxeno, pois non se precisa aireación.

En relación coa clasificación das tecnoloxías aerobias de compostaxe (capítulo anterior deste caderno) podemos salientar que a dixestión anaerobia realízase sempre en sistemas pechados, debido á necesidade de recuperar o biogás que se produce, tanto por razóns económicas do seu aproveitamento como ambientais, e tamén debido á necesidade de evitar a saída de cheiros ao exterior. Empréganse sempre uns dispositivos denominados biorreactores ou, máis comunmente, dixestores anaerobios. Estes dixestores poden ser estáticos ou dinámicos. Porén, a clasificación que máis interesa é aquela que divide os procesos en secos, semisecos e húmidos.

Considérase dixestión anaerobia seca cando o contido en sólidos totais no interior do reactor está no rango do 30-35%, é dicir, cando a porcentaxe de humidade se sitúa no 65-70%. Os procesos semisecos son os que teñen lugar a concentracións de sólidos próximas ao 20% e os procesos húmidos con concentracións inferiores ao 8% de sólidos totais. A tecnoloxía de dixestión anaerobia mediante os chamados procesos húmidos está máis desenrolada, e coincide coa que se aplica no tratamento de augas residuais de alta concentración. No caso da fracción orgánica do lixo, a humidade pode situarse próxima ao 70%, polo que os procesos secos serían de aplicación directa, mentres que para a aplicación dos procesos húmidos requírese a dilución desta fracción orgánica con auga. A cantidade de auga a engadir será inferior, naturalmente, cando o propio residuo conteña máis auga, como ocorre no caso de restos de comidas e residuos de restaurantes e mercados. Xeralmente, esta auga retírase despois e recircúlase, non sendo necesaria a utilización neta de auga fresca.

O tratamento anaerobio produce un residuo orgánico estabilizado a unha velocidade superior á do tratamento convencional da compostaxe. Pero o producto obtido aínda presenta problemas para o seu destino máis evidente, o agrícola, polo que require dun tratamento final de compostaxe aerobia. Estes problemas céntranse no carácter fitotóxico do residuo orgánico obtido, a presencia de microorganismos

ADEGA CADERNOS

patóxenos (no caso de que o proceso anaerobio non se realizara a temperaturas termofílicas), un relativamente pobre valor fertilizante (valores de NPK baixos), un alto contido de humidade que fai antieconómico o seu transporte, e unha posíbel incidencia na contaminación das augas subálbeas cando se aplica na agricultura. A solución para reducir estes problemas é precisamente a compostaxe aerobia desta fracción, con un tratamento de baixa intensidade similar ao que se considera a segunda etapa de compostaxe ou maduración do compost. É común, por tanto, que exista un tratamento en dúas etapas: primeiro unha etapa de dixestión anaerobia con obtención de biogás, e despois unha etapa de maduración aerobia, segundo podemos apreciar no esquema da figura 3.2.

As plantas de dixestión anaerobia requiren unha serie de etapas para acondicionar os residuos e o propio efluente do dixestor[2]:

a) Unha sección inicial de selección, para o caso de que os RSU non estean seleccionados en orixe.
b) Unha sección de acondicionamento do residuo a tratar (reducción do tamaño, eliminación de elementos impropios, mestura con líquido ou sólido recirculado, etcétera.).
c) Unha sección de biogasificación (con un ou dous reactores).
d) Unha sección de separación mecánica da auga do efluente do reactor.
e) Unha sección de tratamento da auga residual.
f) Unha sección de acondicionamento final dos sólidos (compostaxe).
g) Unha sección de coxeración.
h) Unha sección de tratamento do ar de compostaxe (biofiltro).

A compostaxe anaerobia é unha tecnoloxía máis complexa

A planta entra a fracción orgánica dos RSU e saen a fracción de impropios, compost, auga residual, enerxía eléctrica e tamén enerxía térmica. As cantidades totais destes productos dependen principalmente do tipo de FORSU máis que do proceso ou tecnoloxía en si. Claro que, á maior humidade da FORSU, maior cantidade de auga residual se producirá por tonelada tratada, así como menor cantidade de electricidade.

3.3. ETAPAS DO PROCESO DE BIOMETANIZACIÓN.

A continuación descríbense cun maior detalle as etapas que constitúen o proceso de dixestión.

a) Sección inicial de selección. Os residuos son descargados nunha fosa de recepción, desde onde son transportador a unha liña de separación mediante unha peneira rotatoria (normalmente de 50 a 80 mm). Seguidamente atravesan un separador magnético. O tamaño das partículas de fracción orgánica redúcese, por exemplo, mediante muíños rotatorios, xirando a baixa velocidade. O material triturado lévase a uns depósitos de dosificación para ser alimentado xeralmente a un separador-homoxeneizador.
b) Sección de acondicionamento do residuo a tratar. Neste dispositivo, xeralmente equipado cun parafuso triturador, a fracción máis pesada (refugallos

ADEGA CADERNOS

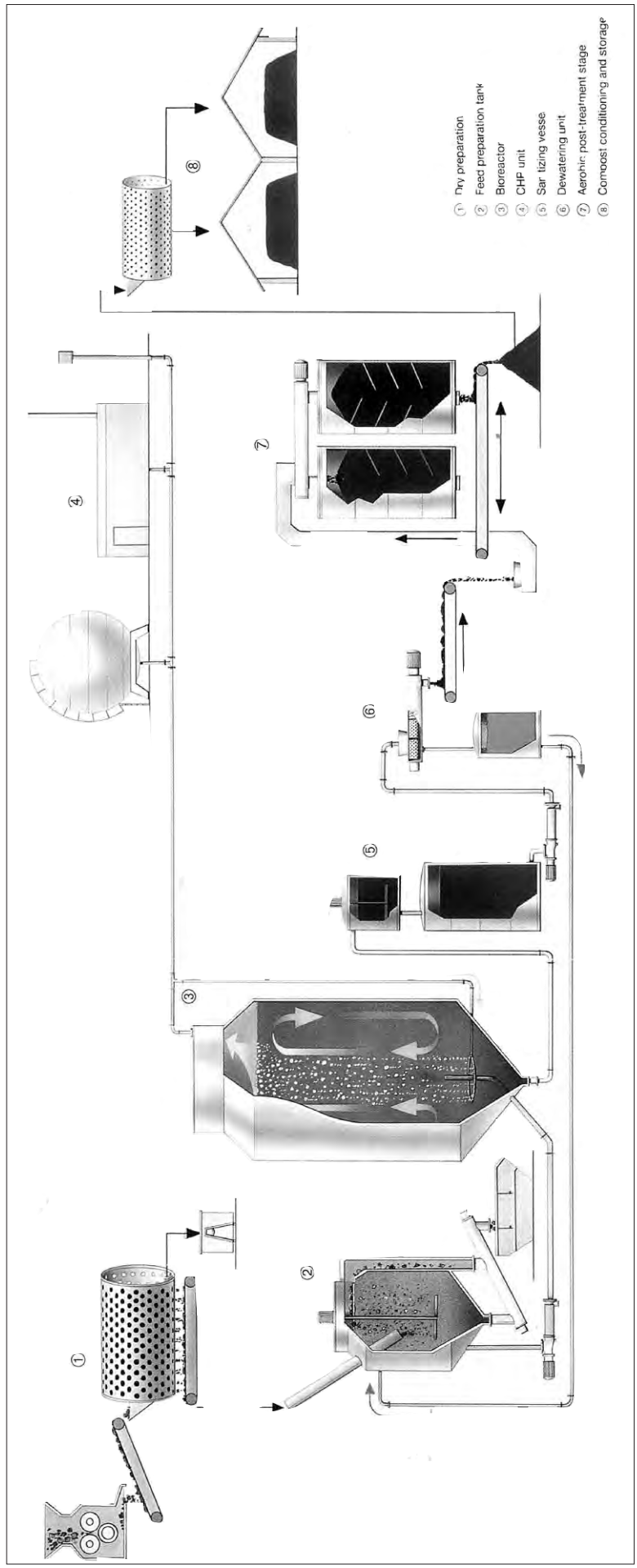


Figura 3.2. Esquema do proceso de compostaxe por dixestión anaerobia (proceso húmido): 1) Cribo separador, 2) mezclador-separador (a materia orgánica mestúrase con auga para diluír; pola parte superior do mezclador sepáranse elementos flotantes e pola inferior elementos pesados); 3) dixestor anaerobio (xérase biogás, que se recircula para mellorar a axitación; 4) planta de coxeración; 5) depósitos de pasteurización; 6) separación de auga; 7) etapa de compostaxe aerobia; 8) Preparación do producto e almacenamento. Este esquema corresponde á empresa Wabio, cuxa tecnoloxía foi adquirida para a planta en construcción no concello da Coruña, aínda que proceso de dixestión deste concello presenta algunhas diferencias con respecto ao esquema aquí mostrado.

ADEGA
CADERNOS

metálicos, pedras, vidros, cerámicas, etc) fica depositada no fondo e retírase mediante un rañador (scraper). Previamente, ao depósito de mestura engádeselle auga recirculada e auga fresca preaquecidas á temperatura do proceso, para alcanzar un determinado contido de sólidos totais no reactor, que pode ser variábel entre o 6% e o 22% máis ou menos en función da tecnoloxía, no caso dos procesos húmidos e semisecos. No caso dos chamados procesos secos, as porcentaxes de sólidos totais pode atinxir o 35%, e xeralmente non é preciso engadir auga. Antes de bombear a suspensión ao bioreactor, elimínanse as materias lixeiras que flotan.

c) Sección de biogasificación. Segundo a tecnoloxía e o residuo, a mestura pode pasar previamente por un hidrolizador (tempo de resistencia breve, da orde dun día) ou ben ser alimentada directamente ao biorreactor. O biorreactor ten un deseño especial dependendo da tecnoloxía. Algunhas utilizan axitación por presurización do biogás producido, o que provoca un grao suficiente de mestura no seu interior. Outros utilizan sistemas mecánicos. Nos procesos secos non se emprega axitación mecánica.

d) Sección de separación mecánica da auga do efluente do reactor. A suspensión orgánica sae do dixestor e atravesa un dispositivo para acadar a separación líquido-sólido (centrífuga, filtro prensa, parafuso prensa, etcétera.). A fracción sólida cun 30-35% de sólidos totais (ST) retírase e envíase á sección de compostaxe. A fracción líquida transpórtase a un tanque de almacenamento. Os procesos secos non requiren estas operacións.

e) Sección de tratamento da auga residual. Parte desta auga é utilizada no proceso de dilución da materia orgánica previo á dixestión, e o resto vai á depuradora, onde debe alcanzar a calidade requirida para descarga na cloaca ou nos leitos naturais.

f) Sección de acondicionamento final dos sólidos. Nalgúns procesos a fracción sólida deshidrátase ulteriormente ata un contido en sólidos do 35-45%. A continuación, é enviada á sección de compostaxe durante 8 ou 15 días. Finalmente, vai a unha área cuberta onde o compost madura durante 2 a 4 semanas.

g) Sección de coxeración. O gas producido vai á unidade de coxeración onde se produce calor (para o proceso) e electricidade. Esta é utilizada na planta (aproximadamente un 30%) e o resto véndese á compañía eléctrica.

h) Sección de tratamento do ar da compostaxe. O ar da sección de compostaxe e o da sección de recepción e selección de residuos atravesan un biofiltro que evita os cheiros molestos.

3.4. RENDEMENTOS QUE SE OBTEÑEN

Os rendementos que se obteñen nun proceso de biodixestión dependen fundamentalmente da composición dos residuos e do sistema de separación empregado. Mostras de materia orgánica obtida da separación en destino de residuos sólidos urbanos (eliminación de plástico, metais, vidro e outros inertes) presentan un potencial de metanización duns 0,20 m^3 CH_4/kg SV engadidos, o que significa que algo máis do 50% dos sólidos volátiles son eliminados durante o proceso de dixestión anaerobia e recuperados como metano no biogás. Os restos de hortalizas, comidas e papel alimentario tamén presenta elevadas producciónns de biogás, podéndose eliminar con este proceso ata o 90% dos sólidos biodegradabeis. Entre os residuos de xardín, as cantidades maiores de metano obtéñense das fraccións de herba (ata 0,21 m^3 CH_4/kg SV), mentres que residuos mesturados, onde entran outras fraccións

máis leñosas, ofrecen potenciais de metanización inferiores (da orden de 0,14 m^3 CH_4/kg SV). O papel que vai coa materia orgánica tamén se pode degradar e converter en biogás, con elevados potenciais de producción de metano no caso de papeis constituídos maioritariamente por celulosa (ata 0,37 m^3 CH_4/kg SV), mentres que no caso do papel de prensa o rendemento pode ser inferior a 0,1 m^3 CH_4/kg SV[4].

Un segundo nivel de influencia reside no tipo de reactor e modo de operación do mesmo. A táboa 3.1 resume os resultados dalgúns traballos de dixestión anaerobia citados na bibliografía[2].

Táboa 3.1. Algúns traballos de dixestión citados na bibliografía científica[2]

Experiencia	1	2	3	4(*)	5
Temperatura, ºC	50/60	55	60	55	55
Sólidos totais no residuo alimentado, %	15/20	35	30	16	22
Tempo de retención hidráulica,d	18/21	10	9	12	8
Velocidade de carga orgánica, kgSVT/m^3	10/13	16.5	19	7	14
Velocidade de producción de gas, m^3/ m^3d	5/8	5.6	6.5/8	2.8	4.1
Producción específica de biogás, m^3/kgSVT	0.5/0.6	0.34	0.3956	0.41	0.30
Composición do biogás, % CH_4	55	60		62	53

1 Bélxica/DRANCO. De Wilde *et al.* (1989). 2 Francia/Marsella. Marty *et al.* (1986). 3 Francia/Valorga. Begouen *et al.* (1988). 4 Italia/Venecia. Cecchi *et al.* (1989). 5 Italia/Venecia. Cecchi *et al.* (1989). (*) RS-FORSU precompostada. SVT: Sólidos volátiles totais.

3.5. CONSIDERACIÓNS FINAIS

O panorama actual da dixestión anaerobia é o dunha tecnoloxía madura en crecente expansión. A opción de biometanización é especialmente rendíbel cando se tratan residuos cunha humidade alta (restaurantes, mercados, etcétera.), e cando non se dispón de material estructurante. Por outro lado, un balanzo enerxético claramente favorábel en relación ao proceso convencional de compostaxe aerobia é a principal vantaxe desta tecnoloxía, que ao tempo constitúe a mesma opción de reciclaxe da materia orgánica.

Na situación actual, as inversións necesarias para a instalación de plantas deste tipo sitúanse un 10-30% por riba das necesarias para unha instalación de compostaxe aerobia da mesma capacidade equivalente. A dixestión anaerobia pode aplicarse tamén de forma descentralizada, en pequenos dixestores de capacidade unifamiliar, que poden aportar biogás para diferentes usos domésticos.

3.6. REFERENCIAS

1. Biogás from municipal solid waste. Overview of systems and markets for anaerobic digestion of MSW. IEA Bioenergy Agrement, 1994.
2. Plantas de biogás para o aproveitamento da fracción orgánica dos RSU. J. Mata. Xornadas Científico-Técnicas de Xestión dos RSU, Universidade da Coruña, Sta. Cruz de Oleiros, xullo 1997.
3. BioMeta 97. Jornadas sobre la aplicación de la digestión anaerobia al tratamiento de la fracción orgánica de los RSU. Universidad de Barcelona. Barcelona, octubre 1997.
4. Biochemical methane potential of municipal solid waste (MSW) components. J.M. Owens e D.P. Chynoweth. Wat. Sci. Tech., Vol. 27, Nº 2, páx. 1-14, 1993.

4. MODELOS DE RECOLLIDA SELECTIVA DE RESIDUOS NAS CIDADES

Xosé Antonio González Ferreira

4.1. INTRODUCCIÓN

Por Xestión de residuos sólidos urbanos enténdese o conxunto de operacións encamiñadas a dar o destino global máis adecuado ós residuos xerados nunha zona, dende os puntos de vista ambiental e sanitario, dacordo coas características dos mesmos.

Na xestión de residuos pódense distinguir varias fases: prerrecollida, recollida, transporte e tratamento.

No referido á prerrecollida dos residuos, a presentación dos residuos sólidos urbanos tratouse de mellorar coa instalación de recipientes homologados ou contedores, cunha serie de modelos que, cumprindo as condicións de eficacia, duración e economía lóxicas nestes problemas, tiñan que cumprir cunha serie de normas de mobiliario e estética urbana, que, conforme pasaba o tempo, ían sendo cada vez máis esixentes.

A recollida e o transporte comprenden tódalas operacións de carga-transporte-descarga dende que os residuos son presentados ata que son descargados, ben directamente nos puntos de tratamento ou en estacións de transferencia.

A importancia, tanto dende o punto de vista económico coma sanitario destas fases, aconsella un pormenorizado estudio de detalle, cunha correcta planificación en canto a equipos mecánicos e humanos, frecuencia da recollida e horarios.

En ocasións, cando as distancias entre a zona de recollida e o punto de tratamento son importantes, esixencias económicas case sempre obrigan a descargalos camións nas denominadas estacións de transferencia, que, en definitiva, son lugares de almacenamento e manexo intermedio, para o posterior traslado dos residuos, en vehículos de maior capacidade, ao seu destino final.

Coñecida a cidade, a súa topografía, as súas diversas zonas, edificacións modernas e antigas, zonas monumentais, os barrios e parroquias, colonias, rúas asfaltadas e sen asfaltar, etc., comezaremos a dividila en zonas, e estas, á súa vez, en subzonas ás que debe corresponder un "circuíto" base, polo que van pasar a diario, ou coa periodicidade establecida, os camións recolectores encargados da recollida.

Cada "circuíto" debe estar rexistrado nun plano, con indicación do horario aproximado de paso por cada rúa, así como o seu comezo e remate.

Non cabe dúbida de que as entidades municipais cada día dedican maiores recursos á xestión de RSU e, en definitiva, á protección do medio ambiente urbano. O custo da xestión de RSU acada unha contía entre o 10 e o 20 % do presuposto anual municipal. A primeira fase da xestión dos residuos: prerrecollida, recollida e transporte, supón máis do 70% dos custos de xestión.

Por tratamento enténdese o conxunto de operacións encamiñadas á eliminación dos residuos ou ao aproveitamento total ou parcial dos recursos contidos nos mesmos (o vertido controlado, a incineración, a reciclaxe, a compostaxe, etc.).

4.2. RECOLLIDA SELECTIVA NA ORIXE

4.2.1. Tipo de residuos no lixo e modalidades de recollida selectiva

A recollida selectiva na orixe consiste en recoller as diferentes fraccións presentes no lixo (vidro, papel, materia orgánica, etc.) por separado, para o cal estes residuos deben ser depositados polo cidadán nos diferentes contedores.

A caracterización do residuo, dunha cidade tipo en Galicia, pode ser similar á de Pontevedra, recollida na táboa 4.1 (% en peso)

Táboa 4.1. Caracterización do lixo na cidade de Pontevedra

MATERIAL	%
Materia orgánica	55,00
Vidro	9,00
Papel e cartón	18,00
Plásticos	9,00
Metais férricos	3,00
Metais non férricos	1,50
Téxtiles	2,00
Outros	2,50

Os diferentes materiais podémolos agrupar doutro xeito, por un lado a fracción seca, e por outro a fracción húmida, tal como se mostra na táboa 4.2.

Táboa 4.2. Caracterización do lixo (% en peso) distribuído nas fraccións seca e húmida

Producción R.S.U. (kg./hab.-día) 1,26				
Fracción seca			Resto	
9,00 % Vidro	18,00% Papel-cartón	13,50% Envases	4,50 % Outros	55,00 % Mat.orgánica

Os diferentes modelos de recollida selectiva, diferéncianse fundamentalmente nos compoñentes dos residuos que se pretenden recuperar. Aínda que se pode diferenciar entre a recollida selectiva en contedores monomaterial e multimaterial, a realidade é que hai dous grandes modelos, segundo se pretenda reciclar a materia orgánica ou non. Algúns destes modelos son os que se presentan nas figuras 4.1 e 4.2.

4.2.2. Modelo que permite a reciclaxe da materia orgánica

Este modelo posibilita a reciclaxe da materia orgánica, ao recollerse esta separada do resto de compoñentes (contedor monomaterial) evitándose as posibilidades de que se contamine física ou quimicamente. Caso de ir mesturada, imposibilitaríase o seu aproveitamento, ao non estar garantida a calidade do compost que se obtén. Existen tamén as recollidas con contedor monomaterial para vidro e para papel. Finalmente, hai un cuarto contedor para fracción inerte ou "resto", onde se deposi-

ADEGA CADERNOS

tan plásticos, metais, téxtiles, etc., que posteriormente son clasificados na planta de tratamento, para a súa entrega á industria específica.

Os contedores para materia orgánica e "resto" ubícanse na beirarrúa, na proximidade de todos os domicilios, mentres que o número de contedores de vidro e papel, oscila ao redor de 1 contedor cada 300 habitantes.

Co obxecto de retirar do fluxo de residuos os materiais perigosos dos fogares, materiais voluminosos (mobles inservibeis, etc.), residuos vexetais e outros, complementase o sistema cos denominados "puntos limpos", ou "ecoparques" ou "parques de reciclaxe" onde a través de contedores de gran volume recóllense estes residuos especiais xerados nos fogares. Este é o modelo de Córdoba, Montejurra, Castilla–La Mancha, etc. e que está previsto nos plans de xestión de: Cidade de A Coruña, Mancomunidade de Concellos da Area Metropolitana de A Coruña, Mancomunidade do Morrazo, Mancomunidade da Serra do Barbanza.

Figura 4.1. Modelo de recollida selectiva no concello de Allariz

ADEGA CADERNOS

Xurde algunha variante deste sistema, que consiste en definir un quinto contedor, no que se recollerían os envases lixeiros (metais, *briks,* plásticos), sería o programado por Allariz e en algún outro concello.

Ante o incremento de custes de recollida que supón, esta variante non está suficientemente xustificada, xa que non evita que os envases lixeiros teñan que clasificarse na planta de tratamento.

4.2.3. Modelo que non permite a reciclaxe da materia orgánica

Este sistema é basicamente o promovido por SOGAMA, e móstrase na figura 4.2. Pon o acento fundamental na recollida en contedor multimaterial dos envases lixeiros (13% do total do lixo), mentres que a materia orgánica (55%) recóllea mesturada (contedor multilateral), facendo inviábel o seu aproveitamento, polo que se deben destina á eliminación en vertedoiro ou por incineración.

Por outra banda, o ratio de contedores monomaterial de vidro e papel previsto está entorno a 1 por cada mil habitantes.

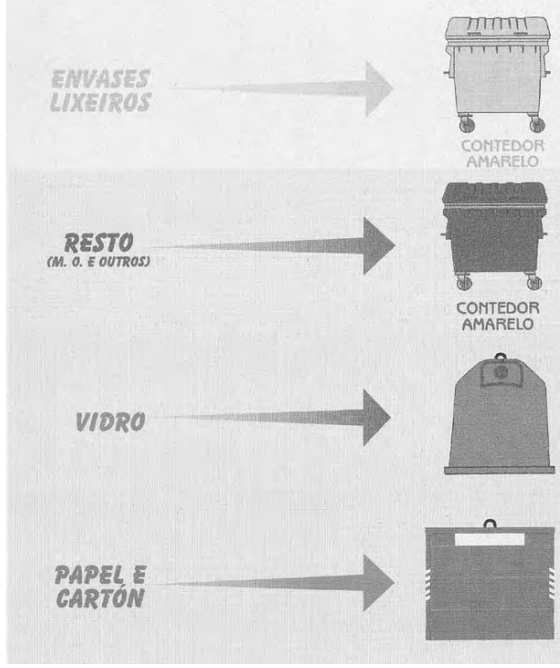


Figura 4.2. Modelo de recollida selectiva de SOGAMA.

4.3. AVALIACIÓN DOS MODELOS NA PRÁCTICA

Na táboa 4.3 detállanse os índices de avaliación da recollida selectiva en Córdoba, no barrio da Fuensanta–Santuario, de 30.000 habitantes, un ano despois do seu inicio.

Táboa 4.3. Índices de avaliación da recollida selectiva en Fuensanta–Santuario (Córdoba)

Índice de captura de materia orgánica	93,60%
Índice de captura de papel	47,70%
Índice de captura de vidro	43,89%
Índice de captura de plástico	37,72%
Índice de captura doutros (téxtil, metal, etc,)	55,03%
Índice de recuperación	75,77%
Porcentaxe de erro	24,33%

ADEGA CADERNOS

No que se refire ao vidro e ao papel, estes resultados foron igualados e incluso mellorados na Mancomunidade do Morrazo, e contrastan cos máis que pobres resultados obtidos pola experiencia piloto da bolsa amarela feita por SOGAMA en barrios de Concellos como Pontevedra, Marín, etc.

En Pontevedra participaron uns 15.000 veciños/as dos barrios de San Roque, Campolongo, San Antoniño e Monteporreiro. Segundo datos da Consellería de Medio Ambiente, se recolleron 417,6 tn., nos contedores amarelos, coa distribución que se mostra na táboa 4.4.

Táboa 4.4. Resultados da recollida de SOGAMA en Pontevedra mediante a bolsa amarela

Tipo de material	tn	%
Plásticos, latas, *bricks* e outros envases	140,7	33,7
Vidro	22,6	5,4
Papel	46,8	11,2
Materia orgánica	129,9	31,1
Outros elementos	77,3	18, 5
TOTAL	417,6	100

A producción total de RSU neste concello no ano 1.998 foi de 25.874 tn para unha poboación de 73.871 habitantes. Polo tanto, onde se levou a cabo a experiencia producíronse durante o ano 5.254 tn., das cales eran envases lixeiros 685 tn. Dedúcese polo tanto que índice de captura de envases foi do 20,5% (=140,7/685). Nin sequera se cumpre o nivel mínimo de reciclaxe que marca a Lei de Envases.

Dende o punto de vista cualitativo, a posta en escena de SOGAMA, dificilmente podería presentar resultados peores, xa que os poucos cidadáns que usaban os contedores amarelos (menos do 20%) máis da metade non separaba, é dicir, no contedor amarelo máis do 66% dos materiais depositados non eran envases lixeiros.

En conclusión, a penas un 10% de cidadáns participou na experiencia, e estamos convencidos que no fondo a reflexión que facían era "¿para que imos separar, se o final o van a queimar?.

4.4. A MODO DE REFLEXIÓN FINAL

O rotundo fracaso que supón o baixo nivel de participación no modelo da "bolsa amarela", por parte da cidadanía hai que buscalo non só na carencia dun verdadeiro programa de motivación e información cidadán, se non tamén na idea estendida entre os veciños/as de que os materiais da bolsa amarela (só o 13% dos residuos), rematarán o final queimándose.

En Galicia non existen na práctica industrias recicladoras para os máis de sete tipos de plásticos que aparecen no lixo, para algúns compoñentes nin sequera en todo o Estado.

Tampouco existen fábricas de papel, que puideran utilizar o papel recollido, co que a súa hipotética reciclaxe, necesita do traslado a papeleiras do País Vasco ou de Madrid. O *tetrabrik* é un material do que a súa reciclaxe, ao estar composto de papel, plástico e aluminio, é máis unha estratexia de *marketing* dunha multinacional que unha realidade. A única fábrica de reciclaxe de vidro, de certa entidade,

existente en Galicia está nunha situación complexa, que fai que o pouco vidro recollido selectivamente teña que trasladarse a Vidriera Leonesa.

En definitiva, na realidade práctica actual, a reciclaxe dos envases lixeiros é practicamente imposíbel levala a cabo, co que o único destino final da "bolsa amarela" é a incineración ¿Se o final imos queimar todo, para que raios separar?.

Onde a reciclaxe é real, é na recuperación da materia orgánica. Na súa reciclaxe faise o mesmo que fai a propia natureza. Nunha planta de compostaxe entra a materia orgánica limpa e sae compost, listo para o seu uso nas terras galegas. Evidentemente, só partindo dunha materia orgánica limpa, recollida selectivamente, é posíbel pechar o ciclo, e fabricar un bo compost; se así se fai estamos reciclando o 54% dos residuos sólidos urbanos.

5. AUTOXESTIÓN DA FRACCIÓN ORGÁNICA DO LIXO: A EXPERIENCIA DO CONCELLO DE A ILLA DE AROUSA

Xosé A. González, F. Xavier Centeno, Anxélica Lemos E Carlos A. Vaamonde

5.1. INTRODUCCIÓN

O Concello máis novo de Galicia, a penas catro anos de vida, atreveuse a desafiar á inercia e propúxose unha forma sinxela e á vez avanzada de enfocar a xestión dos residuos. Elaborou un Plan e presentouno á convocatoria Life 97-98, sendo o primeiro Proxecto Life con relación ao lixo subvencionado pola UE en Galicia. Unha inversión duns cen millóns, dos que o Programa Life aporta uns 50.

5.2. O PLAN DE XESTIÓN DE RSU DA ILLA DE AROUSA

De maneira moi resumida, o Proxecto Life da Illa ten as seguintes partes:

1. Estudio e diagnóstico da situación actual

2. Actuacións de motivación como instrumento para a incorporación ao proxecto dos diferentes axentes sociais. Estas actuacións son estrictamente necesarias para o desenvolvemento do proxecto. Abrangue:

- Poboación escolar
- Poboación en xeral (bando, enquisa, folletos, carteis, etc.)
- Sectores económicos específicos: hostalería e distribución de alimentos (envases retornabeis), construcción (reutilización de residuos)
- Fomento do uso de materiais reciclados
- Formación de mestres composteiros para informar á poboación de cómo realizar a compostaxe da materia orgánica

3. Autocompostaxe e recollidas selectivas:

- Deseño de circuítos
- Medios materiais
- Comercialización
- Experimentación coa fracción orgánica:
- Composteiros individuais (contrastar existentes no mercado e determinar melloras)
- Aplicación directa da fracción orgánica seleccionada e non compostada, en cultivos forestais

4. Parque de reciclaxe e acopio

5. Implantación de composteiros nunhas 1000 vivendas seleccionadas pola súa posibilidade de uso

6. Aplicación de materia orgánica sen compostar sobre superficies forestais

7. Valoración dos resultados obtidos e posterior divulgación dos mesmos.

Preténdese lograr, en base á participación cidadá e á motivación social, un modelo de xestión no que, ademais das recollidas selectivas das fraccións inertes, cada productor autocompostaría a fracción orgánica xerada a través de composteiros individuais, previa mestura con triturado vexetal. As actuacións de motivación social son un instrumento imprescindíbel para acadar a incorporación activa dos cidadáns ao proxecto, isto é, que autoxestionen a materia orgánica que producen. Para as vivendas onde a inexistencia de parcela anexa imposibilite o uso do composteiro, a materia orgánica recollida selectivamente destinaríase ao seu uso directo en cultivos forestais.

Ademais, preténdese articular medidas fiscais e económicas a través de ordenanzas municipais, que sirvan para a prevención e reciclado de residuos (envases e embalaxes, residuos de construcción). Esta actuación é parte dun proxecto más amplo e global: a ordenación integral do territorio insular.

Figura 5.1. Divulgación do modelo de recollida selectiva na Illa de Arousa

ADEGA
CADERNOS

Os composteiros son recipientes de grande capacidade (300, 700 l) que facilitan a obtención de compost. O seu deseño permite unha ventilación forzada que optimiza o proceso e evita os malos cheiros. Preséntanse como un complemento de xardín, funcional e discreto.

Estanse a utilizar actualmente tres tipos de composteiros e un vermicomposteiro. A figura 5.2 mostra algunhas fotografías dos mesmos.

Figura 5.2. Composteiros utilizados na Illa de Arousa (a, b, c, d, e) e área de recollida con tres contedores (f).

5.3. DESENVOLVEMENTO DO PLAN

O comezo do Plan tivo lugar no ano 1998. En maio dese ano comezouse a autocompostaxe, estando implantada actualmente en 28 fogares.

O volume medio dos composteiros é de 360 l (prezo de 13.000 – 15.000 ptas/ude), sendo volume dabondo para unha familia de seis membros. Os usuarios depositan a totalidade de restos orgánicos que xeran nos seus domicilios, mesturado con 1/3 de triturado vexetal que o propio Concello proporciona a aqueles que non dispoñan del.

O manexo dos composteiros limítase a airear unha ou dúas veces por semana o material depositado nos composteiros, simplemente remexendo, e a regar na época estival.

O compost producido por familia ao ano resulta en torno a 340 kg. A producción total de compost chegaría só para a fertilización do 15% das terras de cultivos actuais, cunha dose de estercado normal para a zona de 10 tn/ha.

A implantación total de composteiros (1000 unidades) rematarase a finais do ano 1999. No mes de Setembro desenvolveuse unha experiencia piloto de recollida selectiva de materia orgánica con bolsas de "plástico" biodegradábel feitas de proteínas vexetais, que foron depositadas en contedores específicos (marróns) para proceder á fertilización de cultivos forestais. Estase facendo un seguimento da evolución da materia orgánica, do desenvolvemento dos cultivos forestais, e mesmo de acuíferos próximos, coa fin de comprobar como, efectivamente, os restos de comida, restos vexetais, etc., teñen un efecto positivo semellante ao de calquera esterco. Participa no seguimento da experiencia a Universidade de Vigo, debéndose obter, ao remate da experiencia, doses de aboado, frecuencia, etc.

A experiencia, que se levou a cabo durante dúas semanas, e na que participaron 500 persoas, supuxo a aplicación de 1.800 kg de materia orgánica nunha superficie forestal de 3.000 m^2.

Figura 5.3. Contedor de recollida da fracción orgánica en núcleos de vivendas sen terra (esquerda) e aplicación da materia orgánica en terreos forestais (dereita).

Aproximadamente nun 10 % da poboación non é aplicábel a implantación de composteiros por inexistencia de terreos anexos á vivenda, e é precisamente para estes casos para os que se establece o depósito en contedor específico de cor marrón.

A tenor do desenvolvemento do Plan de Xestión, os resultados esperados son os seguintes:

- Reducción do 30% de envases e embalaxes xerados na Illa, e reciclaxe do 40%
- Reutilización dun 25% dos residuos de construcción xerados

- Reciclaxe do 80% de materia orgánica mediante composteiros, e do 10% aplicada a cultivos forestais
- Reciclaxe do 90% dos residuos vexetais xerados.

5.4. APLICABILIDADE NOUTROS LUGARES

En función dos datos relativos ós municipios galegos, superficies das explotacións agrarias censadas, así como das características da poboación e dispersión do hábitat, similares ás da Illa, sería reproducíbel o modelo, total ou parcialmente, en 230 pequenos municipios galegos, o que significa un 30% da poboación galega na que potencialmente sería aplicábel o proxecto. Debe resaltarse, ademais, que entre esta poboación xa existe a tradición agrícola da compostaxe.

Das diferentes fases das que se compón a xestión de residuos: prerrecollida, recollida, transporte e tratamento, nun hábitat moi disperso como o de Galicia as fases previas ao tratamento poden supoñer ata un 70 % dos custos totais, polo cal, de ser capaces de que cada productor deposite separadamente os diferentes compoñentes inertes (vidro, metal, papel, etc.) e autocomposte a materia orgánica (a metade da bolsa de lixo), isto suporá, ademais de beneficios medioambientais relevantes, un aforro económico moi importante.

O Plan de Residuos poderíase complementar cos plans de xestión da Comunidade Autónoma, derivándose cara ós sistemas de transferencia e eliminación unicamente os refugallos non reciclabeis.

Do mesmo xeito, noutras zonas xeográficas da Península Ibérica ou outras rexións mediterráneas, sería reproducíbel e aplicábel o proxecto.

6. APLICACIÓN AGRÍCOLA DE COMPOST DA FRACCIÓN ORGÁNICA DOS RSU

Xosé Antonio González Ferreira e F. Xavier Centeno Ameijeiras

6.1. INTRODUCCIÓN

Nun solo, sen a intervención humana, o proceso de rexeneración do mesmo está perfectamente equilibrado. Os animais pastan e aliméntanse dos vexetais ou doutros animais. As follas e restos vexetais, xunto cos excrementos, caen na terra e rexeneran o chan con aporte de materia orgánica. Na materia orgánica hai unha fauna microbiana que a transforma en nutrientes. Entón comeza de novo o ciclo.

Coa intervención humana en pequenos cultivos ou granxas autosuficientes, o proceso mantense. Non sucede así cando a agricultura se converte nun proceso productivo intensivo. Entón, os residuos xéranse nas cadeas de transformación e consumo do froito, e depositanse en vertedoiros. Igual tratamento levan os excrementos e restos de animais.

A agricultura actual responde a un modelo productivista e simplista. Esíxese ós cultivos a máxima producción, sobrepasando ás veces as posibilidades biolóxicas, o que orixina unhas plantas débiles e de pouca calidade alimenticia. Na selección xenética predominou case exclusivamente esta característica de máxima producción, descoidando frecuentemente outras tan importantes como a calidade, rusticidade ou resistencia a parásitos e condicións adversas.

A técnica agronómica e a práctica agrícola actuais son simplistas, inspiradas nos métodos industriais de producción en serie, sen ter en conta os procesos naturais a que están sometidos os organismos vivos. Apórtanse cantidades excesivas de fertilizantes minerais e dáse moi pouca importancia á materia orgánica do solo, necesaria para procesos biolóxicos e microbiolóxicos esenciais. O uso cada vez máis intensivo de productos fitosanitarios ten por finalidade eliminar os competidores dos cultivos, en vez de controlalos, co que se deteriora o equilibrio ecolóxico.

As consecuencias máis graves desta agricultura industrializada son unha perda de calidade dos productos e unha contaminación do medio.

Esta agricultura convencional –baseada fundamentalmente no cultivo de especies melloradas, emprego abusivo de fertilizantes e productos fitosanitarios e un elevado consumo de enerxía- está a ser cuestionada, debido á producción de excedentes e ao impacto negativo que exerce con frecuencia sobre o medio ambiente. Por ditos motivos, estase propugnando un modelo de agricultura alternativa, que propón unha rendibilidade económica en harmonía co medio natural.

Calquera agricultor coñece a estreita relación que existe entre a fertilidade dun solo e a materia orgánica do mesmo. É precisamente a materia orgánica a que vai diferenciar a maior ou menor fertilidade dun solo. Ó perder estes aportes que un proceso natural rexenera, dando vida ao chan, provócase directamente o aporte de nutrientes ao solo mediante fertilizantes químicos. Non se aporta materia orgánica e, por tanto, non se produce actividade microbiana. Co tempo, este exceso de ferti-

ADEGA CADERNOS

lizante químico, ademais de poder contaminar os acuíferos, vai mineralizando os chans. Estes perden estructura, e teñen menor capacidade de retención da humidade, co que aumenta a erosión e a progresiva degradación do mesmo ata chegar a aparecer a rocha nai, desaparecendo o solo.

Como consecuencia dos métodos actuais de aplicación de fertilizantes químicos, en Europa consúmense productos vexetais con exceso dalgúns elementos (especialmente fósforo e potasio) e defecto doutros (magnesio, calcio, sodio). Estas modificacións na composición dos alimentos (tanto de orixe vexetal coma de orixe animal) inflúen sobre a saúde das persoas. O progreso de certas enfermidades, tales como o cancro, caries dental, trastornos endócrinos, cardiopatías, etc., parece que ten como causa principal unha alimentación desequilibrada. Por tanto, poderiamos dicir que a saúde das persoas depende, en certo xeito, do solo, debido á influencia que este exerce sobre a calidade dos alimentos.

En tempos pasados, a fertilidade do chan mantíñase coas restitucións que se lle facía (en forma de esterco, residuos, excrementos) despois de recoller as colleitas. Liebig, un dos fundadores da química agrícola, dicía que as civilizacións prosperan e morren co solo, e explicábao cun exemplo admirábel: *Roma tirou nos seus sumidoiros a fertilidade de Sicilia.* En efecto, os navíos que chegaban a Roma co trigo de Sicilia levaban consigo os elementos nutritivos do solo da illa, e eses elementos perdíanse nos sumidoiros de Roma. Deste xeito Sicilia, que foi o graneiro de Roma, converteuse nunha das illas máis pobres do Mediterráneo.

Segundo o filósofo Spengler, a decadencia das grandes civilizacións antigas produciuse como consecuencia da concentración da poboación en grandes cidades. No pasado, o esgotamento de moitos chans produciuse coma consecuencia do transvase de elementos nutritivos do solo cara ós sumidoiros das grandes urbes, o que orixinou enfermidades carenciais na poboación e o seu progresivo debilitamento.

Unha diferencia importante dos fertilizantes orgánicos en comparación cos minerais é que o seu nitróxeno non se atopa totalmente dispoñíbel para a planta no momento da súa aplicación, xa que a planta absorbe o nitróxeno de forma mineral (amoníaco ou nitrato), mentres que nos fertilizantes orgánicos, o nitróxeno existe en forma orgánica e mineral; a forma mineral máis frecuente nos mesmos é o amoníaco, que pode variar entre o 10 e o 70 % do nitróxeno total, mentres que o nitrato a penas se pode atopar.

Diversos estudios mostraron que os fertilizantes orgánicos se mineralizan co tempo segundo unhas porcentaxes decrecentes do nitróxeno total inicial. Así, o compost, no primeiro ano pódese mineralizar ao redor do 50% do seu N total; o segundo ano, un 20%, e o terceiro, un 10%, e cantidades menores os anos seguintes. No esterco de vacún as porcentaxes correspondentes son: un 70% o primeiro ano, un 5% o segundo e un 3% o terceiro.

Os chans necesitan de materia orgánica e, sen embargo, depositamos toneladas desta materia as en vertedoiros, onde se enterra sen ningún aproveitamento, ou, a última loucura, pretendéndoa queimar. Restablecer o proceso que a natureza ten establecido é a solución máis lóxica.

A materia orgánica recollida selectivamente pode ser tratada nunha planta de compostaxe e transformada en fertilizante orgánico (compost). O compost será utilizado polos agricultores e en parques e xardíns dos concellos. Imitamos á natureza e pechamos o proceso.

6.2. EFECTOS DA MATERIA ORGÁNICA NO SOLO

O chan non é un medio inerte e estábel, senón que é o resultado da acción do clima e dos seres vivos sobre a superficie da terra durante un período de tempo. É un medio moi complexo, en permanente evolución, que nace, medra e pode morrer.

A formación dun solo faise baixo a conxunción de dúas fraccións claramente diferenciadas: a fracción mineral e a fracción orgánica. Os minerais primitivos procedentes da rocha nai altéranse baixo a acción de axentes físico-químicos (temperatura, auga, ácido carbónico) e biolóxicos (raíces das plantas, microorganismos), o que conduce á formación de dous tipos de materiais: arxilas e catións minerais. A fracción orgánica está constituída por materiais de orixe animal ou vexetal que se acumulan no chan, sobre os que actúan infinidade de microorganismos que os descompoñen e transforman noutras substancias: compostos minerais (auga, dióxido de carbono, nitratos, sulfatos, etc.) e un composto orgánico moi estábel: o *humus,* que posteriormente se transforma con lentitude en compostos minerais.

As partículas de arxila e de humus, electronegativas, únense entre si por intermedio de catións minerais positivos (calcio, magnesio, ferro, aluminio), formando o *complexo arxiloso-húmico,* que, debido á súa forte estabilidade e á súa estructura en agregados, resiste a acción erosiva da auga. Se non fora por esta ponte de unión que forman os catións, as partículas de arxila e de humus serían arrastradas pola auga, sen posibilidade de formar o solo.

6.2.1. Efectos sobre as propiedades físicas

Os principais efectos da materia orgánica sobre as propiedades físicas do solo son os seguintes:

- Mellora a estructura do solo, incrementando a agregación das partículas do mesmo, co cal os chans soltos fanse máis compactos e os chans fortes fanse máis esponxosos.

Figura 6.1. Invernadoiro no que se aplica compost

- Aumenta a capacidade de retención e infiltración da auga.
- Aumenta a absorción da calor solar (debido á cor escura das substancias húmicas), o que produce un incremento da temperatura do solo.
- Aumenta a resistencia do solo contra a erosión, xa que os agregados formados na superficie impiden o arrastre de partículas finas. Á súa vez, o solo queda protexido contras o impacto das gotas de chuvia, que deste xeito provocan pouca liberación de partículas finas que posteriormente puideran ser arrastradas.

6.2.2. efectos sobre as propiedades químicas

Con respecto á súa influencia sobre as propiedades químicas, a materia orgánica aumenta a fertilidade dos solos polos seguintes motivos:

- Aporta elementos nutritivos a medida que se mineraliza. A mineralización lenta do humus permite o aproveitamento do nitróxeno pola planta, xa que doutro xeito perderíase, en parte, arrastrado pola auga de choiva.
- O humus, xunto coa arxila, forma o complexo arxiloso-húmico, que regula a nutrición da planta.
- Mobiliza os elementos nutritivos bloqueados como consecuencia dunha fertilización mineral pouco racional, o cal representa un aproveitamento de recursos xa existentes no chan.
- Regula a salinidade, xa que moitos ións salinos quedan adsorbidos na superficie do complexo arxiloso-húmico.
- Algunhas sustancias húmicas estimulan o desenvolvemento do sistema radical das plantas, co que se fai máis efectiva a absorción de nutrientes.
- Minora os efectos negativos dos axentes tóxicos, tales como praguicidas ou metais pesados.

BROSSA ORGÀNICA
RESIDU MÍNIM
Amb el suport de:
MEDI AMBIENT
Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient
Junta de Residus

6.2.3. Efectos sobre a actividade biolóxica

A materia orgánica ten un efecto moi favorábel sobre a bioloxía do solo:

- Increméntase a cantidade e diversidade de microorganismos, posto que proporciona: carbono para a formación de estructuras orgánicas e como fonte de enerxía, nitróxeno para a síntese das proteínas, e outros elementos nutritivos esenciais para a vida.
- Aumenta considerabelmente a fauna do solo, sobre todo de lombrigas, que tan favorabelmente actúan sobre a estructura e aireación do chan.

A materia orgánica que ten unha proporción equilibrada de carbono e nitróxeno favorece a proliferación de microorganismos encargados de descompoñela. Cando a relación carbono/nitróxeno (C/N) é moi alta, a materia orgánica subministra moita enerxía en comparación co nitróxeno. Se esta relación é moi baixa, ocorre o contrario. En calquera dos dous casos, hai pouca proliferación de microorganismos e a materia orgánica descomponse con lentitude.

Como consecuencia de todo o exposto, pódese concluír que a materia orgánica no solo fai aumentar a calidade e producción dos cultivos.

ADEGA
CADERNOS

6.3. VANTAXES DO USO DO COMPOST SOBRE OUTROS FERTILIZANTES ORGÁNICOS

A táboa 6.1 móstranos de forma comparativa a composición de compost obtido do lixo coa doutros fertilizantes orgánicos. O compost é o mellor fertilizante, despois do humus de lombriga. Outras vantaxes do uso do compost son as seguintes:

- A súa procedencia é coñecida.
- O producto pódese aplicar directamente ao campo, xa que se trata dun producto maduro.
- Non hai presencia de malas herbas nin patóxenos, xa que durante a compostaxe acádanse altas temperaturas, co que se destrúen.
- A dispoñibilidade do producto está asegurada, xa que a producción é constante ao longo do ano.
- O contido en materiais non desexabeis é practicamente nulo. O compost é un esterco maduro, que non contén pedras, sementes de malas herbas ou grande cantidade de auga. Comparativamente, cando aportamos esterco, un 70-80 % é auga, mentres que o compost só contén un 25-35 % de auga.

Táboa 6.1. Comparación entre o compost e outros fertilizantes orgánicos

Tipo de esterco	Humidade media (%)	Cont. en N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	MgO (%)	Materia orgánica
Vacún	70	0’4	0’22	0’11	0’4	17
Porcino	80	0’3	0’56	0’45	0´2	20
Cabalar	70	0’4	0’28	0’31	0´7	25
Ovino	65	1	0’5	1’2	0’2	30
Galiñaza	72	1’5	1’5	0’9	0’4	20
Compost da fracción orgánica selectiva do lixo	30	0’7-3’5	0’3-3’5	0’5-1’8	0’5-1	60-75
Mantiño holandés ou alemán de venta en establecementos comerciais	25	0’4	0’3	0’4	0’1	40
Humus de lombriga	38	1’5	2’5	1’5	1’3	85

6.4. NECESIDADE DE MATERIA ORGÁNICA NOS SOLOS GALEGOS

Poderíase pensar que a achega de materia orgánica ós solos galegos non é precisa. Estudios realizados amosan como os solos galegos das áreas cultivadas máis tradicionais e productivas tenden a presentar niveis relativamente baixos de materia orgánica, a pesares da multitudinaria achega anual de esterco, segundo diversos autores.

Mediante a mineralización do humus destrúese anualmente entre un 1 e un 2 % da materia orgánica existente no solo. Experiencias levadas a cabo en Salcedo (Pontevedra) pola Misión Biolóxica de Galicia en parcelas non estercadas durante 21 anos consecutivos, pero que reciben fertilizantes minerais, e nas que se obtiña unha producción media anual de 70 qm/ha de grao seco, demostran que se produciu unha diminución do 8’3% inicial ao 6’90% final (0’8% de destrucción anual). A destrucción chegou ao 0’6% cando se cultivou e non se engadiu ningún fertilizante. Nas parcelas ás que se lles engadiu esterco tódolos anos, mantívose o nivel orgánico e a producción foi semellante.

Resumindo o anterior, resulta que cando non se engaden materiais orgánicos ós terreos, prodúcese unha perda anual de contido orgánico por hectárea de 1'4 a 2 tn. Para manter o nivel de materia orgánica dos solos é necesario engadir periodicamente emendas orgánicas, a razón dunhas 20 tn/ha. Estas ideas científicas tamén son recollidas polo refrán popular: "labra profundo, bota basura, e cágate nos libros de agricultura".

Investigacións levadas a cabo polo profesor Díaz-Fierros confirman resultados semellantes, segundo se recolle no seu artigo deste mesmo caderno.

Demóstrase que existe un déficit duns 14 millóns de toneladas de materia orgánica nos solos galegos, para acadar os niveis máis aconsellabeis. No suposto de compostar a totalidade da fracción orgánica dos residuos sólidos urbanos, xeraríanse unhas 200.000 tn de compost, só o 1'8 % das necesidades precisas para obter os niveis aconsellabeis de fertilidade, defensa contra a erosión, etc.

6.5. EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE COMPOST A DIFERENTES CULTIVOS

6.5.1. Córdoba

Vexamos algunhas experiencias levadas a cabo en Córdoba no ano 1996 en cultivos de pataca e de viña. Os resultados da aplicación de compost ao cultivo da pataca móstrase na táboa 6.2. Na experiencia A, o incremento na producción foi do 5% ao 15%, mentres que o aumento do peso da pataca variou desde o 10% ao 35%. Na experiencia B rexistrouse un incremento na producción de ata ao 29%, mentres que o aumento do peso da pataca chegou ata ao 40%.

Táboa 6.2. Aplicación do compost no cultivo da pataca

DOSES	PRODUCCIÓN (kg/ha)	Peso (g/pataca)
EXPERIENCIA A		
22 tn/ha de compost	28.200	122,06
44 tn/ha de compost	25.900	144,17
Sen compost	24.700	108,52
EXPERIENCIA B		
Fertilización mineral: 1 tn/ha (9:18:27)	25.500	156,6
30 tn/ha de compost + 1,5 tn/ha sulfato potásico	22.000	136,6
60 tn/ha de compost + 1 tn/ha sulfato potásico	33.000	219

Os resultados da aplicación do compost de RSU en viña móstranse na figura 6.1. Os resultados foron os seguintes:

- Incremento de producción do aboado con compost fronte á testemuña: do 62% ata o 36%.
- Incremento do aboado con compost fronte ao aboado con esterco: 24%

ADEGA
CADERNOS

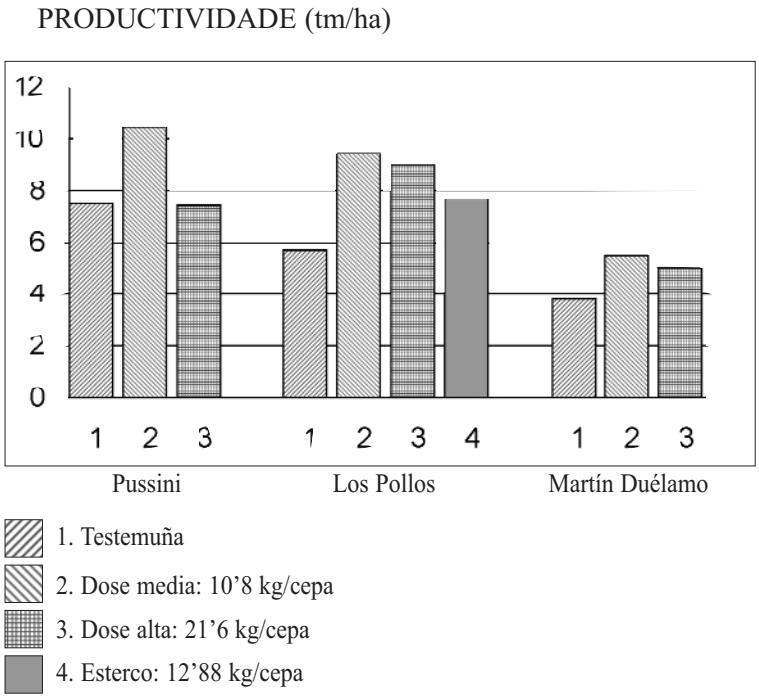


Figura 6.1. Resultados da aplicación de compost de RSU en viña

6.5.2. Área metropolitana de Barcelona

É de destacar o proxecto da Área Metropolitana de Barcelona, denominado "Uso de compost de residuos urbanos en horticultura", financiado pola U.E. e rematado no ano 1996. O obxectivo do devandito estudio foi determinar a viabilidade do compost procedente da parte orgánica dos residuos sólidos urbanos que se producen na Área Metropolitana de Barcelona, para a súa utilización na horticultura. Pretendíase marcar as pautas para a súa correcta utilización e obter diversas emendas orgánicas eficaces como fertilizantes, praguicidas e herbicidas, así como estudiar o impacto destes productos no medio ambiente.

Avaliouse o efecto de diferentes doses de compost RSU no rendemento de 32 cultivos hortícolas. O compost incorporado como emenda orgánica mellorou a estructura física, química e biolóxica do solo, mentres que incorporado como fertilizante permitiu reducir a achega de fertilizantes de síntese.

En xeral, a dose de 60 tn/ha foi considerada óptima en practicamente tódolos cultivos avaliados pertencentes ás especies *Lactuca sativa L., Lycopersicum esculentum Mill., Cichorium endivia L., Daucus carota L., Brassica napus L., Solanum tuberosum L., Brssica oleracea var., italica Plenk, Cucumis melo L., Vicia fava L., Allium cepa L., Spinacia oleracea L., Pisum sativum L.,* e *Capsicum annuum L.*

A dose de 30 tn/ha foi claramente insuficiente, agás nun cultivo da especie *Allium porrum L.,* mentres que a dose de 90 tn/ha non conseguiu aumentar o rendemento das colleitas en comparación coa de 60 tn/ha, menos nos cultivos pertencentes ás especies *Brassica oleracea L., Brqassica oleracea var., botrytis L.* e *Cucumis sativus L.*

O compost RSU demostrou ser deficitario en nitróxeno en comparación cun aboado mineral completo. Sen embargo, cando se complementaba esta emenda cun aporte nitroxenado mineral, o estado nutricional das plantas e o rendemento dos cultivos avaliados (Lactuca sativa L. e Cucumis sativus L.) foron mellores en compa-

ración ao control aboado. Posibelmente a adición de compost RSU facilitou un aumento na eficiencia do aproveitamento, polas plantas, dos nutrientes do chan.

A xeito de resumo expresamos algúns resultados dos cultivos:

- A colleita de leituga foi un 50 % maior coa dose de 60 tn/ha de compost, con respecto á parcela testemuña.
- A mellor producción no caso dos nabos obtívose no tratamento con compost a 60 tn/ha, que foi un 25 % superior respecto ao tratamento de control.
- Na colleita de melóns, observouse unha tendencia ao aumento de producción (15 %) dos tratamentos con compost (60 tn/ha) respecto do aboado mineral.
- No que respecta á col-repolo, o tratamento con compost a 90 tn/ha produciu repolos de maior peso e diámetro que o resto de tratamentos, e a producción foi superior nun 15 % con respecto ao control con fertilizante mineral.
- No caso do brócoli, o aumento de producción foi do 35 % na dose de 60 tn/ha de compost repecto ao fertilizante mineral.

6.5.3. Mancomunidade do Morrazo

6.5.3.1. Desenvolvemento das experiencias

Expoñemos, finalmente, as experiencias levadas a cabo no Morrazo durante os anos 97 e 98. A figura 6.2 mostra onde se levaron a cabo as experiencias. A táboa 6.3 presenta as características do compost empregado.

Figura 6.2. Rede de parcelas de experimentación do uso do compost no Morrazo

O seguimento das 20 parcelas levado a cabo coa colaboración da Sección de Bioloxía da Facultade de Ciencias da Universidade de Vigo e o Departamento de Edafoloxía da Universidade de Santiago, realizouse dende o punto de vista da producción resultante e da evolución dos solos.

Púidose determinar, despois da experiencia do primeiro ano e a comparación con outros fertilizantes utilizados, que:

- O producto resultou beneficioso para os cultivos, sendo competitivo cos outros fertilizantes orgánicos.

ADEGA
CADERNOS

- Se as parcelas da experiencia non fosen aboadas en anos anteriores, as diferencias serían maiores.
- Satisfacción xeral dos agricultores polos resultados obtidos e o doado manexo do productos.

Táboa 6.3. Análise do compost de RSU utilizado nas experiencias sobre parcelas do Morrazo

MATERIAS	PORCENTAXE (sobre materia seca)
Materia orgánica total	55-60
PH en auga (1:5)	8
Conductividade eléctrica (ds/m)	4
Nitróxeno total	>2
Fósforo	0,5
Potasio	8
Relación carbono/nitróxeno (C/N)	12
Magnesio total	1,5
Ferro	0,5
Humidade media	55

6.5.3.2. Resultados

No caso do cultivo de flor cortada (crisantemo) realizáronse achegas de compost en dúas doses, de 1 kg/m^2 e de 4 kg/m^2, coa finalidade de comparar os resultados entre si e cos obtidos noutra parcela sen adición de compost (dose de 0 kg/m^2). As producciónes que se obtiveron foron de 520, 569 e 585 flores para as doses de 0, 1 e 4 kg/m^2, respectivamente.

Algúns resultados con doses de 4 kg/m^2 para diferentes cultivos móstranse na táboa 6.4. Nos cultivos de horta, realizáronse experimentos con producciónes de tomate, pemento e patacas nun total de oito parcelas. No caso do millo, as experiencias realizáronse en sete parcelas. Os resultados son variabeis, influenciados nalgúns caso polo feito de que foran ou non obxecto de emenda orgánica nos anos anteriores. Cando o solo non fora obxecto de emenda orgánica, os incrementos eran maiores. Pero en xeral sempre foron positivos, indicando o mantemento e mellora da producción cando os solos xa tiñan recibido emenda orgánica en anos anteriores.

No caso da viña, aplicáronse doses de 4 kg/m^2 para comparalos cos resultados de parcelas sen emenda orgánica. As explotaciónes son de nova implantación, polo que os resultados poderán obterse no terceiro ano.

Táboa 6.4. Resultados dalgunhas experiencias de aplicación do compost en terreos do Morrazo

LEIRA	CULTIVO	DOSE	RESULTADOS (incremento da producción)
A Real (Cangas)	Tomates	4 kg/m^2	35%
Hio (Cangas)	Tomates	4 kg/m^2	5%
A Real (Cangas)	Pementos	4 kg/m^2	5%
A Real (Cangas)	Patacas	4 kg/m^2	25%
A Torre (Cela)	Millo	4 kg/m^2	25%
A Torre (Cela)	Crisantemos	4 kg/m^2	12,5

Figura 6.4. Detalle da comprobación de rendementos na aplicación de compost en cultivos de millo

ADEGA
CADERNOS

7. A MATERIA ORGÁNICA NOS SOLOS DE GALICIA

Francisco Díaz-Fierros Viqueira

7.1. INTRODUCCIÓN

Hai unha arraigada tradición que di que os solos de Galicia teñen materia orgánica abonda e que, polo mesmo, non precisan da súa adición para manter dun xeito sostido a súa productividade. Esto pode ser certo nos terreos a monte onde, dun xeito xeral, os contidos en materia orgánica se poden considerar altos ou moi altos. Nas terras de cultivo a situación non é a mesma. O traballo seguido a que someten os labregos ao solo, volteando e aireando a terra varias veces ao ano e o clima galego templado-húmido, fan que a materia orgánica se oxide con facilidade desaparecendo pouco a pouco. Esto coñecíano ben os agricultores galegos que ano tras ano dedicaban unha boa parte do seu traballo en apañar, preparar e botar o esterco que a terra precisaba. Era unha práctica que custaba moito tempo e mesmo espacio (precisábase en terreos a monte, para apañalo mato, dúas ou tres veces a superficie dos cultivos) polo que non se podía facer gratuitamente: unha experiencia de moitos anos aconsellaba unhas adicións de materia orgánica da orde das 20 a 30 tn por hectárea se non se quería ver como os rendementos minguaban pouco a pouco.

A explicación que se lle deu a esta práctica baseábase sobre todo nos elementos fertilizantes clásicos que o esterco lle engadía ao solo (nitróxeno maiormente, mais tamén fósforo e potasio en cantidades non despreciabeis, así como os micronutrientes). A doutrina clásica da fertilidade do solo, que consideraba case exclusivamente as propiedades químicas coma factor de productividade, soportou estas consideracións e mantívoas en determinados círculos mesmo deica os nosos días. As conclusións que se tiraban das mesmas eran tamén inmediatas: se non se lle engadía materia orgánica ao solo os adubos minerais poderían ser un substituto axeitado.

Hoxe as cousas xa non se miran só así. Por unha banda, as experiencias de longa duración das clásicas estacións agronómicas europeas e americanas amosaban como solos sometidos exclusivamente á fertilización mineral presentaban ao cabo do tempo rendementos decrecentes. Falábase da "fatiga" do solo. Pero sobre todo os estudioso sobre as propiedades físicas e biolóxicas do solo amosaban como delas podía depender unha boa parte da súa productividade. O seu efecto non era tan rápido como o derivado das propiedades químicas, e polo mesmo tan evidente, mais non por iso deixaba de ser fundamental. E para estas propiedades si que era absolutamente necesaria a materia orgánica do solo en toda a súa complexidade, non existindo substitutos minerais que a substitúan nesas funcións.

7.2. AS OUTRAS FUNCIÓNS DA MATERIA ORGÁNICA

As plantas, a máis de alimento mineral, requiren do solo outros elementos e funcións. Por unha banda, a auga que zuga a planta do solo e o osíxeno que precisan as raíces para o seu metabolismo non se pode subministrar axeitadamente se non existe o que se define como a "estructura" do solo, que ven sendo a organización das

ADEGA CADERNOS

partículas constitutivas nunha determinada arquitectura que permite a existencia, ao mesmo tempo, dunha porosidade grosa (boa para a aireación do solo) e unha porosidade fina (boa para reter a auga). Para crear a estructura e absolutamente necesaria a materia orgánica, sobre todo en solos como os galegos onde existe pouca arxila (o outro factor estructurante). A erosión dos solos (ese grave problema global) comeza sempre pola destrucción da estructura. Un estudio da erosionabilidade dos solos galegos amosa claramente como esta diminúe exponencialmente ao aumentar a materia orgánica (figura 7.1).

A bioloxía do solo atopa tamén na materia orgánica o substrato necesario para que sexa biodiversa e abonda e con un solo bioloxicamente rico, funcións fundamentais como son as derivadas das microrrizacións e do papel desintoxicante da materia orgánica pódense desenvolver sen atrancos. Os solos recollen tódolos anos cantidades importantes de residuos orgánicos frescos que deben degradar e transformar en materia orgánica máis estable. Este papel de sumidoiro que xogan os solos e que cada vez e mais importante nesta civilización do refugallo, só se pode facer con eficacia se hai unha poboación microbiana robusta e activa, que so se pode manter co soporte da materia orgánica.

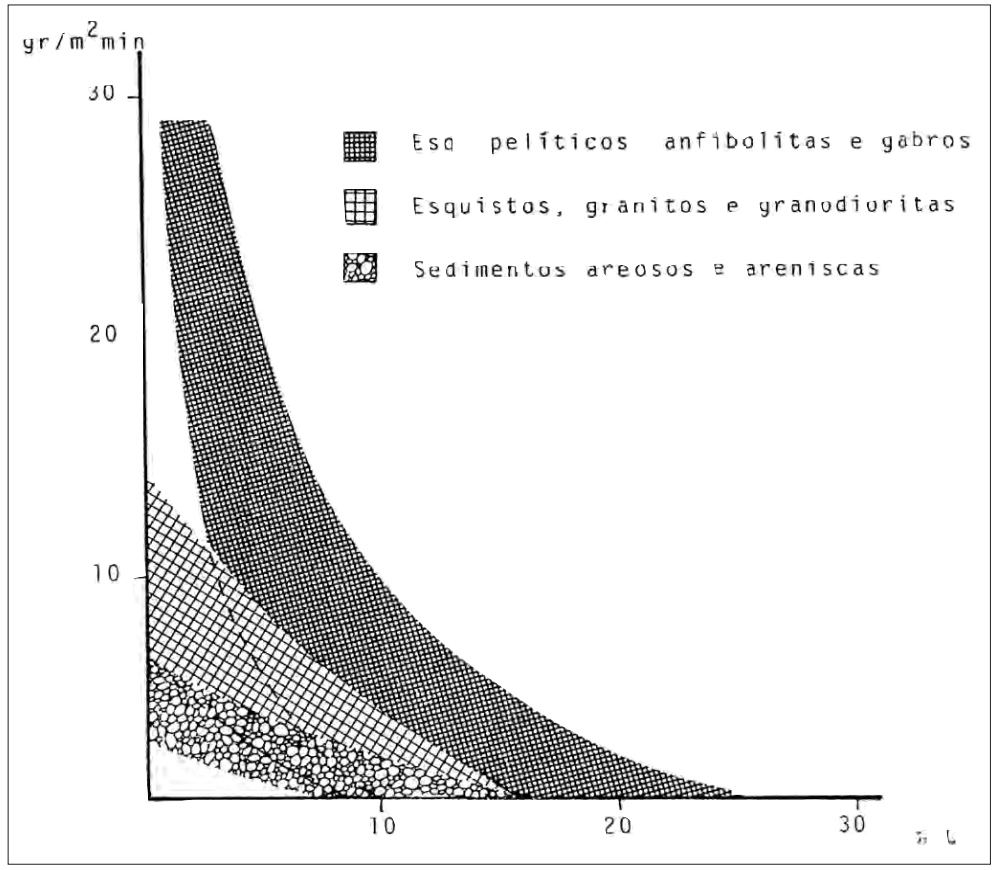


Figura 7.1. Relación entre a erosionabilidade de solos galegos (expresada como cantidade de solo perdida diante dunha choiva simulada nun tempo determinado) e a cantidade en carbono do solo.

De todo esto, e máis que se podería engadir, chégase a pregunta fundamental ¿que cantidade de materia orgánica sería necesaria no solo para que todas estas funcións se puideran desenvolver axeitadamente? E aínda que non é doado dar unha reposta exacta a esta cuestión (as grandes preguntas dificilmente pasan por respostas sinxelas) os agrónomos coinciden en situar entre o 4 e o 6% de materia orgánica ese valor. O cal sae do equilibrio resultante entre os beneficios que aporta a mate-

ADEGA CADERNOS

ria orgánica e os custes que supón o manter no solo ese nivel. O que quere dicir que niveis máis altos de materia orgánica poden seguir exercendo accións positivas sobre a productividade aínda que o balanzo económico sexa xa minguante. Un exemplo témolo na Figura 7.1 onde se pode apreciar como incrementos da materia orgánica dos solos galegos (expresada como porcentaxe de carbono) por riba do 10% aínda seguen a xerar accións positivas sobre a resistencia á erosión.

7.3. OS CONTIDOS EN MATERIA ORGÁNICA DOS SOLOS DE CULTIVO GALEGOS

Nos últimos vinte anos non se teñen feitos estudios sobre os solos de Galicia que poidan dar unha información xeral deste parámetro. Hai, eso si, unha inmensa morea de estudios sobre moitos solos en particular dos que se podería tirar despois de moito traballo de gabinete esta información. Aínda así, atoparíase que esta sae moi sesgada ofrecendo por unha banda os solos "interesantes" dos que sobraría información e, pola outra, inmensos ocos, de solos "irrelevantes cientificamente" dos que nada se sabe. Por iso tense que recorrer ós Estudios Agrobiolóxicos das provincias españolas que promoveu o C.S.I.C. polos anos sesenta e que en Galicia levaron a bo termo o Instituto Agrobiolóxico de Galicia de Santiago e a Misión Biolóxica de Pontevedra[*1,2]. Os tres estudios publicados corresponden ás provincias de A Coruña, Pontevedra e Ourense. Os datos da de Lugo, inéditos, e conservados ata hai ben pouco foron destruídos nunha desas febres de organización que caen sobre as institucións oficiais, o que é un síntoma máis do pouco aprecio que se lle ten nos tempos que corren a estes traballos. Non só non se fan se non que nin sequera se lles dá o mérito que merecen.

Con estes datos elaborouse o Cadro 7.1 onde se recollen as superficies de solos de Galicia con niveis de materia orgánica inferiores ao 4 e ao 6%. Os de Lugo calculáronse a partir dunha estimación feita tomando coma referencia os tipos principais de solos así como os seus usos. Os resultados son expresivos abondo: 91.074 has teñen menos do 4% e 251.816 has (o 28% da S.A.U.) menos do 6%. En xeral estes solos correspóndense con zonas de cultivos intensivos coma o millo e a vide, clima con uns estiaxes moi secos (véxase, por exemplo, o mapa de Ourense na figura 7.2) e sobre todo onde a fertilización orgánica tradicional con esterco desapareceu e non foi substituída por outra que lle mantivese ao solo o nivel de materia orgánica como sucedeu por exemplo co emprego do xurro. Pódese, polo tanto, falar con toda propiedade, dos déficits de materia orgánica do solo galego se se entende coma niveis óptimos os do intervalo 4-6%. En consecuencia estes déficits totalizarían os 3.631.000 tn. de materia orgánica se se toma coma referencia o nivel do 4%, e de 13.918.000 tn. se se toma o do 6%.

7.4. A RESTITUCIÓN DA MATERIA ORGÁNICA DO SOLO

Se se intenta solucionar eses déficits da materia orgánica do solo, como sería o desexable, habería que ter en conta que a cantidade a engadir vai a ser bastante máis importante que a dos déficits que se teñen contabilizado. Non abonda con lles engadir esa cantidade ós solos xa que a oxidación que sofre a materia orgánica ano tras ano e que a transforma en dióxido de carbono (un gas que se perde na atmosfera)

* É de xustiza reconocerlle o mérito e traballo ós que realizaron estes estudos: M. Muñoz, Taboadela, F. Guitian, R. Fabregas e T. Carballas no Instituto de Investigaciones Agrobiolóxicas de de Santiago e B. Sánchez e X. Diós na Misión Biolóxica de Pontevedra

tamén vai ser necesario compensala. É coma se tivéramos que encher un vaso de auga cheo de buratos (figura 7.3). Non abonda con botarlle a cantidade de auga que fai falla para enchelo vaso (o déficit en materia orgánica do solo), é ademais necesario que esta se engada a un ritmo que compense e supere a velocidade da que se perde polos buratos (que representan as perdas debidas á oxidación da materia orgánica).

Cadro 7.1
Niveis de materia orgánica nos solos de Galicia

Porcentaxe de terra de cultivo segundo o seu contido en materia orgánica (%)

Materia orgánica (%)	0-2	2-4	4-6	Nº de mostras
PONTEVEDRA	0	4,9	25,2	621
OURENSE	4,1	21,8	29,3	1236
A CORUÑA	3,3	14,1	32,5	472

Fonte: Estudio Agrobiológico de la Provincia de La Coruña (1967)
Estudio Agrobiológico de la Provincia de Pontevedra (1987)
La fertilidad de los suelos de cultivo de la Provincia de Orense (1995)

Superficie de terras de cultivo de Galicia (ha) segundo o seu contido en materia orgánica (%)

	<2%	<4%	<6%
A CORUÑA	6372	33600	96359
LUGO[a]	4569	27412	73089
OURENSE	4036	25501	54350
PONTEVEDRA	0	4561	28018
GALICIA	14977	91074	251816

[a] Estimado a partires dunha distribución de solos segundo contido en materia orgánica de 3% (0-2 M.O.), 15% (2-4 M.O.) e 30% (4-6 M.O.)

Déficit en materia orgánica dos solos de cultivo galegos para acadar os niveis de 4% e 6%

Nivel de materia orgánica	Déficit (tn de M.O.)
4%	3 631 000
6%	13 918 000

1 ha = 3000 tn de solo de cultivo

Os datos dos que se poden deducir as velocidades de oxidación da materia orgánica do solo galego non abondan, sobre todo porque os máis seguros virían de experiencias de campo a moi longo prazo, e non sería agora o momento máis oportuno para magoarse do pouco interese que lle teñen ós investigadores estes traballos, dos que habería que agardar moitos anos para poder tirar deles unha publicación. Aínda así, hai que agradecerlle de novo a Misión Biolóxica de Galicia en Pontevedra unha experiencia onde se estivo controlando 21 anos a evolución dos niveis de materia orgánica de catro parcelas con millo: a) con esterco nunha dose de 30 tn/ano, b) con esterco e adubo mineral, c) sen esterco e con fertilización mineral e d) sen ningunha adición[3]. A evolución da materia orgánica co tempo (figura 7.4) mostra diferencias ben significativas: as que recibiron esterco coa dose tradicional da zona mantiveron perfectamente estable o nivel de partida, e as outras diminuíron progresivamente este nivel, sobre todo na que non recibiu ningún tratamento.

Esta situación pódese extrapolar, con toda seguridade, a outras zonas de Galicia onde as adicións de materia orgánica tradicionais non foron substituídas por outro adubo orgánico. Como exemplo pódense poñer os resultados recentes dun estudio feito nas terras de cultivo do Concello de Caldas de Reis[4] onde os niveis medios de

ADEGA CADERNOS

materia orgánica actuais (3,45%) se comparan cos dun estudio do ano 1964 (4,56 %) e os doutro de 1958 (6,24 %). Obsérvase que a diminución é aínda porcentualmente maís importante que a determinada no estudio da Misión Biolóxica. Non sería aventurado supoñer, polo tanto, que os déficits contabilizados no Cadro 7.1 que foron obtidos a partir de mostras recollidas no campo hai máis de vintecinco anos representen unha situación sensibelmente mellor á que con toda probabilidade terán hoxe en día, xa que a oxidación da materia orgánica seguiría progresando ao longo dese tempo e diminuíndo aínda máis o seu nivel no solo.

Figura 7.2. Área que ocupan os solos de cultivo da provincia de Ourense segundo o seu contido en materia orgánica.

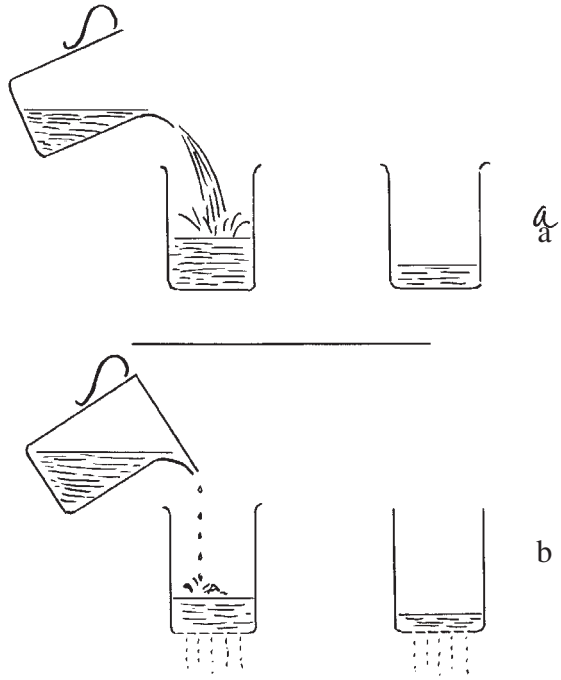


Figura 7.3. Símil para entender o papel da oxidación da materia orgánica no cálculo das necesidades que ten un solo para poder conseguir un determinado nivel ou porcentaxe dela: a) sen oxidación, b) con oxidación.

ADEGA CADERNOS

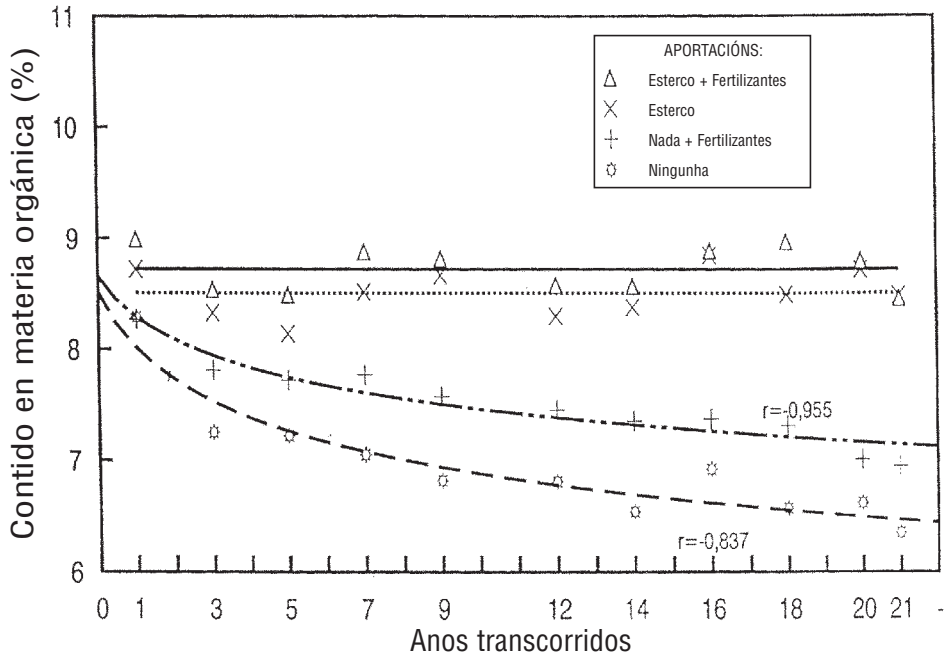


Figura 7.4. Experiencia da Misión Biolóxica de Galicia na que se mostra a evolución da materia orgánica en solos que recibiron diferentes tipos de adubos[3].

Unha estimación das cantidades de materia orgánica que lle habería que engadir ao solo para compensalo déficit inicial a máis da que se oxida co tempo realizouse a partir dos datos da experiencia da Misión Biolóxica. Co seu axuste a unha cinética de primeira orde calculouse a constante de oxidación correspondente e partir dela púidose estimar a evolución da materia orgánica de tres solos con diferentes contidos de materia orgánica (1, 3 e 5%). Determinouse a cantidade de adubo orgánico que lle habería que engadir a cada solo para que ao remate de 50 anos se conseguira un nivel do 6%, obténdose as cantidades de 40, 30 e 20 tn/ha e ano (figura 7.6). Evidentemente é unha hipótese moi conservadora pois probabelmente o horizonte de tempo dos 50 anos e longo de máis. Outros horizontes, como podería ser o dos 25 anos, darían lugar a cantidades anuais de adubo orgánico moito máis importantes. A partir de cálculos coma este é de onde se poderían deducir as necesidades

Figura 7.5. Aplicación de compost nas terras do Morrazo.

ADEGA CADERNOS

reais en materia orgánica dos solos de cultivo galegos, que serían, loxicamente, bastante máis importante que as que recolle o Cadro 7.1.

Semella evidente que os solos galegos, pese o que se ten dito deles, teñen necesidades en materia orgánica cando se destinan a cultivo intensivo e non se lles engade o adubo orgánico que precisan. E esta situación está bastante máis xeneralizada do que se pensaba nun principio. ¿Que se pode facer entón diante dela? En primeiro lugar se se pode dispor de gando no contorno das explotacións, botar man del pois é o mellor adubo que se lle pode botar ás terras (aínda que coidando sempre os problemas ambientais os que poden dar orixe). Se non é ese o caso, o compost podería ser un bo substituto sempre que se elabore co rigor que se precisa . A rendibilidade económica desta práctica discútese moito, aínda que habería que concretar en que contexto socioeconómico se fai a avaliación económica. Se é a da economía clásica onde o valor do producto defínese fundamentalmente polo seu prezo nun mercado e moi probable que o seu resultado sexa negativo. Se se fai noutro contexto, de horizontes económicos máis abertos, como resultan das novas formulacións da chamada "economía ambiental" ou "ecolóxica"[5] o valor do producto xa non ven só decidido polos prezos dun mercado se non que outras funcións, como pode ser por exemplo a de sumidoiro entrarían a formar parte da súa valoración. E neste outro caso o resultado podería ser ben diferente.

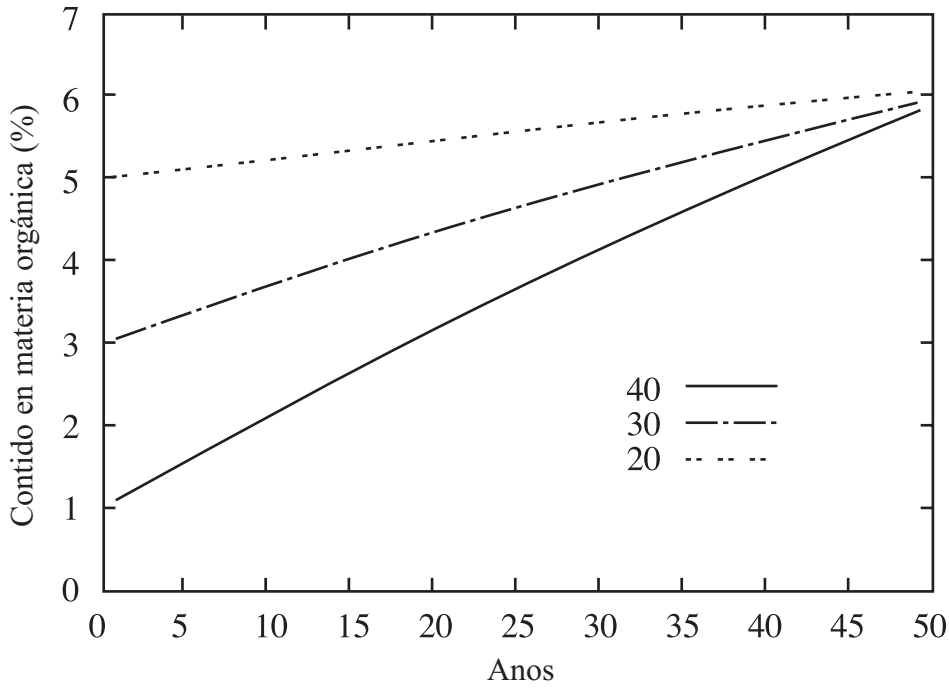


Figura 7.6. Simulación da evolución do contido en materia orgánica do solo para chegar ao valor do 6% ao cabo de 50 anos, segundo diferentes adicións de adubo orgánico de 20, 30 e 40 tn/ha.ano.

7.5. BIBLIOGRAFÍA

1. Muñoz Taboadela, M., Guitián, F. e Fábregas, R. "Estudio Agrobiológico de la Provincia de La Coruña. C.S.I.C. Santiago, 1967.
2. Sanchez, B. e Diós, X. "Los suelos de cultivo de la provincia de Pontevedra." C.S.I.C., Pontevedra. 1987
3. Sanchez, B. E Diós, X. "Los suelos de cultivo de la provincia de Orense". C.S.I.C. Pontevedra, 1995.
4. Domínguez, M., Bernal, J., Arias, M. e Díaz-Fierros, F. Biological soil degradation due to decrease of use in organic fertilisers in Galicia (NW of Spain). 3th Congress. E.S.S.C. Valencia, 1999.
5. Pillet, G. "Economía Ecológica. Introduçao á Economía do Ambiente e Recursos Naturais. Instituto Piaget. 1997

8. OBRADOIROS DE EDUCACIÓN AMBIENTAL: O COMPOST NA CASA E NA ESCOLA

Grupo de E.A. de ADEGA

8.1. INTRODUCCIÓN

Adega oferta unha serie de actividades de educación ambiental a centros de ensino primario e secundario de toda Galiza. A relación destas actividades pode verse no cadro 8.1, e entre elas destacan aquelas relacionadas co lixo, incluído un obradoiro de compostaxe. Estas actividades contaron coa colaboración activa do profesorado de numerosos centros nos que xa se realizaron, que na maioría dos casos tiña tratado estes temas ou ía facer un seguimento dos mesmos.

Tamén se realizaron algunhas campañas de educación ambiental en barrios e asociacións culturais e veciñais, sobre todo obradoiros de reciclaxe de papel e de xoguetes de refugallo, así como xogos de rol e murais.

Figura 8.1. O grupo Oureol (Obradoiro Ambiental Oureol) elaborou un material orixinal, na forma de banda deseñada que se presenta por *televisión,* para divulgar o uso do compost. A súa utilización é moi sinxela, dura uns dez minutos, e todas as persoas interesadas poden pedilo á Federación Ecoloxista Galega (FEG).

8.2. OBXECTIVOS E METODOLOXÍAS DOS OBRADOIROS RELACIONADOS CO LIXO

8.2.1. Obradoiro de fabricación manual de papel reciclado

A) Obxectivos:

- Fabricar papel reciclado

Cadro 8.1
ACTIVIDADES DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DE ADEGA

1. Obradoiro de consumo responsábel e os 3R: reducción, reutilización e reciclaxe
2. Obradoiro de fabricación manual de papel reciclado
3. Obradoiro de fabricación de xoguetes con materiais de refugallo
4. Elaboración de compost
5. Ecoauditoría: elaboración dun plan de reciclaxe no centro
6. Actividades sobre a importancia da auga
7. Elaboración artesanal de diaporamas de temática ambiental
8. Actividades na natureza:
   a) Saídas de recoñecemento de árbores e elaboración de herbario
   b) Visitas guiadas a: vertedoiros, depuradoras de auga, industrias, ecosistemas fluviais, centros comerciais,...
   c) Elaboración de mapas de "puntos negros" próximos ao centro educativo ou ao barrio
   d) Roteiros ecolóxicos
   e) Elaboración de viveiros e plantación de árbores
9. Conferencias, vídeos e diaporamas sobre temas diversos: a auga e os ríos en Galicia, bosque autóctono, incendios, o lixo, contaminación atmosférica, enerxías alternativas, transporte, agroecoloxía, problemática ambiental na Galiza (os inimigos da natureza)...

-Sensibilizar aos/ás xoves en relación co respecto ao medio ambiente:

- Importancia dos tres R
- Uso do papel reciclado
- Problemática do lixo e a súa repercusión sobre a saúde
- Importancia do aforro enerxético
- A relevancia das actitudes individuais de cara á conservación do medio.

B) Materiais: Papel usado, cribos, trapos, bañeiras, pinzas, etc.

C) Duración aproximada: Dúas horas.

D) Desenvolvemento do obradoiro: O día anterior córtase o papel usado en anacos pequenos, e déixase en auga para facer a pasta coa que se elaborarán ao día seguinte os distintos materiais: folios, tarxetas, etc.

8.2.2. Obradoiro de fabricación de xoguetes con material de refugallo

A) Obxectivos:

- Que os rapaces e rapazas entendan a importancia de descubrir novos usos para os obxectos que normalmente van ao lixo
- Que comprendan a necesidade de reducir o consumo en xeral e de embalaxes en particular
- Que valoren a necesidade de aproveitar mellor os recursos intercambiando e reutilizando materiais fóra de uso
- Que comprendan a importancia dos procesos de reciclaxe na sociedade actual
- Que elaboren alternativas para evitar ou reducir o consumo de recursos non renovabeis para a reutilización dos mesmos

B) Materiais: Cartulinas, folios, cortiza, cola, botóns, fíos, residuos procedentes dos fogares.

C) Duración aproximada: Dúas sesións de unha hora como mínimo.

D) Desenvolvemento do obradoiro: O día anterior á primeira sesión o/a profesor/a avisa ao alumnado que cada quen traia obxectos ou material considerado inservíbel na súa casa, envolto de maneira que non se vexa o seu contido. Na primeira sesión búscanse usos alternativos aos obxectos individualmente e posta en común. Na segunda, construirase en grupos un obxecto, aparato, collage, ou deseño creativo a partires dos obxectos de refugallo.

8.2.3. Obradoiro de Consumo

A) Obxectivos:

- Análise da bolsa do lixo:
  - Coñecer a cantidade e composición do lixo que producimos nas nosas casas
  - Tratamento actual dos diferentes compoñentes e as súas alternativas
  - Incidir nos tres R
- Enquisa consumo responsable:
  - Reflexión sobre o consumo responsable
  - Minimización do consumo de recursos non renovabeis
  - Sociedade de consumo, comercio xusto e solidario.

B) Duración aproximada: 1h. 30min.

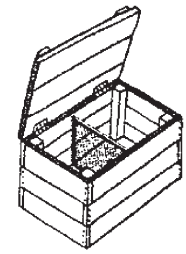
C) Materiais: unha bolsa de lixo por cada catro persoas, tesoiras, guantes de látex, mascariñas, báscula.

D) Desenvolvemento do obradoiro: Avisados da necesidade dunha bolsa de lixo para cada grupo de traballo, procédese á análise do seu contido; separación dos compoñentes e tratamento dos resultados. Contestarase a enquisa e farase unha valoración dos resultados.

8.2.4. Obradoiro de fabricación artesanal de compost

A) Obxectivos:

- Elaboración de compost caseiro ou a pequena escala (autocompostaxe)
- Necesidade da recollida selectiva en orixe dos residuos sólidos urbanos
- Revalorización do compoñente maioritario do lixo: a materia orgánica
- Utilidade do compost na agricultura, horta, xardinería, repoboacións, etc.



B) Duración aproximada: 1 hora.

C) Material: levar materia orgánica, previamente separada do lixo (restos de alimentos e de cociña, e restos de xardinería).

D) Desenvolvemento: Despois de elixir o lugar máis axeitado para o emprazamento da pila de compostaxe, estudiaranse as condicións necesarias para unha boa fermentación e comezarase a colocación do material a compostar. Ensínase a construír un composteiro caseiro.

8.3. O COMPOST NA CASA E NA ESCOLA

En diferentes capítulos deste caderno abórdanse os principios da compostaxe e a descrición do proceso e das tecnoloxías. Aquí faremos repaso dalgunhas cuestións principais para poder realizar correctamente o compost na nosa casa, no colexio ou na urbanización. As persoas interesadas en afondar poden dirixirse a ADEGA para solicitar máis información e asesoramento.

8.3.1. O composteiro ou a pila de compost

Hai composteiros comerciais de pequeno tamaño, axeitados para unha vivenda e que se poden instalar incluso na terraza. Porén, o mellor é ter o composteiro no xardín ou na horta, nunha zona protexida do sol directo. Neste caso podemos construírmos o noso composteiro en madeira, ou empregar calquera outro tipo de material (unha malla plástica ou metálica...) para conter o compost e darlle a forma necesaria ao montón. Pode empregarse algún tipo de lona ou capa para protexelo das choivas fortes.

8.3.2. Materiais que se utilizan para o compost

Calquera material de tipo orgánico e natural, non contaminado con substancias químicas, pode utilizarse para elaborar compost. Os restos de preparar as comidas, o esterco animal, os restos de plantas da casa ou do xardín, así como os restos forestais e de podas pódense combinar de forma adecuada para elaborar compost. Os restos da cociña, herba, follas e o esterco animal aportan humidade e nitróxeno, mentres que as podas, o material leñoso ou arbustivo e as serraduras aportan carbono, menos humidade, e danlle a pila de compost a estructura necesaria para que entre o osíxeno necesario para a fermentación. É conveniente picar o material leñoso, ata anacos de menos de dez centímetros.

COLOCACIÓN DOS DIFERENTES MATERIAIS NA MOREA DE COMPOST

Cando se fai compost en pequena escala (moreas de menos de 1 m3), é mellor non engadir os excrementos de animais (a depuración pode non ser suficiente), e tampouco restos de peixe en grandes cantidades, pois estes causan mal olor moi rapidamente, se non se mesturan co resto do material de forma efectiva. Nunca se deben engadir residuos que podan contaminar o compost: restos de plantas tratados con herbicidas, papel impreso, material non orgánico...

8.3.3. Preparación da pila ou morea

Colocamos o material en capas de ata 20 cm, primeiro unha de material seco ou estructurante, despois outra de restos de cociña ou herba, e así sucesivamente, deixando por arriba sempre unha capa de residuos secos. Nos composteiros máis pequenos non é preciso voltear, e tampouco nas moreas algo máis grandes cando o material se vai engadindo dia a dia. No caso de preparar unha morea grande nun mesmo dia, compre volteala ao cabo dunha semana, e despois cada quince días durante dous meses. O compost pode considerarse feito entre os tres e os seis meses.

8.3.4. Condicións necesarias para unha boa fermentación

As principais condicións están relacionadas coa aireación, a humidade e a composición. Se o compost cheira mal, pode deberse a falta de osíxeno, e hai que voltear o compost. En relación coa humidade: O material debe permanecer húmido durante o proceso de compostaxe: ao coller unha manchea e apertar debe mollar a man pero non gotear (humidade axeitada). Cando hai demasiada humidade, o osíxeno circula con dificultade, polo que poden aparecer cheiros. A solución está en engadir material seco e de maior tamaño ou estructura, así como voltear a morea de compost. Cando falta humidade, abondará con regar lixeiramente.

Han de utilizarse cantidades equilibradas dos diferentes tipos de compost, mesturando unha parte de material húmido con outra parte igual ou maior de material seco. Desta forma acádase unha estructura e unha relación carbono-nitróxeno axeitadas. Cando se percibe olor a amoníaco, é que temos exceso de material proteico. A combinación dos restos da cociña con cantidades similares ou maiores de restos de xardín e podas ofrece resultados adecuados.

Xurde algunha variante deste sistema, que consiste en definir un quinto contedor, no que se recollerían os envases lixeiros (metais, *briks,* plásticos), sería o programado por Allariz e en algún outro concello.

Ante o incremento de custes de recollida que supón, esta variante non está suficientemente xustificada, xa que non evita que os envases lixeiros teñan que clasificarse na planta de tratamento.

4.2.3. Modelo que non permite a reciclaxe da materia orgánica

Este sistema é basicamente o promovido por SOGAMA, e móstrase na figura 4.2. Pon o acento fundamental na recollida en contedor multimaterial dos envases lixeiros (13% do total do lixo), mentres que a materia orgánica (55%) recóllea mesturada (contedor multilateral), facendo inviábel o seu aproveitamento, polo que se deben destina á eliminación en vertedoiro ou por incineración.

Por outra banda, o ratio de contedores monomaterial de vidro e papel previsto está entorno a 1 por cada mil habitantes.

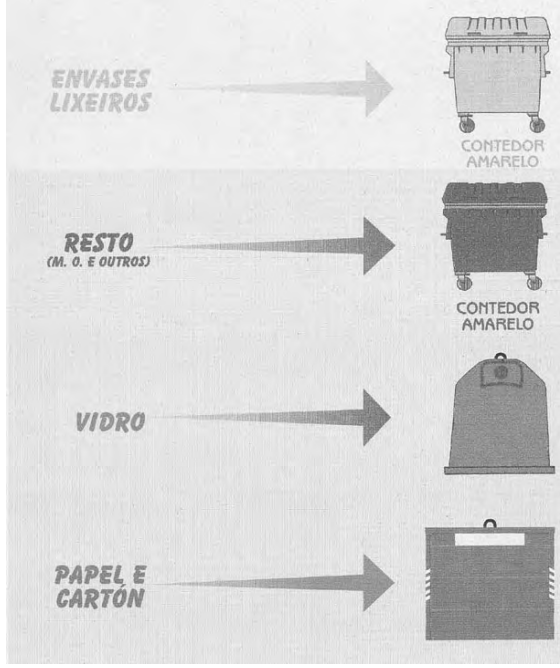


Figura 4.2. Modelo de recollida selectiva de SOGAMA.

4.3. AVALIACIÓN DOS MODELOS NA PRÁCTICA

Na táboa 4.3 detállanse os índices de avaliación da recollida selectiva en Córdoba, no barrio da Fuensanta–Santuario, de 30.000 habitantes, un ano despois do seu inicio.

Táboa 4.3. Índices de avaliación da recollida selectiva en Fuensanta–Santuario (Córdoba)

Índice de captura de materia orgánica	93,60%
Índice de captura de papel	47,70%
Índice de captura de vidro	43,89%
Índice de captura de plástico	37,72%
Índice de captura doutros (téxtil, metal, etc,)	55,03%
Índice de recuperación	75,77%
Porcentaxe de erro	24,33%

ADEGA CADERNOS