

PROXECTO “CENTRO UNIVERSITARIO DE COMPOSTAXE”

Universidade da Coruña (UDC)

Marcos Vázquez¹, Ramón Plana² e Manuel Soto¹

¹ Dept. Química Física e Enxeñaría Química I. Universidade da Coruña. Rúa da Fraga nº 10, 15008 A Coruña

² Consultor en Tratamentos Biolóxicos de Residuos

Informe Final (decembro 2011)

Resumen: Nos campus da UDC sérvense uns 20.000 menús cada semana, ademais de tapas e bocadillos, nos 17 servizos de bar-cafetería-comedor. A xeración de residuos orgánicos de comedor universitario (ROCU) pode variar entre os 6 e os 50 kg/d de media, para cada un dos centros. Por outra banda, os servizos de xardinería do campus xeran cantidades aínda superiores de restos vexetais, incluíndo restos de podas que poden servir como estruturante para o proceso de compostaxe.

O presente proxecto ten como obxectivo o deseño dunhas instalacións (mini-instalacións) acaídas á escala de cada un dos servizos de cafetería-comedor e a implicación de toda a comunidade universitaria afectada. Para isto considerouse necesario desenvolver unha tecnoloxía axeitada ás necesidades do ámbito da UDC que sexa viábel desde os diferentes puntos de vista loxístico, económico e ambiental. Nesta experiencia optouse pola compostaxe descentralizada, dispoñendo de pequenos composteiros estáticos de tipo doméstico para os centros de menor xeración (até 20 kg ROCU/d), incluíndo unha primeira etapa nun composteiro dinámico para os centros de maior xeración (até os 100 kg ROCU/d).

O proxecto levouse a cabo en dous centros da UDC, a Facultade de Filoloxía e a Escola Técnica Superior de Arquitectura, nos que se tratou a totalidade dos residuos orgánicos desde decembro de 2010 a xullo de 2011. No primeiro caso, a fase termofílica esténdese ao longo de 3-4 meses, mentres que no segundo caso o composteiro dinámico reduce este tempo a 5-6 semanas. Desta forma, a maduración completa (clase V) acádase tras uns 4 meses en composteiros estáticos e tras 2 meses no caso de empregar o composteiro mecanizado como primeira etapa. A calidade química do compost producido é compatíbel co seu uso en agricultura ecolóxica.

1. INTRODUCCIÓN

O desafío da sustentabilidade ambiental fai que os procesos biolóxicos de tratamento, estabilización e transformación de residuos orgánicos teñan cada vez máis aceptación, xa que son necesarios para o aproveitamento deste tipo de recursos.

A elaboración de compost de calidade a partir de residuos orgánicos recollidos de forma selectiva é un obxectivo importante da xestión sustentábel dos residuos e da conservación dos solos. A engádegas de materia orgánica aos solos favorece a fertilidade, almacena carbono, limita a incidencia das enchentes ao favorecer unha mellor retención de auga nos solos, reduce a erosión e facilita as tarefas agrícolas ao permitir un mellor control dos patóxenos. É un aspecto moi importante a ter en conta nas estratexias de loita contra o cambio climático, maiormente pola retención directa de carbono orgánico nos solos, pero tamén polo aforro enerxético derivado da redución do

consumo de fertilizantes químicos e pesticidas. A compostaxe na pequena escala, alí onde se xeran os residuos (na vivenda, no barrio, na pequena instalación, ou na granxa) evita a maior parte dos gastos en transporte e reduce o consumo de combustíbeis fósiles na xestión de residuos.

O compost, como produto da compostaxe, é materia orgánica que foi estabilizada até transformarse nun produto parecido ás substancias húmicas do solo. O compost maduro é, por tanto, estable, hixiénico e semellante ao humus da fraga, e pódese empregar como fertilizante natural, en substitución dos químicos. Está libre de patóxenos e de sementes de malas herbas, non atrae insectos nin outros vectores de enfermidades. Pode ser almacenado e manexado sen ocasionar molestias, e é beneficioso para o solo e o crecemento das plantas. Noutros casos, o compost fresco, parcialmente estabilizado, tamén pode ter importantes aplicacións agrícolas e ambientais.

A redución do vertido de materia orgánica é outro dos obxectivos importantes da actual xestión do lixo (Directiva sobre vertedoiros). Isto débese a que reducindo a entrada de residuos orgánicos aos vertedoiros evítase de raíz a xeración de gases e lixiviados contaminantes. A retirada do papel e cartón e dos residuos da cociña son os factores que máis contribúen a isto.

Os galegos e galegas xeramos aproximadamente 1 quilogramo de lixo por persoa e día nos nosos fogares, onde algo máis da metade dos residuos que producimos a diario son restos orgánicos (sobre un 50%, Figura 1), que inclúe residuos procedentes de limpeza das hortalizas e restos de comida e de plantas da casa ou do xardín. Estes residuos domésticos son a fracción máis abundosa do lixo e a maioría das veces rematan en vertedoiros ou incinéranse, provocando unha forte contaminación. No lugar disto, podemos converter a materia orgánica en compost, un fertilizante moi bo para as terras: para volver producir verduras na nosa horta ou para o xardín.

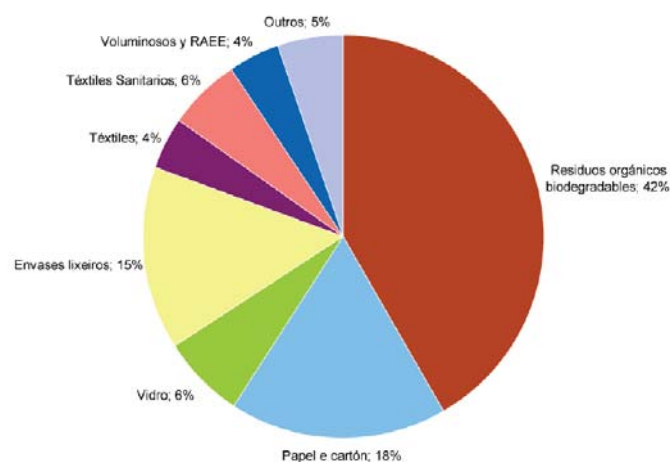


Figura 1. Composición media dos RU na Galiza en 2009 (PXRUG 2010-2020)

A compostaxe aerobia é un proceso natural, que levan a cabo fungos, bacterias e outros micro e macro organismos existentes nos propios residuos e no medio natural, aos que unicamente hai que proporcionarlle unhas condicións ambientais idóneas, principalmente humidade e aireación, que optimizan o proceso de transformación.

A compostaxe permite:

- Reducir peso, volume e reactividade dos residuos orgánicos.
- Lograr que un substrato moi heteroxéneo experimente unha transformación da materia orgánica máis biodegradábel, liberando CO₂, H₂O, elementos minerais e enerxía.
- Obter finalmente a fracción orgánica máis estábel e hixienizada, que recibe o nome de compost.

Na actualidade estase consolidando a aplicación destes novos marcos normativos para a xestión de residuos orgánicos mediante procesos de biotransformación, entre os que se atopan fundamentalmente:

- Procesos aerobios de compostaxe.
- Biometanización anaerobia.

No caso dos residuos urbanos, a fracción orgánica (FORU) debe ser recollida separadamente cando se pretende obter un produto de calidade. Ademais, vai ter interese a cantidade porcentual dos residuos orgánicos que son capturados polos sistemas de recollida selectiva e compostaxe. Este aspecto é un elemento de grande importancia en calquera modelo de recollida selectiva, e polo menos, debe ser tomado en consideración nos programas de compostaxe.

1.1. A compostaxe na pequena escala: compostaxe *in situ*

Por outra banda, a calidade dun compost pode depender en primeiro lugar da calidade das materias primas de partida (e por tanto dos procesos de recollida selectiva), pero tamén vai depender das condicións de aplicación do proceso de compostaxe e, en menor medida, da tecnoloxía empregada. A calidade dos compost obtidos en sistemas de compostaxe doméstica ten recibido pouca atención, a pesar de que é unha alternativa que mostra unha elevada potencialidade, tanto en Galiza como en outros moitos ámbitos e países.

A compostaxe descentralizada dos residuos orgánicos, sexa a nivel da vivenda (compostaxe doméstica) ou de pequenos centros e granxas (compostaxe comunitaria ou a pequena escala), preséntase como un factor importante para a redución das necesidades de transporte do lixo, do que se derivan importantes beneficios tanto ambientais como de aforro económico en canto a custos de xestión. Por outra banda, estamos diante dunha alternativa que permite a creación de emprego local, xa que se pode realizar con equipamentos e ferramentas propias da agricultura e a xardinería tradicional, converténdose nun factor de interese para a fixación de poboación nas áreas rurais. A modo de exemplo, tense estimado que se crea un emprego por cada 800 toneladas de residuos orgánicos xestionadas por compostaxe en Austria, país no que existen máis de medio millar de plantas de compostaxe de capacidade media e pequena; unha situación similar, aínda que incipiente, estase a dar xa hoxe en Cataluña.

1.2. Os residuos orgánicos na UDC

Nos campus da UDC sérvense uns 20.000 menús cada semana, ademais de tapas e bocadillos, nos 17 servizos de bar-cafetaría-comedor cos que conta na actualidade esta universidade. Destes servizos, 11 atópanse situados en Elviña-A Zapateira, nun radio inferior a 1 km, e reúnen aproximadamente o 80% do servizo total.

Un estudo de estimación mediante enquisas permitiu obter a información recollida nas Táboas 1 e 2 (Plana, 2009). Estes datos indícanos que a xeración de residuos orgánicos de comedor universitario (ROCU) en cada un dos centros pode variar entre os 6 e os 50 kg/d de media, se ben algúns días a semana poderían alcanzarse os 100 kg nun único centro. Desta forma, xéranse en Elviña-A Zapateira uns 1500 kg de residuos orgánicos cada semana, segundo estimacións do ano 2009.

Táboa 1.- Análise dos datos das enquisas recibidas das cafeterías e comedores do campus da Zapateira.

CAMPUS A ZAPATEIRA	E. Técn. Superior Arquitectura	EU. Arquitectura técnica	Fac. Ciencias	Filoloxía	TOTAL
Comidas semanais	465	595	330	140	1.530
Materia prima fresca (kg·semán ⁻¹)	263,8	175,0	125,0	19,1	583
Materia prima fresca pelada limpa (kg·semán ⁻¹)	0,0	150,0	94,7	47,6	292
Materia prima precociñada (kg·semán ⁻¹)	87,9	125,0	29,8	38,1	281
Total (kg·semán ⁻¹)	351,7	450,0	249,6	105,9	1.157
Residuo Mat. prima fresca (kg·semán ⁻¹)	118,7	78,8	56,2	8,6	262
Residuo Mat. prima fresca pelada limpa (kg·semán ⁻¹)	0,0	45,0	28,4	14,3	88
Residuo Mat. prima precociñada (kg·semán ⁻¹)	22,0	31,3	7,4	9,5	70
Residuo Total (kg·semán ⁻¹)	140,7	155,0	92,1	32,4	420

Táboa 2.- Análise dos datos das enquisas recibidas das cafeterías e comedores do campus de Elviña.

CAMPUS ELVIÑA	CC. Educación	CC. Económicas	ETS. Camiños	Informática	Comedor Central	TOTAL
Comidas semanais	585	1.010	300	275	920	3.090
Materia prima fresca (kg-semán ⁻¹)	221,6	152,8	170,2	187,2	348,4	1.080
Materia prima fresca pelada limpa (kg-semán ⁻¹)	167,9	611,1	56,7	0,0	264,1	1.100
Materia prima precociñada (kg-semán ⁻¹)	52,7	0,0	0,0	20,8	82,9	156
Total (kg-semán ⁻¹)	442,4	763,9	226,9	208,0	695,8	2.337
Residuo Mat. prima fresca (kg-semán ⁻¹)	99,7	68,7	76,6	84,2	156,8	486
Residuo Mat. prima fresca pelada limpa (kg-semán ⁻¹)	50,4	183,3	17,0	0,0	79,2	330
Residuo Mat. prima precociñada (kg-semán ⁻¹)	13,2	0,0	0,0	5,2	20,7	39
Residuo Total (kg-semán ⁻¹)	163,3	252,1	93,6	89,4	256,8	855

As necesidades de material estruturante para a compostaxe destes residuos, pola súa banda, estimáronse entre 50 e 500 L semanais, dependendo da cantidade de residuos xerados no centro. En conxunto, para Elviña-A Zapateira estimouse que poderían ser necesarios 2 m³ semanais de triturado vexetal como material estruturante. Se ben non se dispón de datos de xeración deste tipo de residuos no campus, estímase que o mantemento das zonas axardinadas e da área do Monte da Fraga podería subministrarlle sen problemas esta cantidade.

2. OBXECTIVOS E METODOLOXÍA

2.1. Obxectivos

Nos servizos de restauración da UDC realízase a separación dos residuos orgánicos para facilitar o tratamento de residuos na planta de Nostián, aínda que a calidade da separación, como no conxunto da comarca, segue a ser deficiente. A baixa colaboración cidadá e outras dificultades coas que se encontrou a xestión de residuos en A Coruña, en relación cos obxectivos de reciclaxe e compostaxe de Nostián, non están a fomentar o compromiso e o interese das entidades e persoas usuarias destes servizos, sexan as empresas concesionarias ou os propios clientes: a comunidade universitaria.

O proceso de compostaxe, para acadar un resultado óptimo, ten como dificultade o feito de requirir unha alta participación e calidade na separación en orixe, mais tamén ten a vantaxe que se deriva dun elevado potencial para adaptarse ás pequenas escalas, a solucións de proximidade en que é máis factíbel procurar ese compromiso e calidade na separación en orixe. O presente proxecto busca explotar ese potencial, deseñando unhas instalacións (mini-instalacións) acaídas á escala de cada un dos servizos de cafetería-comedor e unhas actuacións que garantan a implicación de toda a comunidade universitaria afectada, desde o sector dos servizos externos até os propios universitarios e universitarias.

A realización deste proxecto buscou os seguintes beneficios:

- a) Acadar o tratamento ecolóxico e sustentábel destes residuos dentro do ámbito de actuación
- b) Dotármonos dunha experiencia positiva no ámbito da participación cidadá, colectiva e individual, para a resolución dun problema de residuos, en particular para unha recollida selectiva de calidade
- c) Transmitir ao conxunto da sociedade a viabilidade dunha opción de xestión ecolóxica dos residuos que favoreza, á súa vez, unha percepción positiva das plantas de xestión de residuos, sexa a de Nostián ou as doutras zonas do país.

O último aspecto acadarase tanto de forma directa a través do elevado número de persoas directamente implicadas, como de forma indirecta a través dos materiais e accións divulgativos, e os medios de comunicación. Ha de terse en conta que no Campus de Elviña-A Zapateira estudan e traballan nos centros da UDC unhas 17.000 persoas. Ademais, o proxecto considera esencial a compoñente divulgativa. Como complemento do mesmo, a OMA-UDC promoverá o emprego do compost nun horto ecolóxico xa en funcionamento neste campus da UDC.

2.2. Identificación dos axentes implicados e tarefas a realizar

Aínda que a compostaxe pode levarse a cabo cunha tecnoloxía sinxela, a realización dun proceso destas características require a participación de diferentes axentes implicados na cadea de xeración e xestión de diversos residuos. Desta forma, identifícanse os seguintes axentes e tarefas a realizar:

- ***Oficina de Medio Ambiente da UDC (OMA-UDC)***, da Vicerreitoría de Infraestruturas e Xestión Ambiental, que se responsabiliza da organización e coordinación xeral do proxecto, e da divulgación dos resultados.

- ***Comedor da Escola Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) e da Facultade de Filoloxía***. O persoal destes servizos encargaranse da separación dos residuos orgánicos da cociña e comedor e o seu traslado até a área de compostaxe (e no futuro tamén da carga no compostador). Ademais, deberá acadarse a colaboración das persoas clientes na separación de residuos en pratos e bandexas do comedor.

- ***Servizo de xardinería da UDC***. Responsabilizarse do subministro de material estruturante (fracción vexetal: FV), debidamente triturado, e do traslado do compost fresco até a área de maduración no Monte da Fraga.

- ***Consultor Ramón Plana***. O consultor en tratamentos biolóxicos de residuos orgánicos Ramón Plana encárgase das tarefas de deseño, construción e posta en marcha do compostador mecanizado (Figura 2). Achegará así mesmo asesoramento técnico en xeral. Este compostador

mecanizado (Campusteiro, en adiante) situarase ao pé da ETSA. Consiste nun cilindro rotatorio mecanizado, 1 m de diámetro e 2 m de lonxitude, e diferentes elementos segundo se describe máis adiante.



Figura 2. Composteiro dinámico “Campusteiro” no taller de construción. Deseño e supervisión de Ramón Compost.

- **Grupo de investigación Enxeñaría Química e Ambiental (EnQA).** Responsabilízase da formación dun mestre compostador e prestará asesoramento científico-técnico así como diversos servizos analíticos de seguimento do proceso.

- **Servizo de Arquitectura e Urbanismo (SAU) da UDC,** da Vicerreitoría de Infraestruturas e Xestión Ambiental, que se responsabiliza da Integración paisaxística da instalación e do acondicionamento do sitio e das infraestruturas necesarias.

O composteiro dinámico situarase nas proximidades da Escola Técnica Superior de Arquitectura, para facilitar o transporte directo do residuo orgánico polo persoal da cafetería deste centro. Realizarase o acondicionamento do lugar e a adaptación e integración paisaxística da instalación, para o que se contará con elementos explicativos –divulgativos do mesmo.

O mestre compostador realizará como mínimo 2 visitas semanais á instalación para supervisar e facer seguimento do proceso. Durante a experiencia piloto de posta en marcha (6 meses) realizouse a visita diaria, co obxectivo de gañar información científico-técnica sobre a marcha do proceso. Coa dirección do grupo de investigación e de Ramón Plana, encargarase da corrección de parámetros e de acordar os cambios necesarios cos restantes axentes que interveñen no proceso. Así mesmo, xestionará a

existencia de material estruturante de características axeitadas, realizará a descarga do compost e encargarse da preparación da pila ou composteiros de maduración.

Por outra banda, estudarase tamén a compostaxe de residuos de comedor en composteiros de tipo doméstico, para o que se seleccionou o comedor da facultade de Filoloxía, pola reducida cantidade de residuos que se xeran neste centro. Estímase que neste caso pode ser suficiente o emprego deste tipo de composteiros, o que reduce fortemente o investimento a realizar.

O grupo de investigación responsabilízase da obtención de información científico-técnica para avaliar co detalle necesario a marcha do proxecto e a consecución de obxectivos. Entre outras, as tarefas a realizar son a formación do mestre composteiro e o asesoramento ao mesmo, a definición de rutinas operativas, tanto no relativo á recollida separada como ás condicións de proceso e o seguimento do mesmo, a determinación da calidade das materias primas empregadas (calidade da recollida selectiva, etc), as condicións nas que se realiza o proceso, e a calidade do compost obtido. A experiencia acadada con este proxecto será de grande utilidade para a aplicación da compostaxe a pequena escala en moitos outros ámbitos nos que pode resultar viable.

2.3. Centros elixidos e sistema de compostaxe

O ámbito inicial para a implantación da compostaxe na UDC foi o da área de A Zapateira. A Figura 3 móstranos un mapa da zona coa localización dos centros e das principais actividades do programa de compostaxe en marcha.



Figura 3. Localización das principais actividades do programa de compostaxe na UDC

As estimacións previas para os dous centros nos que hai instalados sistemas para o tratamento dos residuos orgánicos; Facultade de Filoloxía e Escola Técnica Superior de Arquitectura, amosaron as seguintes cifras de xeración de residuos (Táboa 1):

- Na Facultade de Filoloxía: 6,5 kg/d de residuo orgánico.
- Na Escola Técnica Superior de Arquitectura: 28,1 kg/d de residuo orgánico.

Os sistemas de compostaxe propostos para estes dous centros foron os seguintes:

1. Facultade de Filoloxía. Neste centro instaláronse unha serie de composteiros tipo doméstico de 320 litros de capacidade, contando coa posibilidade de instalación dun composteiro de maior tamaño, de 1050 litros, para a maduración final en vermicompostaxe. O esquema do proceso móstrase na Figura 4.



Figura 4. Esquema do proceso de compostaxe proposto para a Facultade de Filoloxía

2. Escola Técnica Superior de Arquitectura. Neste centro instalouse un composteiro dinámico mecanizado (“campusteiro”), de maior capacidade que os domésticos, aproximadamente de 1,5 m³. O compost obtido tras o paso dos residuos por este composteiro dinámico deixarase madurar nun composteiro estático de 320 litros de capacidade, e posteriormente pasará a lumbricultura noutro composteiro estático de 1050 litros (Figura 5).



Figura 5. Esquema do proceso de compostaxe na Escola Técnica Superior de Arquitectura

O obxectivo é que estas pequenas instalacións de compostaxe traten todos os residuos orgánicos xerados nas coziñas destes centros universitarios. As fraccións que se someterán á compostaxe no presente proxecto son as que se describen a continuación (Figura 6):

- i. Residuo orgánico: Son os restos de alimentos, xa sexan cocinados ou non, das dúas cafeterías onde se realizará o proxecto. As principais fraccións das que dispoñemos son mondas de laranxas, posos de café, restos de preparación de comidas e restos de comidas cocinadas.



Figura 6. Bolsa de residuo orgánico e estruturante vexetal

- ii. Residuo vexetal ou estruturante: Trátase de restos vexetais de podas e rozas trituradas, que se obteñen no propio campus da UDC ou ocasionalmente nas súas inmediacións. A empresa de xardinería é a encargada de subministrar este residuo. A función de engadir estruturante nos composteiros é dobre. Por unha banda, é un aporte de carbono ao produto final, e por outra, serve para crear un "esqueleto" interno que favoreza a aireación e osixenación da pila de compost. Evítase deste xeito que o material se compacte. En caso contrario produciríase un proceso de compostaxe anaerobia, e urxirían maos olores.

Axúntanse fotografías das diferentes áreas onde temos instalados os composteiros que se empregan neste proxecto, así como da área para a recollida de estruturante e a maduración final de parte do compost (Figura 7).



Figura 7. Áreas e instalacións empregadas neste proxecto. Lectura:

- 1. Composteiros estáticos non mecanizados de 320 litros:**
- 2. Composteiros estáticos non mecanizados de 1050 litros:**
- 3. Composteiro dinámico mecanizado de 1,5 m³:**
- 4. Área de recollida de estruturante e futura área de maduración (Monte da Fraga).**
- 5. Área de lumbricultura en Arquitectura**
- 6. Vista xeral das instalacións en Filoloxía**

Diariamente os usuarios das cafeterías das facultades de Filoloxía e Arquitectura recollerán os residuos orgánicos que se xeran nestes servizos e depositarannos ao pé dos composteiros, que están localizados a unha distancia dos respectivos servizos sempre inferior aos 50 m. Buscouse con isto que o esforzo que deben realizar as persoas usuarias do servizo de compostaxe non sexa nunca superior ao de levar os mesmos

residuos ao contedor de recollida do servizo municipal que se viña prestando. Porén, nesta fase inicial (experiencia piloto ou de investigación) temos previsto que a carga dos composteiros sexa realizada polo persoal do grupo de investigación. Unha vez implantado e normalizado o sistema, o obxectivo é que sexa o propio persoal usuario do servizo quen realice esta tarefa.

2.4. O proxecto científico

O persoal do Grupo de investigación realizará todos os días de carga dos composteiros unha inspección dos residuos en canto a calidade da recollida selectiva, e procederá á súa pesada para controlar o fluxo de entrada do material a tratar, é dicir, dos residuos e do estruturante. Encargarase así mesmo do volteo e baleirado dos composteiros e das determinación analíticas a realizar.

A) Na Facultade de Filoloxía

Empregamos composteiros pequenos de 320 litros onde se depositan os residuos, e se mesturan os mesmos con estruturante. É necesario un volteo periódico, que se fai de forma manual, e tamén se mide a temperatura á que se atopa o proceso, e a humidade, regando e volteando en caso de que sexa necesario. De forma cualitativa rexístrase a xeración de cheiros e a posíbel presenza de insectos no composteiro. De existir estes problemas tomaranse as medidas axeitadas: maior frecuencia nos volteos, engádegas de estruturante, etc. Mediranse así mesmo as concentracións de osíxeno intersticial.

O composteiro recibirá residuos até completar o seu volume. Cando isto ocorra, iniciarase a operación dun segundo composteiro que recibirá os residuos frescos. En paralelo manterase o seguimento do proceso no primeiro composteiro. Logo dun período de compostaxe inicial, cando a temperatura teña caído como mínimo ao rango mesófilo, transvasarase o material a un terceiro composteiro (de maior tamaño) para a súa maduración, que pode axudarse con miñocas (vermicompostaxe).

Recolleranse mostras tanto de compost coma dos materiais de partida (estruturante e residuo orgánico) para a realización das analíticas necesarias que nos permitan controlar e avaliar o proceso. Realizaranse así mesmo as analíticas necesarias sobre o produto final (estabilidade, metais pesados, porcentaxe de C e N, presenza de impropios, etc).

Temos desta forma un proceso en 3 etapas, como son (Figuras 4 e 5):

- a) Carga continuada do composteiro e incremento progresivo da temperatura podendo acadar fermentación termofílica
- b) Continuación da fermentación termofílica sen carga adicional de novos residuos

c) Estabilización adicional e/ou vermicompostaxe (humificación).

Un dos obxectivos desta investigación é a caracterización de cada unha destas fases determinando os tempos axeitados en función da cantidade de residuos a tratar e da capacidade dos composteiros.

B) Na Escola de Arquitectura

Empregamos como primeira etapa un composteiro mecanizado dunha capacidade de aproximadamente 1,5 m³, onde se depositan diariamente os residuos, xunto coa cantidade prevista de material estruturante. O estruturante é o mesmo que no caso anterior.

O composteiro mecanizado ou dixestor está formado por un cilindro de 1 m de diámetro e 2 m de longo (Figura 10), dotado de: sistema automático de mestura do material mediante volteo, boca de carga e descarga, preinstalación de tomas para a medida das condicións de proceso (T, pH, O₂, auga, etc), sistema de aireación con biofiltro para tratar o efluente gasoso e sistema de recollida de lixiviados. Tamén conta coa posibilidade de incluír un sistema de rega, que se podería facer con auga ou cos propios lixiviados (recirculación). Dispón dun sistema manual de elevación do dixestor, que permite controlar o grao de avance dos residuos e favorecer a súa mestura así como a súa posterior expulsión do interior.

Neste caso diariamente recolleremos datos de temperatura, osíxeno intersticial, volume de lixiviados se os hai, rexistro cualitativo de cheiros e outros aspectos de interese. Mediranse os volumes e os pesos de cada partida de residuos engadida ao campusteiro e posteriores unidades de compostaxe, así como das cantidades retiradas. O tempo de residencia estimado dos residuos dentro do dixestor é de 10-15 días, logo dos cales depositaremos a mestura nun composteiro estático non mecanizado para completar a degradación e iniciar a súa maduración. Cando a temperatura neste composteiro baixe ao rango mesofílico, o residuo destinarase a un novo composteiro de maduración que emprega miñocas para a súa humificación. O compost fresco que non poida aplicarse neste vermicomposteiro (por razóns de capacidade) transportarase á área de maduración do Monte da Fraga.

A investigación incluírá ademais os seguintes aspectos:

- i. Definir unha relación óptima entre o residuo orgánico de comedor e a fracción vexetal a engadir a modo de estruturante. As proporción inicial coa que se experimentou foi de 1:1 (residuo orgánico:estruturante en volume). Tratarase de experimentar tamén a viabilidade de relacións 2:1 e 1:2 en volume ROCU:FV.

- ii. Establecer protocolos de recollida selectiva nos comedores para garantir a calidade tipo A do compost. Eliminar calquera tipo de impropios nos materias de partida a compostar será a clave do éxito na experiencia.
- iii. Estudo da oferta de material verde no ámbito de aplicación (campus universitario) e coordinación entre as necesidades da compostaxe e o servizo de xardinería.
- iv. Determinación do grado de estabilidade do compost e o tempo de proceso para acadalo.
- v. Determinación da calidade do compost para o seu uso agrícola. Unha vez rematado o proceso de compostaxe é necesario comprobar se o compost obtido é de calidade A. As analíticas de metais pesados van ser fundamentais para establecer a calidade do produto final, onde se verá se a separación en orixe, o control dos materias de entrada e o propio proceso foi óptimo e podemos dispor dun compost da mellor calidade.

Dentro dos ensaios a realizar para o seguimento do proceso, destacan os seguintes:

1. Determinación da humidade
2. Determinación dos sólidos volátiles
3. Determinación do pH
4. Determinación da temperatura e da concentración de oxíxeno
5. Relación C/N
6. Determinación do nitróxeno total (NTK)
7. Determinación de metais pesados
8. Determinación da estabilidade biolóxica do compost, mediante:
 - Ensaio respirométrico
 - Test de autoquecemento ou Rottegrade

2.5. A compostaxe na pequena escala e os composteiros dinámicos

Cando a xeración de restos orgánicos domésticos se concentra nunha pequena zona ou actividade: zonas residenciais, hoteis, restaurantes, comedores, pequenos núcleos urbanos,... pódese traballar nunha escala de xestión superior á do autocompostaxe ou compostaxe doméstica, a compostaxe comunal. Os obxectivos principais da compostaxe comunalmente son tres:

- Redución da cantidade de residuos orgánicos que serían levados a outras opcións de tratamento como o vertedoiro ou a incineración;

- Obtención dun compost de calidade que se utilice na mesma zona onde se recolleu a materia orgánica a partir da que se xerou, minimizando a necesidade do uso de fertilizante e enriquecendo e mellorando o solo;
- A formación, concienciación e educación da poboación implicada na importancia da xestión e aproveitamento da materia orgánica e a súa relación co solo, a agricultura, a alimentación e a saúde

En España pódense atopar algúns exemplos destas instalacións en **Euskadi** e **Navarra** (Elburgo, Álava; Subiza, Navarra..., Figura 9). Son casos excepcionais en canto á calidade da materia orgánica tratada e, se o seguimento e formación dos veciños é o adecuado, en canto á calidade do compost obtido. O seu uso é determinado polo propio concello e, aínda que tamén o levan particulares, ata o momento destínase principalmente a recuperar e preparar chans para futuras zonas verdes.



Figura 9. Planta de compostaxe da localidade de Subiza (Navarra). Esquerda, vista xeral da instalación cos composteiros e a zona de provisión de restos vexetais (leñosos e non leñosos). Dereita, cartel explicativo do funcionamento da planta.

A dificultade de traballar a estas escalas e con sistemas simples é a necesidade de manter sempre as condicións correctas de proceso para previr afeccións, principalmente por causas de cheiros, e para garantir a efectividade do proceso degradativo. Isto implica adición de restos vexetais triturados, volteos periódicos, regas e mantemento da humidade,... coidados que teñen que ser especialmente intensos durante as primeiras semanas, cando as demandas do proceso son máis intensas.

Dependendo das cantidades a tratar, o emprazamento, a climatoloxía, a dispoñibilidade de espazo e persoal, etc... pódense optar por modelos de composteiros máis tecnificados que permiten, polo menos teoricamente, controlar os parámetros de proceso durante o tempo de residencia do material no seu interior. Existen no mercado algunhas opcións de composteiros de escala comunal que combinan o confinamento do material, a súa axitación e o suposto control de variables de proceso como a temperatura, a

humidade e os niveis de osíxeno. En todo caso as empresas fabricantes son estranxeiras con representantes e/ou comercializadores no país, polo que os prezos destes equipos son moi elevados. Estes composteiros combinan as vantaxes dos sistemas de compostaxe pechados (igualdade de condicións de proceso no material a compostar, maior capacidade de control de proceso, confinamento e depuración das emisións gasosas e líquidas do proceso evitando afeccións ambientais) cos sistemas de compostaxe dinámicos (redución dos posibles excesos de humidade, incremento da superficie específica de “ataque” dos microorganismos, mellor porosidade e homoxeneidade do material, colonización máis rápida do residuo polos microorganismos,...). Este tipo particular de sistemas pechados e dinámicos denomínanse como sistemas de compostaxe en tambores e coñécense desde fai anos con diferentes variacións e escalas.

Respecto dos modelos existentes no mercado, o composteiro dinámico deseñado para a UDC, denominado “campusteiro”, presenta varias diferenzas (Figuras 10 e 11):

- Sistema temporizado de ventilación da masa para garantir os niveis de osíxeno.
- Sistema de avance e mesturado do material en parafuso senfín de dobre hélice que por rascado mantén limpos os orificios de ventilación.
- Sistema de inclinación do cilindro colector para modificar os tempos de retención do material actuando sobre o cociente de avance e retorno do material.
- Captación de lixiviados e posibilidade de retorno e xestión mediante rega do material con eles.
- Posibilidade de engadir un segundo módulo para establecer unha segunda fase de proceso no mesmo equipo.
- Varios puntos de acceso ao material para medición de variables, toma de mostras, inspección, etc...

Desta forma, fórmase entre outros o obxectivo de desenvolver unha tecnoloxía axeitada ás necesidades do ámbito da UDC que sexa viábel desde os diferentes puntos de vista loxístico, económico e ambiental.



Figura 10. Aspecto do “campusteiro” instalado ao pé da ETS de Arquitectura da UDC

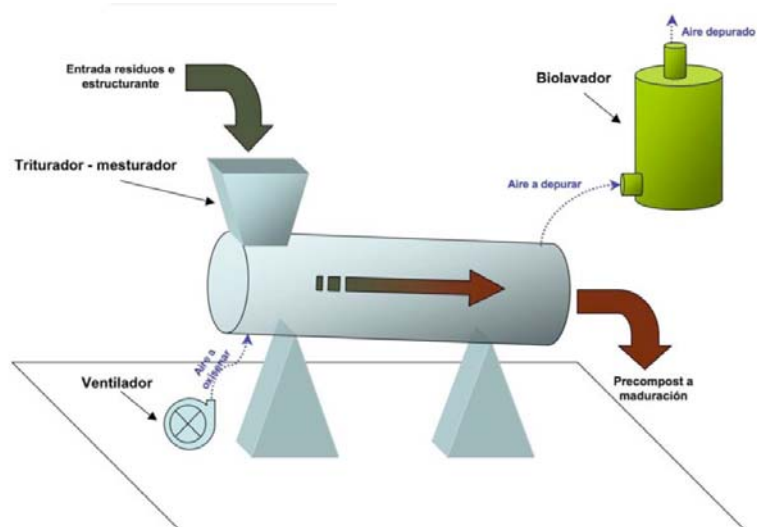


Figura 11. Esquema do “Campusteiro” e os seus elementos máis destacados

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Cantidades e características dos residuos xerados

As caracterizacións realizadas nos dous centros nos que hai instalados sistemas para o tratamento dos residuos orgánicos; Facultade de Filoloxía e Escola Técnica Superior de Arquitectura, amosaron os seguintes resultados no tocante á xeración de residuos:

- Na Facultade de Filoloxía diariamente estanse a xerar 8,0 kg de residuo orgánico (cunha desviación de $\pm 3,6$ kg), que se están a tratar integramente no propio centro.
- Na Escola Técnica Superior de Arquitectura diariamente estanse a xerar 37,1 kg de residuo orgánico (cunha desviación de $\pm 7,4$ kg), que se están a tratar na área de compostaxe instalada no propio centro.

En canto á composición, tomando en consideración o tipo de material orgánico que constitúen estes residuos, obtivéronse os seguintes datos indicados na Táboa 3. A Táboa 4 mostra o contido en determinados nutrientes, que é máis reducido no caso do material estruturante. De todas formas, o estruturante mostra unha relación C/N relativamente elevada (53) o que se debe a presenza de ramas e follas entre os restos vexetais empregados, xunto con troncos máis leñosos. Os residuos orgánicos de comedor, con relacións C/N de 14-21 precisan de emenda rica en carbono para equilibrar a relación C/N e especialmente dun material estruturante que facilite a aireación.

Táboa 3. Materiais orgánicos incluídos nos residuos orgánicos de comedores (ROCU) de diferentes centros da UDC

	Arquitectura	Ciencias	Peritos	Filoloxía
Laranxas	36,8%	0,0%	33,4%	0,0%
Café	16,7%	0,0%	16,1%	15,5%
Restos de comida	37,1%	91,1%	43,7%	84,5%
Restos de preparación (mondas de patacas, verduras,...)	9,4%	8,9%	6,9%	0,0%

Táboa 4. Elementos nutrientes en mostras de ROCU de diferentes centros da UDC

	Mg (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	K (g/kg)	N (%)	C (%)	COT (%)	C/N
Estrutturante (FV)	1,07	1,76	10	4,44	0,85	44,69	42,55	52,6
ROCU ETSA	1,22	3,33	45,8	11,5	2,63	42,48	38,74	14,7
ROCU Filoloxía	0,848	5,98	13,4	10,1	3,18	49,74	45,13	14,2
ROCU Ciencias	1,13	3,03	14,8	13,16	1,96	43,80	40,42	20,6

A Táboa 5 indica o contido en metais pesados nos materiais de partida empregados para a compostaxe, xunto co ROCU da facultade de Ciencias, que non foi empregado. O contido é moi baixo en todos os materiais e metais empregados, o que permite agardar un compost de calidade.

Táboa 5. Metais pesados en mostras de ROCU de diferentes centros da UDC (conc. en mg/kg)

	Cd	Hg	Pb	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
Estruturante (FV)	<0,1	<0,03	1,29	<0,78	<0,3	<0,78	6,9	23,9	<0,3	<0,3
ROCU ETSA	<0,1	<0,03	<0,78	<0,78	<0,3	<0,78	3,44	16,5	<0,3	<0,3
ROCU Filoloxía	<0,1	<0,03	<0,78	<0,78	<0,3	<0,78	2,82	19,7	<0,3	<0,3
ROCU Ciencias	0,151	<0,03	<0,78	<0,78	<0,3	<0,78	5,6	15,1	<0,3	<0,3

3.1. Compostaxe en Filoloxía

Realízanse 3 partidas sucesivamente, entre decembro de 2010 e xullo de 2011, operando para cada unha delas da seguinte forma:

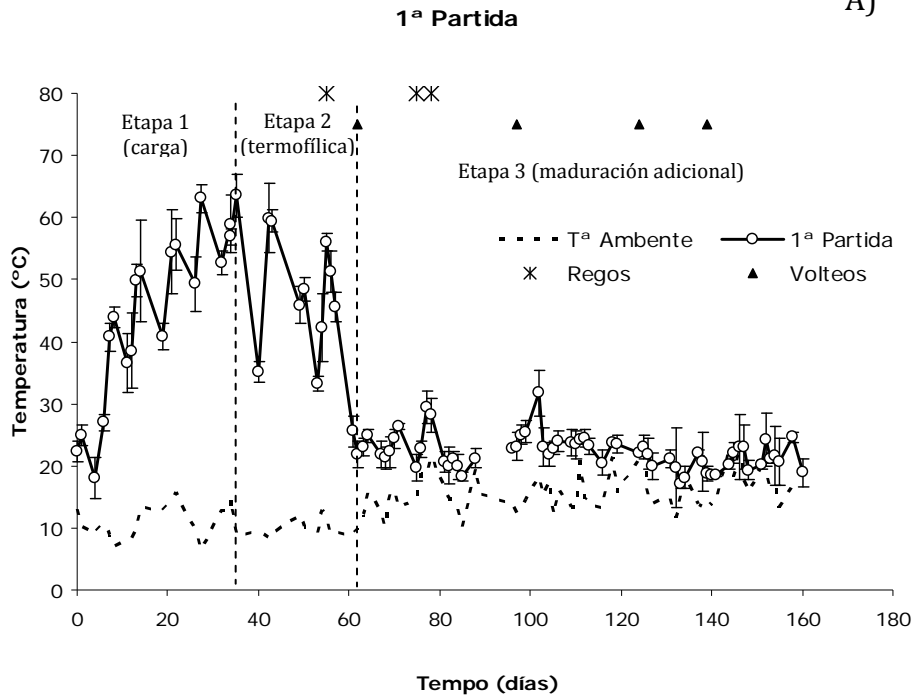
- Comeza o proceso de cada partida cargando o material fresco no composteiro de 320 L durante aproximadamente 2 meses, até que está cheo.
- Nese momento comeza a seguinte partida, cargando material fresco nun novo composteiro inicialmente bacío

Unha vez rematado o período de carga, o material de cada partida segue o proceso en fase termofílica durante unhas semanas, mesofílica a continuación e evolucionando até temperatura ambiente (compost maduro).

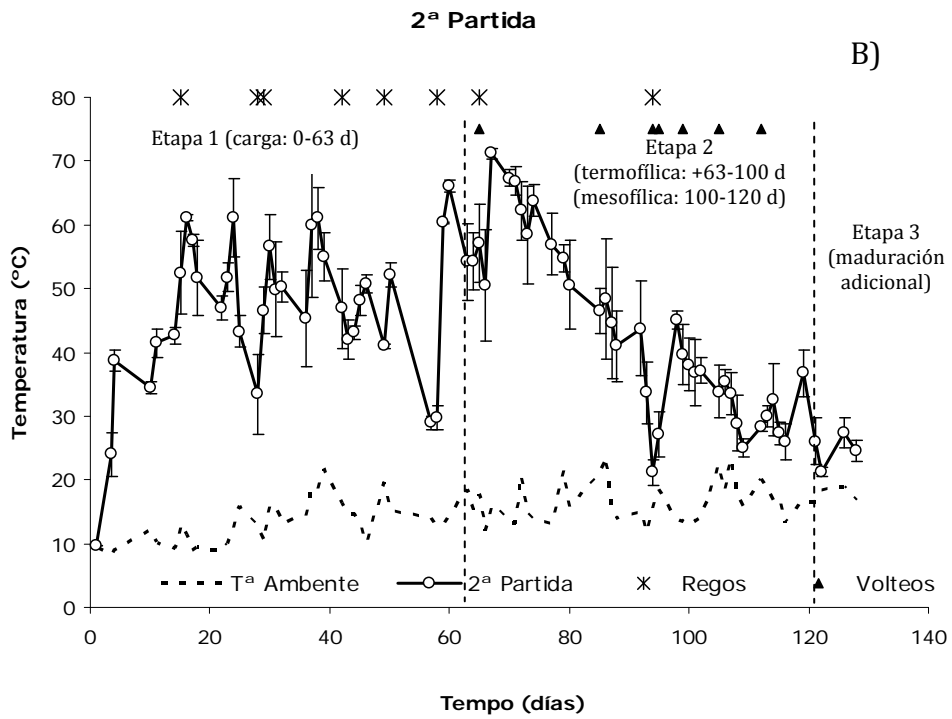
O primeiro composteiro recibiu material durante decembro de 2010. O proceso interrompeuse durante o nadal e reiniciouse a carga a mediados de xaneiro, momento no que se iniciou o seguimento do proceso. A carga continuou durante 35 días (Figura 12A), e a partir dese día o composteiro non recibiu máis residuos, mais continuou en fase termofílica (40-60 °C) até aproximadamente o día 60, cando as temperaturas caeron e comezou o proceso de maduración adicional.

A partir do 01/03/2011 (día 35 na Figura 12 A, día 0 na Figura 12 B) colocouse un segundo composteiro que recibiu os residuos do comedor de filoloxía durante 63 días. A continuación, xa sen alimentación de residuos, o composteiro mantivo temperatura termofílicas durante algo máis dun mes, e xa cara ao día 120 a temperatura descendeu até valores próximos aos da temperatura ambiente. Unha terceira partida, Figura 12C, mostrou un comportamento similar, se ben xa non se monitorizou toda a fase de descenso da temperatura.

A)



B)



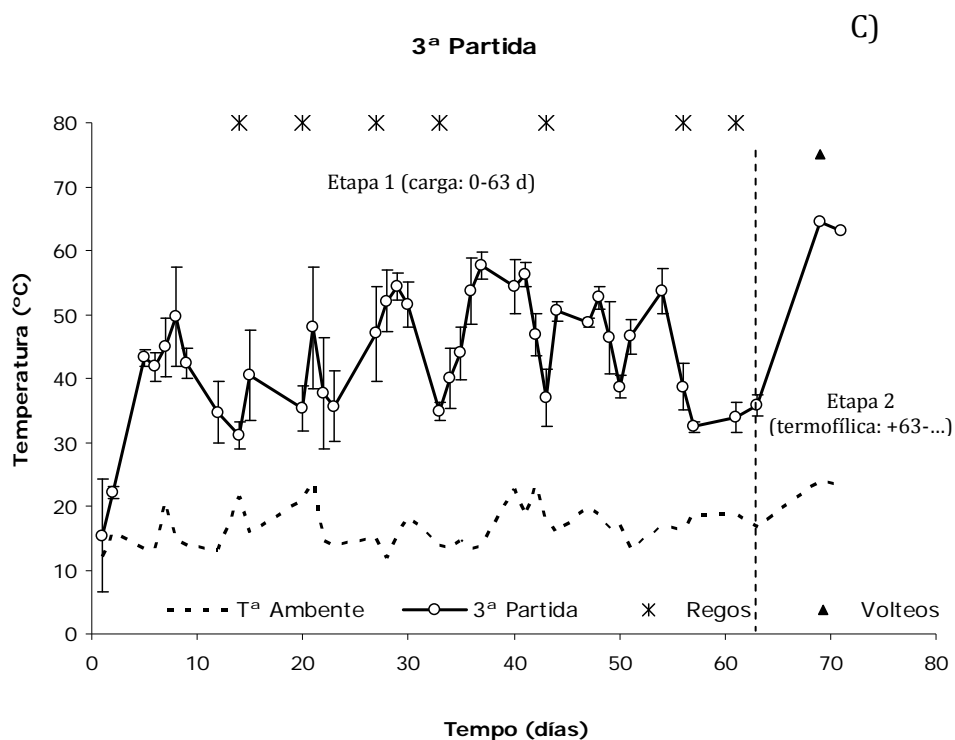


Figura 12. Evolución da temperatura nos composteiros de Filoloxía

O primeiro composteiro de Filoloxía (1ª partida) recibiu residuos orgánicos do comedor e restos vexetais recollidos en diversas zonas do campus como estruturante en relacións en volume 1:1. Este material estruturante era moi heteroxéneo na súa granulometría e en composición. O segundo composteiro (2ª partida) xa recibiu un material estruturante triturado no campus, a partir de restos leñosos, e que presentaba unha granulometría fina e máis homoxénea que o anterior.

Táboa 6. Características de operación da 2ª partida de compostaxe en Filoloxía

ROCU (kg)	322,5
TrV (kg)	38,01
Entrada total (kg)	360,5
Ratio ROCU/FrV (masa)	8,5
Ratio ROCU/FrV (vol.)	1:1
Carga media (kg ROCU)	7,7
Días de carga	35
Días de operación Etapa 1 (carga)	63
Días de operación termofílica-mesofílica adicionais	60
Tª máxima acadada (°C)	71,8
Tempo Tª > 65°C (d)	4
Tempo a T>55°C (d)	18
T media termofílica* (11-92d, °C)	51,5±9,5
T media ambiente (11-92d, °C)	14,6±3,6
Estabilidade, día 84	Clase II
Estabilidade, día 129	Clase V

Esta segunda experiencia (2ª partida) vai ser utilizada para describir en detalle o proceso de compostaxe nestas condicións, e que se adoptará como rutina de traballo para este centro. Os detalles incluídos na Figura 12B complétanse coa información da Táboa 6. A Figura 13 mostra a evolución das cargas aplicadas durante a 2ª e a 3ª partidas.

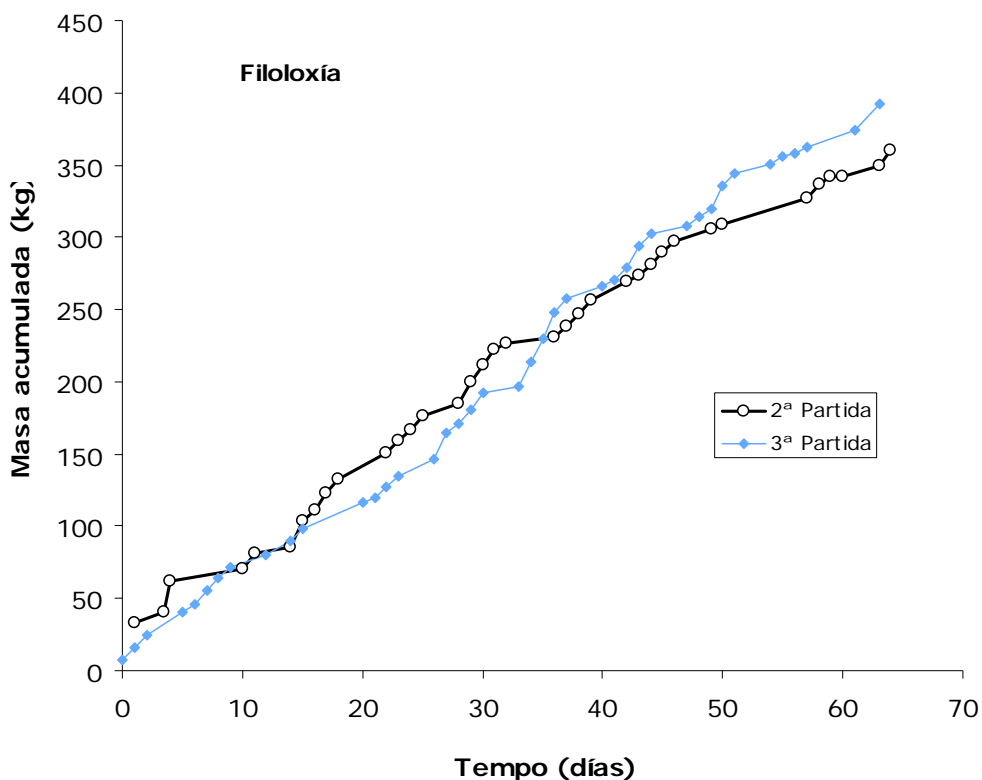


Figura 13. Evolución das cargas aplicadas (ROCU + FrV) nos composteiros de Filoloxía durante a 2ª e a 3ª partidas

A partir desta experiencia da 2ª partida concluímos que para unha taxa de xeración da orde de 7-8 kg/d (durante os 5 días laborais da semana) o proceso de compostaxe pode realizar en tres etapas, de acordo coa distribución temporal indicada na Figura 13. De acordo co indicado na Táboa 6, comprobouse a estabilización completa do compost ao cabo da etapa 2. A Etapa 3 trataríase dunha etapa opcional, no caso de querer elaborar lumbricompost co obxectivo de aumentar a humificación do material. Tamén se pode concibir como unha simple etapa de maduración adicional de interese no caso de existir espazo e non ser necesario o uso inmediato do compost.



Figura 13. Esquema do proceso de compostaxe na Facultade de Filoloxía

O compost obtido cumpre cos requirimentos da clase A (compatíbel coa agricultura ecolóxica), segundo se detallará máis adiante.

3.3. Compostaxe en Arquitectura

O “campusteiro” colocouse no lateral da Escola de Arquitectura a primeira semana de decembro de 2010. Unha vez preparado a base do mesmo cunha lousa de formigón, iniciáronse as probas de funcionamento e o estudo das súas características operativas. As primeiras probas realizáronse con material estruturante moi heteroxéneo, que incluía paus de 2-3 cm de grosor e até 50 cm de longo. Nestas condicións apreciáronse problemas de atoamento, que se resolveron cunha modificación nos *álabes* de mestura e a utilización dun material de estrutura máis fina e homoxénea (.

I Proba do Campusteiro e maduración

A primeira proba de operación continuada comezou a finais de xaneiro de 2011, unha vez instalado e comprobado o funcionamento mecánico da unidade. A mediados de febreiro dispúxose do novo material estruturante triturado no propio campus (fracción vexetal, FrV), e que no sucesivo sería alimentado ao campusteiro.

Esta primeira proba permitiu comprobar diferentes aspectos do funcionamento do campusteiro (Figura 14). A operación realizouse a baixa carga, xa que se comprobou que a carga máxima para o sistema tal como estaba configurado situábase en 200 kg. Para un tempo de permanencia de 14 días, o sistema non podería recibir máis de uns 10 kg/d de residuo orgánico, o que sería moi inferior á cantidade xerada en Arquitectura (uns 40 kg/d). Nestas condicións, a operación tiña lugar cunha temperatura no rango de 25-30 °C, e o sistema non acadaba temperaturas termofílicas.

O compost fresco pasouse a un composteiro estático de 1050 L de maduración, onde o material alcanzou temperatura termofílicas que se viron reducidas ao cabo de 15 días de proceso.

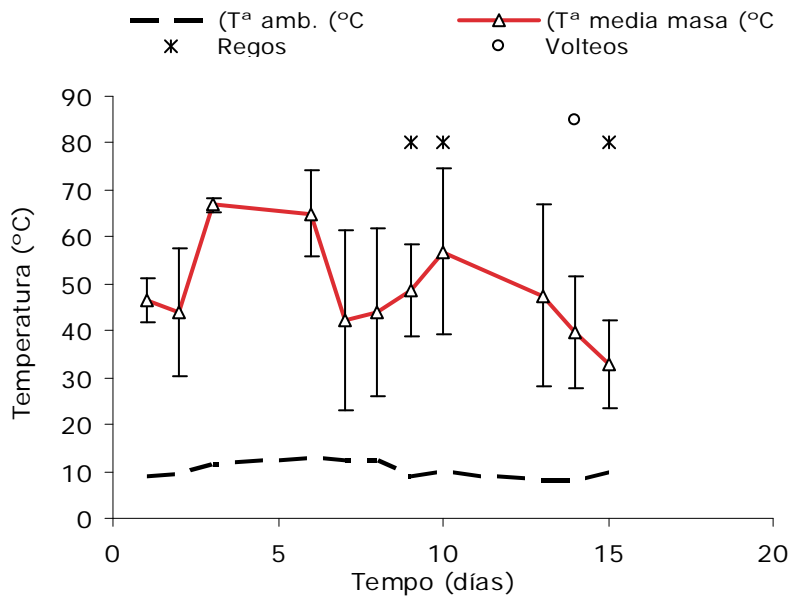
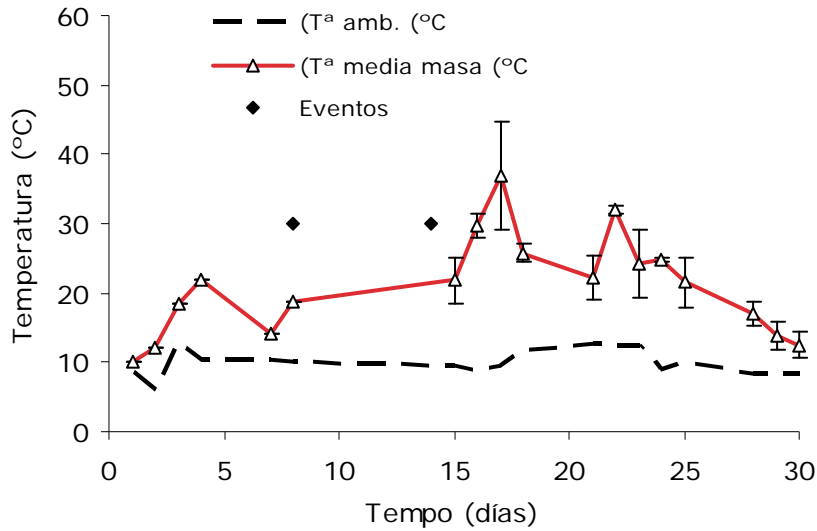


Figura 14. Evolución da temperatura no “Campusteiro” dinámico (arriba) e no composteiro de maduración (abaixo) durante a Proba I

Considerouse necesario realizar modificacións co obxectivo de permitir a operación cunha maior carga, para tratar todo o residuo xerado na ETSA. Mentres se estudaron os cambios a realizar, iniciouse unha nova proba (Proba II) e no transcurso da mesma

adoptaríanse diversos cambios que permitiron incrementar e mellorar a capacidade do sistema.

II proba do campusteiro e maduración

Baixa carga

Esta proba iniciouse o 16 de marzo e continuou até comezos de xullo de 2011 (Figura 15). Consta de dúas partes, unha de baixa carga na que se alimentou o campusteiro a razón de 10 kg/día de residuo orgánico da cociña e un volume similar de triturado vexetal. Iniciouse co dixestor bacío e tras 15 días comezouse a retirar compost fresco do Campusteiro para destinalo a un composteiro estático de maduración, mentres se mantivo a mesma razón de alimentación até o día 42. O proceso no campusteiro provocaba unha apreciable transformación do material, con modificación da estrutura e perda de sólidos volátiles, mais non humidade. O material transformaba o seu aspecto e á saída xa non se apreciaban ou non era posíbel identificar os residuos de entrada. Porén, as temperaturas mantiñáanse entre 20 e 30 °C (Figura 16), dándose desta forma unha compostaxe mesofílica. Un balance de masas indicou que se alcanzara un estado estacionario cunha carga de material no interior do campusteiro que roldaría os 200 kg, peso máximo que o sistema de mestura podía aceptar nas condicións iniciais do motor do campusteiro.

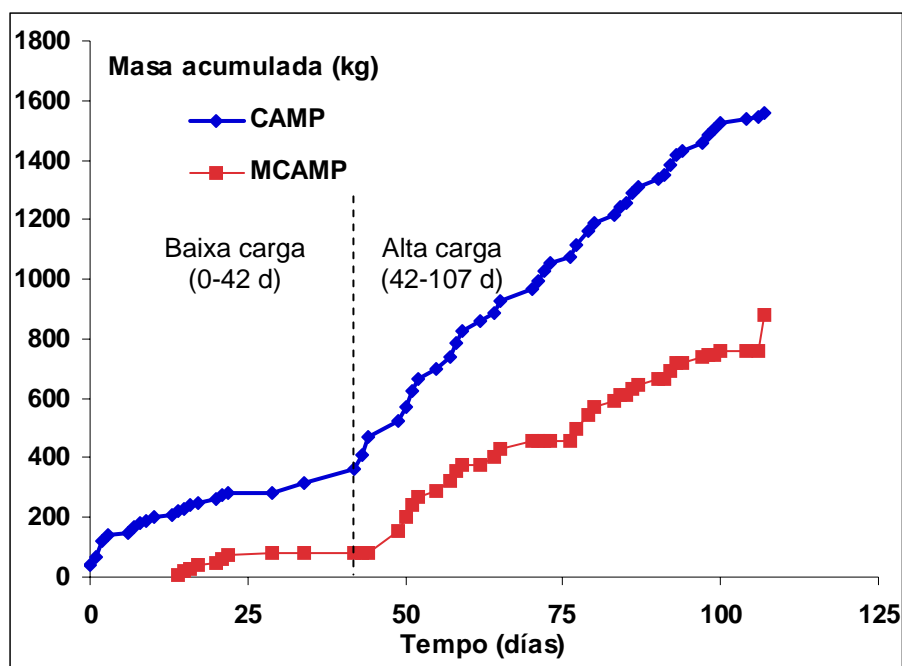


Figura 15. Evolución da carga e descarga aplicada no campusteiro de Arquitectura

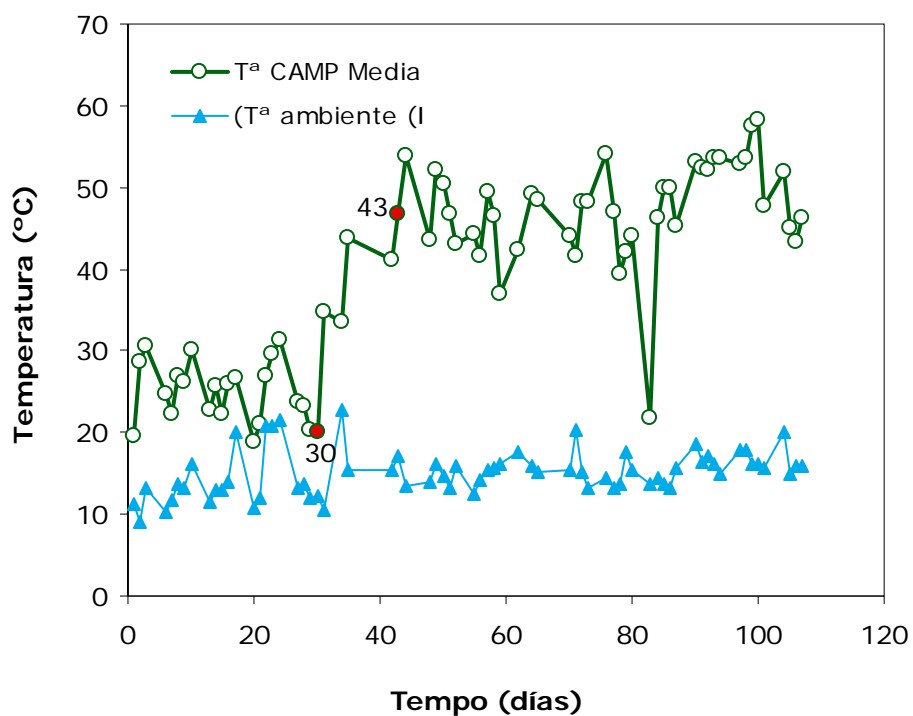


Figura 16. Evolución da temperatura no campusteiro de Arquitectura

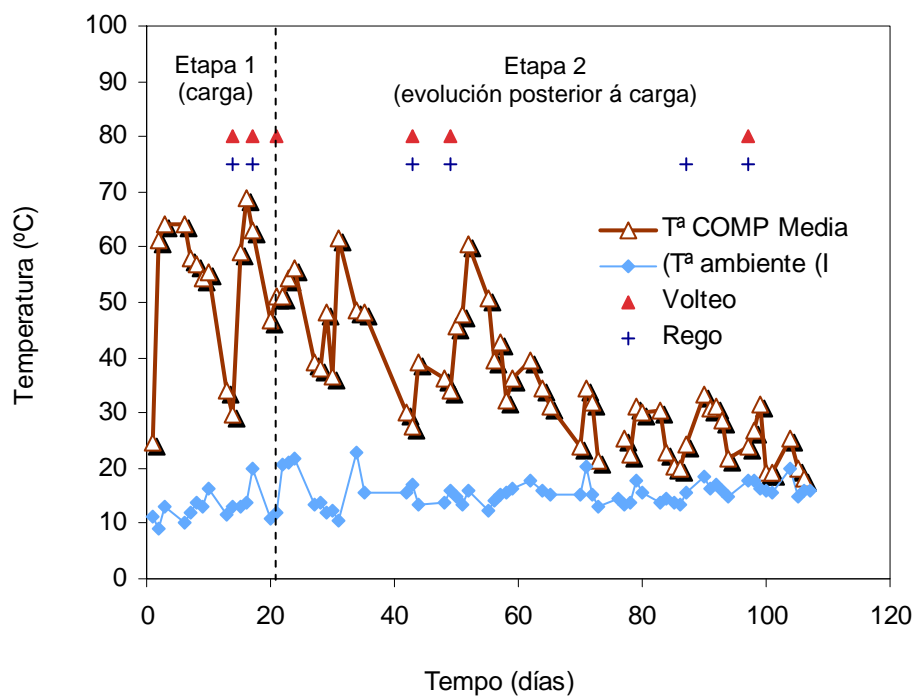


Figura 17. Evolución da temperatura no composteiro de Arquitectura operado en paralelo ao campusteiro

Paralelamente á operación do campusteiro durante a etapa de baixa carga operouse un composteiro estático de 1050 litros, que recibiu durante os primeiros 22 días cantidades similares do mesmo residuo alimentado ao campusteiro (Táboa 7). Unha vez que cesou a carga no COMP, mantívose o seguimento do proceso e o control das condicións. A partir do día 22, a temperatura no COMP cae progresivamente, baixando de 40°C (rango termofílico) arredor do día 61, por tanto 40 días (6 semanas) despois do cese da carga. Dúas semanas máis tarde a temperatura roldaría os 25 °C, polo que xa se podería considerar compost maduro, ao cabo de 8 semanas do cese da carga (2 meses). O resultado obtido con este composteiro estático é similar ao xa referido para Filoloxía (composteiros de 320 litros), e permitiu confirmar a incapacidade inicial do campusteiro para acadar elevadas temperaturas e a necesidade das modificacións realizadas.

Táboa 7. Características comparadas da proba Composteiro-Campusteiro en paralelo

	T Ambiente	Composteiro	Campusteiro
Carga total días 0-22 (kg)	-	284,8	283,3
Carga media días 0-22 (kg/d)	-	12,9	12,9
T media días 0-22 (°C)	13,4±3,2	52,7±12,9	25,0±3,5
T media días 23-62 (°C)	15,4±3,0	43,1±9,4	-
T media días 70-107 (°C)	15,8±1,9	25,7±5,1	-

Alta carga

Entre os días 30 e 40 modificouse o motor do campusteiro para incrementar o par do mesmo. Desa forma, a partir do día 42 continuouse a operación pero alimentando todo o residuo orgánico xerado no comedor de Arquitectura, un 40-50 kg/día lectivo (Figura 15). Ao tempo, deixouse de retirar compost co obxectivo de comprobar a carga máxima que podería acadar o novo par do sistema de mestura. Ao cabo dunha semana atinxíronse uns 500 kg no interior do campusteiro, cantidade que se estimou como á máxima carga que o campusteiro pode aceptar na nova configuración. Continúase a alimentación con todo o residuo de Arquitectura, pero retómase a retirada de compost fresco para non superar esta carga. Os datos de cantidades alimentadas e retiradas permiten calcular unha redución de masa do 36% ao paso do material orgánico polo campusteiro.

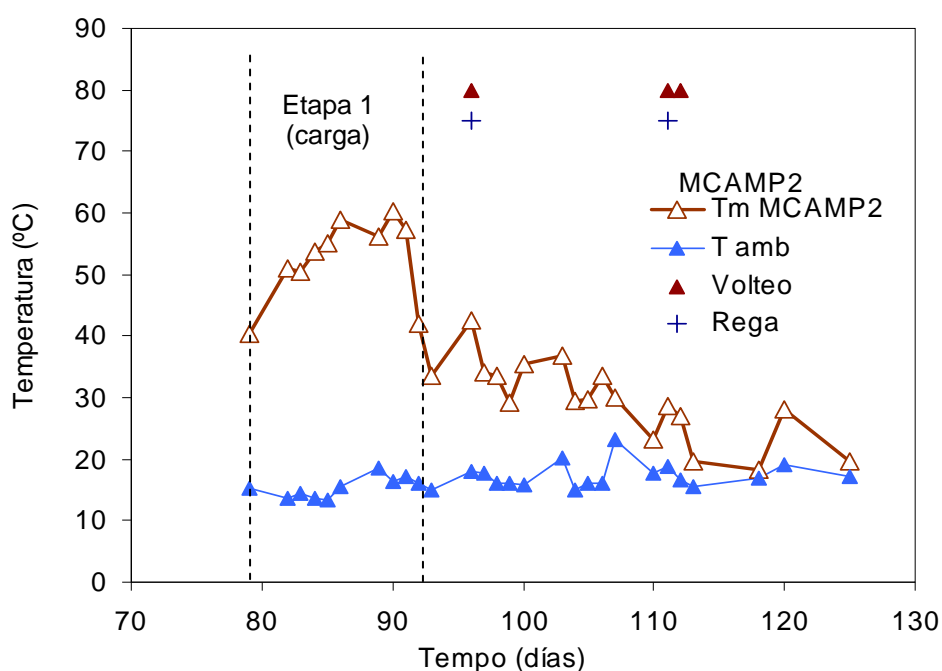
Nesta nova configuración, o campusteiro xa atinxiu temperaturas de 41-54 °C (Figura 16, a partir do día 40), o que favoreceu o proceso de compostaxe no seu interior. Reduciuse a xeración de lixiviados e non se apreciaron olores ácidos como na etapa anterior (no interior do campusteiro, pois en calquera das situacións este é hermético e permite o manexo dos olores sen que salgan ao exterior).

Táboa 8. Características de operación do Campusteiro (CAMP) a alta carga

	T Ambiente	CAMP (entrada)	CAMP (saída)
Carga total días 42-107 (kg)	-	1246,8	799,2
Carga media días 42-107 (kg/d)	-	18,9	12,1
Carga media días 42-107 (kg/d lectivo)	-	26,5	16,9
T media días 42-106 (°C)	15,6±1,8	47,4±6,3	25,0±3,5

O material saído do campusteiro (compost fresco) destinouse a composteiros estáticos de maduración, de 320 ou 1050 litros, onde acadaba temperaturas de 40-60°C inicialmente, mais que se reducían rapidamente a continuación. Isto indicou unha maior facilidade de maduración do material preprocesado no campusteiro.

Os datos de carga e temperatura de tres composteiros de maduración resúmense na Táboa 9. Na figura 18 móstrase a operación dun destes composteiros de maduración. O MCAMP2 alimentouse de forma continuada coa saída do CAMP durante 15 días até que se chegou a encher, pasando entón a maduración, durante a cal se continuou o seu seguimento. O MCAMP2 encheuse en 15 días, con 220 kg e 481 L, o que implica unha redución de volume do 33,5% durante o período de carga. O perfil de temperatura indica que durante un período de 10 días atinxiu 55,4±3,5°C, período que se amplía a 18 días a unha media de 50,1±8,5°C. A partir dese período, a temperatura decreceu regularmente (agás a punta nun dos días) para acercarse á temperatura ambiente ao cabo de 20 días de rematar a carga. Así, no período 113-125, a media de catro medicións foi de 21,5±4,5°C fronte a unha media ambiente de 17,2±1,5 °C.

**Figura 18.** Evolución da temperatura no composteiro de maduración MCAMP2

Táboa 9. Operación dos composteiros de maduración (MCAMP) con material saído do campusteiro

	MCAMP1	MCAMP2	MCAMP3'
Período descarga CAMP (d)	14-22	79-93	97-107
Duración carga (d)	9	15	11
Carga (kg)	73,17	219,84	163,9
Carga (L)	159,93	480,52	355,2
Carga (kg/d)	8,1	14,7	14,9
Fase termofílica			
T media (°C)	40,1±9,2	50,1±8,5	41,6±14,7
Días	16	18	12
Período T máx			
T media	45,9±2,8	55,4±3,5	66,8±6,2
Días	8	10	2

Desta forma, o proceso empregando o campusteiro a lata carga realízase tamén en tres etapas, de acordo coa distribución temporal indicada na Figura 19, que é diferente da acadada en Filoloxía.



Figura 19. Esquema do proceso de compostaxe na Escola Técnica Superior de Arquitectura

Os perfís de osíxeno no campusteiro e nos composteiros estáticos

En xeral existe boa osixenación das masas en compostaxe (Figura 20). Os valores máis baixos de osíxeno rexistráronse de forma regular no CAMP, pero os valores mínimos roldan o 8% (agás dous datos) e os máximos o 17% (agás 5 datos), polo que se considera que acada unha osixenación suficiente. Durante a proba de comparación, a baixa carga e temperatura, rexístranse no CAMP os valores medios de osíxeno máis baixos. A posterior temporización da aireación favoreceu o incremento lixeiro desas medias, a pesar do incremento da carga no sistema. Á súa vez, no composteiro de

maduración e no composteiro estático da proba en paralelo, as concentracións foron sempre superiores ao 19% de oxíxeno.

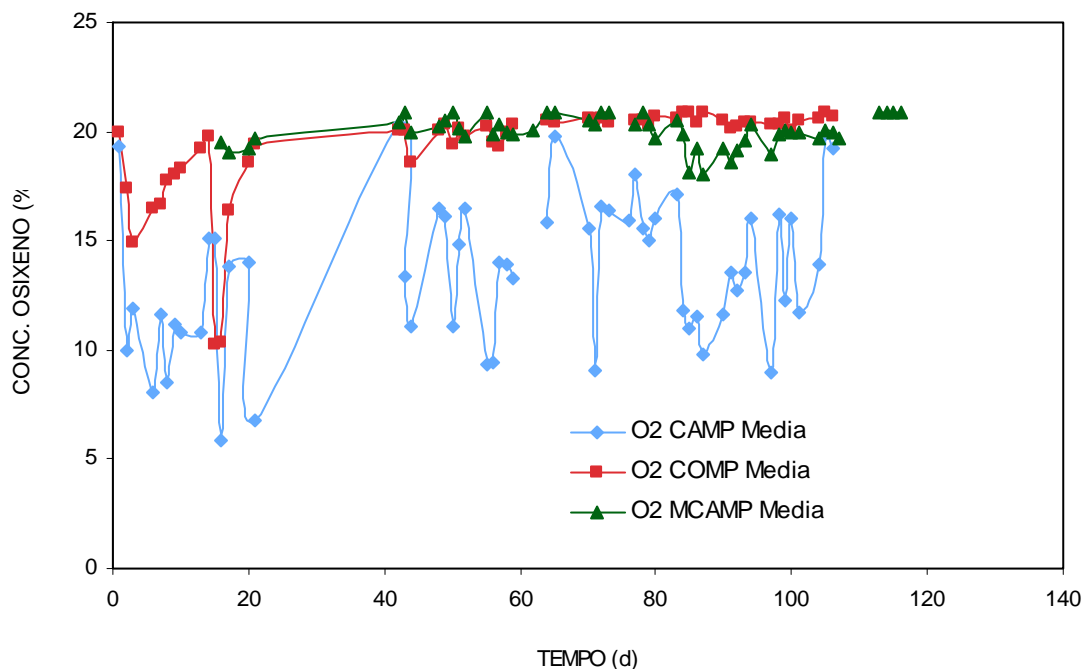


Figura 20. Evolución da concentración de osíxeno en tres dos sistemas empregados

3.4. Calidade do compost obtido

Nas Táboas 9 e 10 indícanse os resultados das análises químicas do compost producido na ETS de Arquitectura e na Facultade de Filoloxía. Obtense un compost de elevado poder fertilizante, cun contido en nitróxeno do 2,5-4% e relacións C/N 9-14. Por outra banda, a calidade química é moi boa, con concentracións de metais pesados moi baixas, agás no caso do cadmio, que se sitúa arredor do valor correspondente ao límite para a clase A. A Figura 21 mostra graficamente estes resultados, indicando que o compost obtido é compatíbel coa calidade esixida ás emendas ecolóxicas.

Táboa 9. Contido en elementos nutrientes e relación C/N dos compost obtidos na UDC

COMPOST	Mg (g/kg)	P (g/kg)	Ca (g/kg)	K (g/kg)	COT (%)	N (%)	C (%)	C/N
Arquitectura	2,95	6,51	128	13,5	30,44	2,46	35,16	14,29
Filoloxía	3,69	10,9	92,9	24,3	33,73	4,03	36,5	9,06

Táboa 10. Contido en metais pesados dos compost obtidos na UDC (mg/kg)

COMPOST	Cd	Hg	Pb	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se
Arquitectura	0,618	<0.03	0,88	15,1	0,382	9,36	19,6	39,6	1,57	0,349
Filoloxía	0,742	<0.03	1,42	1,61	0,497	2,95	27,2	50,4	0,842	0,525

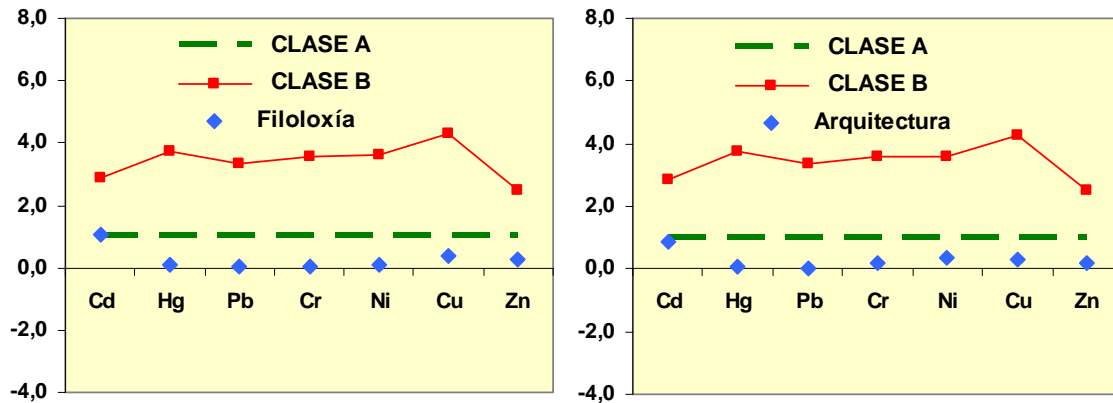


Figura 21. Contido en metais pesados dos compost obtidos na UDC

4. CONCLUSIONES

Conseguíuse compostar a totalidade dos residuos orgánicos xerados nos comedores de dous dos centros universitarios de A Zapateira, que sumaron un total de 3.000 kg no primeiro semestre de 2011. A operación dos composteiros estáticos móstrase moi sinxela cando se dispón de triturado vexetal de granulometría homoxénea e tamaño axeitado como o empregado nestas experiencias resultando moi viábel até valores de xeración de 10-20 kg/día de residuos orgánicos da cociña.

Para cantidades superiores como as xeradas no comedor da ETS de Arquitectura (uns 30-50 kg/día) resulta conveniente a utilización dun composteiro dinámico que favoreza a mestura automática do residuo e o estruturante, permita manter unhas condicións axeitadas na matriz en compostaxe, e acelere a etapa termofílica de fermentación. O “Campusteiro” dinámico deseñado e construído por Ramón Plana, tras diversas adaptacións e modificacións in situ, permitiu tratar a totalidade do residuo, traballando cunha carga total duns 500 kg e un tempo de permanencia superior aos 10 días. Nestas condicións atinxiu temperaturas termofílicas e unha redución de masa do 36%, acadándose un manexo máis doado do material de saída. A maduración do material orgánico tras o seu paso polo campusteiro vese claramente acelerada, en relación ao caso da aplicación directa dun composteiro estático.

O proxecto permitiu establecer as rutinas de operación en función dos distintos sistemas empregados, detallando os tempos que se deben aplicar a cada etapa, e caracterizar o material a final de cada unha das etapas así como a calidade do compost final. O compost obtido presentou un elevado valor fertilizante, cunha relación C/N de 9-14, e unha calidade química caracterizada por un baixo contido en metais pesados, resultando compatíbel coa Clase A de acordo co RD 824/2005. A recollida selectiva en orixe por parte do persoal dos servizos de restauración foi moi satisfactoria. Así mesmo acometeuse a adaptación estética da área de compostaxe da ETS de Arquitectura, que inclúen unha delimitación e peche da mesma e unha serie de paneis explicativos.

Agradecementos.

Os autores deste informe agradecen á Vicerreitoría de Infraestruturas e Xestión Ambiental a confianza e os medios para a realización do proxecto. O proxecto contou coa colaboración e participación da Oficina de Medio Ambiente e do Servizo de Arquitectura e Urbanismo da UDC, das concesionarias dos servizos de comedor da Escola Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) e da Facultade de Filoloxía, e da concesionaria do servizo de xardinería da UDC no Campus de Elviña-A Zapateira. Así mesmo, contou cunha colaboración económica da Sociedade Galega de Medio Ambiente (SOGAMA).

Bibliografía

- Moreno, J. y Moral, R. (2008). *Compostaje*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Plana, R. (2009). Estudio e valoración das opcións de xestión e tratamento dos residuos orgánicos das cafeterías e comedores da Universidade da Coruña. Estudio encargado pola Vicerreitoría de Infraestruturas e Xestión Ambiental da Universidade da Coruña.
- da Silva, R.; Vázquez, M.A. e Soto, M. (2010). Experiencias de compostaje doméstico en los ayuntamientos de Ordes y Carballo (Galicia). II Jornadas de la Red Española de Compostaje. Burgos, 2-4 de junio.
- Soto, M.; Copena, D. e Pérez, R. (2007). Compostaxe caseira e educación ambiental comunitaria ou a recuperación dunha práctica tradicional para solucionar un problema do século XXI. En X. Neira, A. Cervera e X. Simón (Ed), *Agroecoloxía e Agricultura Ecolóxica en Galiza*. SEAE, Valencia, 115-120.
- Xunta (2010). Plan de Xestión de Residuos Urbanos de Galicia 2010-2020 (PXRUG) (Borrador). Consellaría de Medio Ambiente, Industria e Obras Públicas. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela.