

Guía

Práctica para el

Diseño y la Explotación

de Plantas de

Compostaje



Generalitat de Catalunya
**Departament de Territori
i Sostenibilitat**



**Agència de
Residus de
Catalunya**

Guía práctica para el **diseño y** **la explotación** de plantas de **compostaje**



Generalitat de Catalunya
**Departament de Territori
i Sostenibilitat**



**Agència de
Residus de
Catalunya**

Esta *Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje* y la *Guía de suport per al disseny i l'explotació de les plantes de compostatge* (*Guía de soporte para el diseño y la explotación de plantas de compostaje*) que la precede han sido elaboradas y revisadas por un numeroso grupo de trabajo, tanto de la ARC como colaboradores externos (ESAB, TGA).

Contenido:

Agencia de Residuos de Cataluña (extraído de la *Guía de suport per al disseny i l'explotació de plantes de compostatge*).

Diseño y producción: Contrast Comunicació - contrastbcn.com

Primera edición: noviembre del 2016

Edita: Agencia de Residuos de Cataluña (ARC)

Tirada: 200 ejemplares

Impreso en papel reciclado

índice

INTRODUCCIÓN	05
OBJETIVOS	05
01. Pautas iniciales de diseño	13
02. Recepción y almacenamiento de los materiales destinados a compostaje.....	19
03. Pretratamiento.....	33
04. Etapa de descomposición	45
05. Etapa de maduración.....	55
06. Postratamiento	63
07. Almacenamiento de compost y operaciones complementarias	71
A. Anexos	
A 01. Parámetros de estabilidad	85
A 02. Aplicación de la normativa SANDACH	87
A 03. Dimensionamiento de las balsas de lixiviados y aguas pluviales.....	90
A 04. Bibliografía	91



INTRODUCCIÓN

Esta guía tiene la voluntad de facilitar la comprensión del proceso de compostaje y de aquellos elementos necesarios e imprescindibles para el diseño de una planta de compostaje.

Pretende recoger todos los conceptos relacionados con este proceso de transformación de la materia orgánica y la forma de llevarlos a la práctica.

Está dirigida a los técnicos de empresas (o de administraciones públicas) con responsabilidad en el diseño, la explotación, la información, la evaluación y la inspección de los procesos de tratamiento biológico de residuos orgánicos a través de la tecnología del compostaje, y a todos los interesados en la transformación, la valorización y el uso de la materia orgánica.

OBJETIVOS

Los objetivos de la guía se concretan en proporcionar una base de criterios para:

- I) La identificación, incorporación y evaluación objetiva de los condicionantes del medio y del proceso que afectan al diseño y a la explotación de las distintas operaciones que pueden considerarse en el compostaje de residuos orgánicos.
- II) La descripción y la evaluación de soluciones tecnológicas existentes a la hora de diseñar y explotar la secuencia de operaciones que configuran el compostaje de residuos orgánicos.
- III) La evaluación objetiva de la adecuación de una solución técnica determinada —diseño y explotación— a un escenario concreto que es resultado de los condicionantes del medio y del proceso.

Los inicios

Los primeros autores de tratados de agricultura, Plinio el Viejo (Gaius Plinius Secundus, 23 d. C. - 79 d. C.) y Columela (Lucius Junius Moderatus, 4 d. C. - 70 d. C.), ya mencionaban en sus obras cómo elaborar compost y la importancia de su uso.

Desde estos autores romanos hasta hoy, la transformación de la materia orgánica no ha cambiado; solo la hemos estudiado más y la hemos tecnificado para poder aprovecharla mejor. En esta guía se entiende por **ciclo de materia orgánica** el proceso de los fitonutrientes que pasan del suelo a cultivos que aprovechan los animales y los humanos.

El ciclo de la materia orgánica

Tradicionalmente, los sectores agrarios y ganaderos han hecho prevalecer la recuperación y la reutilización de restos vegetales, de cosechas y del estiércol de los animales para utilizarlos como abono agrícola. En estos ámbitos no se desperdician los residuos orgánicos que se producen.

En el ámbito urbano, se han articulado mecanismos de recogida selectiva de los residuos orgánicos con el fin de aprovecharlos y vehicularlos hacia sistemas de tratamiento —plantas de compostaje y plantas de biogás—, para así transformarlos en compost, devolver los fitonutrientes al suelo y reiniciar el ciclo.



IDEAS BÁSICAS

El compostaje es tan antiguo como la agricultura y hasta hace pocas décadas ha estado ligado exclusivamente a la filosofía de conservación de la fertilidad del suelo. Sin embargo, hoy en día, el interés por el compostaje radica sobre todo en la necesidad de buscar soluciones a la gestión de los residuos orgánicos, recuperando los recursos en forma de **COMPOST**, producto que obtenemos del proceso de compostaje y que contribuye a la protección del suelo contra la erosión, a incrementar los niveles de materia orgánica, la mejora de la retención del agua en los suelos, etc., aspectos esenciales para la protección de un recurso tan valioso como son los suelos.

Las características más destacables del proceso de compostaje son las siguientes:

- I) Reduce el volumen de residuos, facilita el almacenamiento de estos residuos, permite un mejor aprovechamiento agrícola, y más flexible, y minimiza el riesgo sanitario inherente a todas las operaciones anteriores.
- II) Tiene un fundamento simple, es muy robusto y versátil, se puede aplicar a diferentes tipos de residuos orgánicos y mezclas, y a escalas de trabajo muy diversas, y requiere sistemas tecnológicos mucho o poco sofisticados.

EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El compostaje es un sistema de **tratamiento de residuos orgánicos biodegradables** basado en una **actividad microbiológica compleja**, realizada en **condiciones controladas** (siempre **aeróbicas** y mayoritariamente **termófilas**). Esta genera un producto **estable** que se puede almacenar sin inconvenientes y que se **higieniza** sanitariamente.



Condiciones para favorecer la actividad de los microorganismos

Deben crearse unas condiciones de trabajo adecuadas para asegurar:

- > Una mezcla de residuos bastante esponjosa que permita una retención de agua correcta y una porosidad suficiente para facilitar la circulación de aire.
- > Oxígeno (aire) suficiente.
- > Un grado de humedad adecuado.
- > Una adecuada temperatura.
- > Un óptimo equilibrio de nutrientes y una adecuada relación de carbono disponible respecto al nitrógeno ($C_{\text{disponible}}/N$).

Las altas temperaturas que alcanza el compostaje también representan una ventaja desde el punto de vista higiénico: a partir de los 55 °C se eliminan *patógenos* y semillas, así como propágulos de «malas hierbas». En el proceso de *higienización* del material también intervienen las bacterias, los actinomicetos y los hongos, que producen productos antibióticos.

Para alcanzar estas condiciones óptimas de partida, a menudo debe recurrirse a la mezcla de residuos orgánicos, lo que nos lleva a hablar de *cocompostaje*.



Parámetros principales



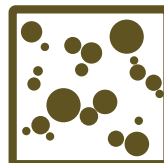
Porosidad
cerca del 30 %



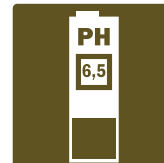
Humedad
50-70 %



Temperatura
50-65 °C



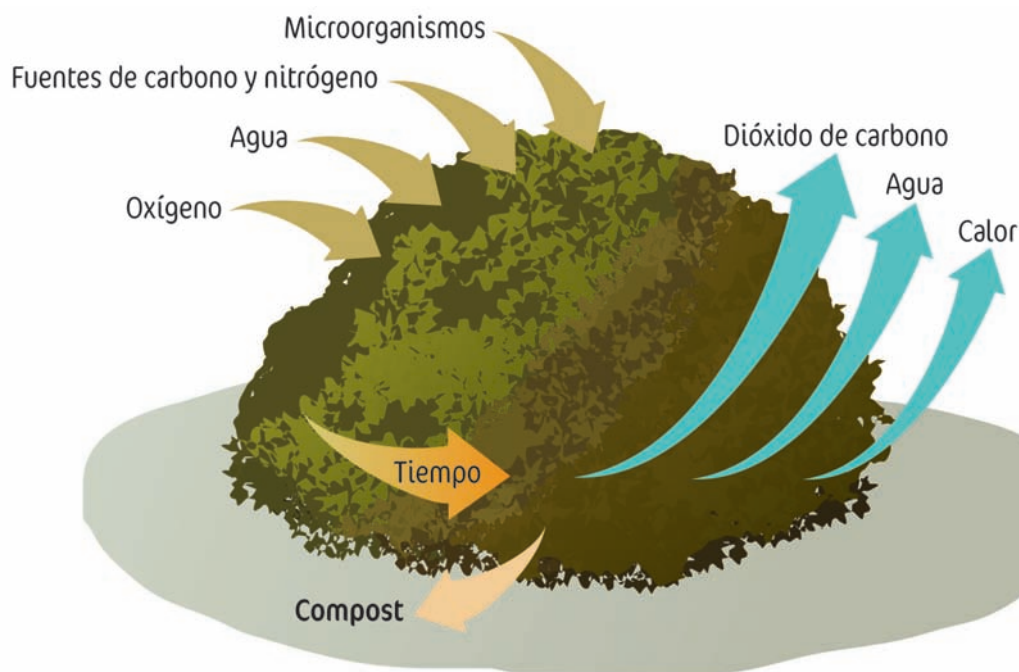
Oxígeno
15-21 %



pH
6-8



Con los
microorganismos
adecuados





Conceptos básicos

Los conceptos básicos utilizados en esta guía y que afectan el proceso de compostaje propiamente dicho —las operaciones basadas en la actividad biológica— son los siguientes:

1) Se entiende por **etapa de descomposición** el periodo en el que los materiales que se han de compostar contienen mucha materia orgánica biodegradable y debe asegurarse un suministro de oxígeno en el interior que sea suficiente para cubrir la demanda de los microorganismos. Por lo tanto, a efectos prácticos, la etapa de descomposición es aquella en la que es imprescindible la **aireación*** para no incurrir en anoxia.

De este modo, asegurando la aireación, se optimiza la actividad microbiana y se minimiza la emisión de sustancias malolientes reducidas, de gran impacto sobre el entorno.

(*) La aireación debe ser forzada, salvo en el caso de pilas de muy pequeño tamaño, muy estructuradas o en condiciones específicas en las que la aireación natural es suficiente para aportar oxígeno a toda la masa.

2) Se entiende por **etapa de maduración** el periodo posterior en el que ya no queda tanta materia orgánica biodegradable (por lo tanto, no hay tanto requerimiento de oxígeno) y en la que de forma espontánea ya se mantienen condiciones de aerobiosis.

3) La duración de las distintas etapas del proceso de compostaje es variable, ya que depende de la riqueza de la materia orgánica, del control que se lleva a cabo del proceso, de la calidad de la mezcla, de los sistemas tecnológicos utilizados, etc.

> La calidad del producto final: el compost.

> La configuración de la instalación para tratar múltiples residuos orgánicos.

Estos conceptos se desarrollarán en los distintos capítulos de esta guía.

Esta guía incidirá sobre los aspectos relativos a:

> La capacidad de la instalación.

Evolución de la temperatura y la proporción de microorganismos a lo largo del proceso de compostaje:

Las tres fases del compostaje







01

Pautas iniciales de diseño

En el diseño de las instalaciones de compostaje se debe asegurar en todo momento que el proceso se desarrolle correctamente, a fin de minimizar:

- 1) Los impactos (emisiones, lixiviados, polvo, etc.) sobre el entorno natural derivados de su ubicación.
- 2) Las posibles molestias a los núcleos habitados más próximos a la instalación, tales como:
 - > Malos olores.
 - > Tráfico excesivo de camiones.
 - > Ruidos.

En cualquier caso, siempre existe el riesgo de que el proceso de compostaje pase por fases sin oxígeno y se produzcan malos olores, por lo que en el diseño de una planta de compostaje deben valorarse los siguientes aspectos:

- La idoneidad del emplazamiento.
- Las vías de acceso (impacto del tráfico).
- La proximidad de los núcleos habitados y los olores que se pueden generar durante el proceso de compostaje.
- La proximidad de las redes de suministro de agua, electricidad y alcantarillado.



Emplazamiento

Es recomendable que las instalaciones de compostaje se instalen:

- 1) Alejadas de núcleos habitados.
- 2) En zonas rurales o semirurales más que en zonas industriales, dado que en estas últimas el riesgo de generar molestias es similar al de cualquier núcleo residencial.
- 3) Alejadas de los cauces de los ríos.
- 4) Alejadas de zonas inundables.
- 5) Alejadas de zonas con freáticos muy superficiales.

La distancia a núcleos habitados no es por sí misma un criterio restrictivo. Sin embargo, cabe considerar lo siguiente:

- 1) Por prudencia, es muy recomendable respetar una distancia mínima de unos 500 m hasta estos núcleos. Dependiendo de la tipología de los residuos que deban tratarse y de la tecnología empleada, hay que incrementar la distancia considerablemente.
- 2) Conviene recordar que el estudio preliminar de olores habitualmente identificará un impacto odorífero más probable cuanto más próximos estén los núcleos habitados de la instalación. En consecuencia, para minimizar este impacto, la instalación debe ser más compleja —zonas confinadas, tratamiento más exhaustivo de los gases, etc.— y, por lo tanto, más costosa, o alternatively debe tratar un volumen inferior de residuos o se ha de cambiar la tipología de estos residuos.



Vías de acceso (impacto del tráfico)

Es uno de los aspectos que generalmente no se tienen en cuenta, pero que pueden afectar significativamente a la gestión de la instalación y la posible percepción de molestia de los vecinos.

Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- La capacidad de la vía para vehículos de gran tonelaje.
- Si la vía atraviesa poblaciones.
- Cuál es la cantidad de vehículos al día que accederán a las instalaciones de compostaje.



Emisión de olores

Desde la perspectiva de intentar evitar molestias a los vecinos por malos olores, hay que tener claros los siguientes aspectos:

- 1) La conveniencia de su ubicación (morfología del terreno, zona elevada o deprimida, zona de inversiones térmicas, etc.).
- 2) La conveniencia de los tipos de residuos que se prevé tratar.
- 3) La capacidad razonable de la instalación.
- 4) Su complejidad; por ejemplo, recomendaciones sobre el número de zonas u operaciones confinadas.
- 5) Sistemas tecnológicos para garantizar las condiciones aeróbicas.
- 6) La disponibilidad de sistemas de tratamiento de aire (biofiltro, lavadores de gases, etc.) y su eficiencia.
- 7) Los recorridos de los residuos orgánicos o materiales dentro de la planta.
- 8) La forma de explotación de la instalación.
- 9) La necesidad de elaborar un estudio preliminar del posible impacto de olores, que considere, como mínimo, la emisión de olores, un modelo de simulación de dispersión atmosférica y datos meteorológicos (vientos predominantes, dirección, episodios de inversión térmica), y la elaboración de un mapa con isodoras.



De forma general, se podría afirmar que en los sistemas abiertos todas las fases del proceso son potenciales focos emisores de olor, especialmente la fase de descomposición, con diferente riesgo de impacto de olor que oscila de moderado a elevado. En cambio, en sistemas cerrados, debido a que habitualmente se lleva a cabo la ventilación y la captación de las emisiones para dirigir las a un sistema de tratamiento, los principales focos emisores de olor son las emisiones fugitivas de las naves, los olores residuales de los sistemas de tratamiento de gases y el almacenamiento del compost final.

Con el fin de realizar una adecuada estimación inicial de la emisión y la gestión de los olores de las plantas de compostaje se puede consultar la *Guía sectorial de gestió de les olors a plantes de compostatge de residus d'alta fermentabilitat i plantes de tractament de la fracció restant dels residus municipals* (Guía sectorial de gestión de los olores en plantas de compostaje de residuos de alta fermentabilidad y plantas de tratamiento de la fracción resto de los residuos municipales), elaborada por la Dirección General de Calidad Ambiental del Departamento de Territorio y Sostenibilidad:

http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuario/atmosfera/contaminacio_odorifera/prevencio_i_regulacio/medures_correctores_i_preventives/guia_compostatge.pdf



Infraestructura mínima de la instalación

Los aspectos principales que se deben tener en cuenta en la redacción de los proyectos y en el mantenimiento de la instalación son los siguientes:

- > Zona de seguridad perimetral.
- > Valla perimetral que delimite toda la instalación, incluidos los almacenamientos de todo tipo de residuos y de productos obtenidos.
- > Dimensionamiento de la planta, que debe tener en cuenta, como mínimo, los siguientes aspectos:
 - Residuos que se tratarán (tipología, almacenamiento, etc.).
 - Proporción de material estructurante.
 - Tiempo necesario para obtener el compost.
 - Sistema tecnológico utilizado.
 - Maquinaria disponible.
 - Reducciones de volumen durante el proceso.
 - Espacios de procesamiento, de almacenamiento, etc.

- > Pavimentación de las zonas de procesamiento y de almacenamiento.
- > Zona diferenciada entre las entradas de residuos orgánicos y la zona de almacenamiento y salida del compost.
- > Zonas de limpieza y desinfección de vehículos.
- > Báscula (en función de la capacidad de tratamiento de la instalación).
- > Zona de almacenamiento de los residuos generados.
- > Sistemas de recogida y gestión de lixiviados, aguas sucias y pluviales: sistemas de canalización, y balsa o balsas y depósitos de recogida de lixiviados, aguas sucias y aguas pluviales limpias.
- > Medidas para reducir los impactos: polvo, olores, etc.
- > Sistemas de control del proceso de compostaje (sondas de temperatura, oxígeno, etc.).



ETAPAS/OPERACIONES

En una planta de compostaje se pueden distinguir las siguientes operaciones:







02

Recepción y almacenamiento de los materiales

Esta etapa engloba todas las operaciones que tienen lugar entre la llegada de los materiales a la planta y el inicio de su pretratamiento. Concretamente:

- 1) La recepción de los materiales destinados a compostaje.
- 2) La descarga de estos materiales, ya sea directamente en el punto de almacenamiento o bien en una zona intermedia desde donde se trasladarán hasta la zona de tratamiento, habitualmente con pala.
- 3) La identificación de los materiales y su inscripción en el registro de entradas y salidas de la instalación (día, hora, productor, código CER, cantidad, etc.).
- 4) El almacenamiento temporal de los materiales a la espera de pretratarlos, si es que la posterior etapa de pretratamiento no se lleva a cabo justo después de la descarga.
- 5) La salida del transporte.

Es bastante habitual que el posterior pretratamiento de los materiales se lleve a cabo inmediatamente después de la descarga, de tal modo que el almacenamiento temporal es innecesario.



Fases

También puede ser necesario efectuar las siguientes operaciones:

- > El pesaje de los materiales recibidos.
- > La preparación (trituration) de los materiales empleados como estructurantes. Esta operación se trata conjuntamente en este capítulo y en el siguiente.
- > La limpieza de los camiones y sus cajas.

La etapa de recepción es la que recibe los materiales más frescos y, por lo tanto, es la etapa en que resulta más necesario evaluar si se requiere el confinamiento.

Necesidad de confinamiento

Los factores que definen la necesidad o no de confinar alguna de las fases y de las operaciones complementarias¹ que configuran la operación de recepción y almacenamiento, o al menos la necesidad de incorporar sistemas de aspiración de la atmósfera interior de los equipos implicados «si es que esto es posible», son:

- 1) Las características de los materiales que se han de compostar. Si los residuos para procesar son de alta degradabilidad, es más adecuado el confinamiento.
- 2) El estudio previo de olores, a partir de la ubicación de la instalación, su entorno inmediato y las características de los materiales. Hay que confinar la recepción si se considera un alto riesgo de impacto por olores.
- 3) La existencia o no de almacenamiento temporal. Si no se puede procesar el material de inmediato y se ha de almacenar temporalmente, es necesario evaluar la necesidad del confinamiento en función de distintos parámetros, tales como la distancia a núcleos habitados.

Tipos de materiales

A efectos de definir la etapa de recepción y almacenamiento se distinguen dos tipos de materiales:

Residuos de baja degradabilidad (RBD), que son los residuos orgánicos que individualmente se ven afectados por una actividad de descomposición microbiana muy escasa, ya sea porque les falta o escasea algún componente esencial para el desarrollo microbiano —agua, materia orgánica fácilmente degradable, nitrógeno o algún otro elemento esencial, etc.— o bien por presentar una acidez o una basicidad extremas. Mayoritariamente son **residuos vegetales** y, por una cuestión práctica, dentro de estos residuos se distingue la subcategoría de la fracción vegetal, que engloba todos los materiales de este origen con un importante componente leñoso y, por lo tanto, de lenta degradación: madera de poda, restos forestales, corteza, etc.

(No se incluyen dentro de la categoría de fracción vegetal los restos vegetales con restos de verduras o con una parte importante de césped —más del 30 % en volumen—, que son RAD.)

Residuos de alta degradabilidad (RAD), que son los susceptibles de ser biodegradados con facilidad. Por una cuestión práctica, dentro de la categoría de los RAD se distinguen dos subcategorías:

- > Los RAD preestabilizados, cuando su materia orgánica ha sufrido ya algún tipo de tratamiento biológico antes de la llegada a la instalación de compostaje.
- > Los RAD no preestabilizados, cuando lo anterior no ha sucedido.

1. El confinamiento lleva implícito el cierre de la zona donde se lleva a cabo la fase u operación, así como la aspiración y el tratamiento del aire extraído.



Lista no exhaustiva de los materiales compostables, clasificados según su biodegradabilidad:

MATERIALES	EJEMPLOS
Residuos de baja degradabilidad	
Fracción vegetal	Madera de poda con menos del 30 % en volumen de césped Restos forestales Palés de madera natural (*) Cajas de verdura (*) Corteza
Otros RBD	Poso de café Lodo de papelera Paja Mazorcas Escobajo Serrín / copos de madera
Residuos de alta degradabilidad	
Preestabilizados	Lodos de EDAR de digestión anaeróbica Lodos de EDAR de digestión aeróbica Lodos de EDAR de oxidación prolongada Digestos resultantes de la digestión anaeróbica de FORM Compost fresco Estiércol viejo
No preestabilizados	FORM Restos de verduras Otros lodos de EDAR no considerados anteriormente Lodos de industria alimentaria Lodos de matadero Estiércol fresco Gallinaza Madera de poda con más del 30 % en volumen de césped Césped

* Estos residuos se pueden utilizar únicamente como material estructurante.

Relación de residuos orgánicos valorizables agrícolamente mediante compostaje, según la codificación del catálogo europeo de residuos

Esta lista está sujeta a futuros cambios normativos en esta materia.

Código CER	DEFINICIÓN (residuos valorizables mediante compostaje)
02	02 - RESIDUOS DE LA AGRICULTURA, LA HORTICULTURA, LA ACUICULTURA, LA SILVICULTURA, LA CAZA Y LA PESCA; RESIDUOS DE LA PREPARACIÓN Y LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS
0201	0201 - Residuos de la agricultura, la horticultura, la acuicultura, la silvicultura, la caza y la pesca
020101	020101 Lodos de lavado y limpieza
020102	020102 Residuos de tejidos de animales
020103	020103 Residuos de tejidos de vegetales
020106	020106 Heces de animales, orina y estiércol (incluida la paja podrida) y efluentes, recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan
020107	020107 Residuos de la silvicultura
0202	0202 - Residuos de la preparación y la elaboración de carne, pescado y otros alimentos de origen animal
020201	020201 Lodos de lavado y limpieza
020202	020202 Residuos de tejidos de animales
020203	020203 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
020204	020204 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes
0203	0203 - Residuos de la preparación y la elaboración de frutas, hortalizas, cereales, aceites comestibles, cacao, café, té y tabaco; producción de conservas; producción de levadura y extracto de levadura, preparación y fermentación de melazas
020301	020301 Lodos de lavado, limpieza, pelado, centrifugado y separación
020303	020303 Residuos de la extracción con disolventes
020304	020304 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
020305	020305 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes
0204	0204 - Residuos de la elaboración de azúcar
020403	020403 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes
0205	0205 - Residuos de la industria de productos lácteos
020501	020501 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
020502	020502 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes

Código CER	DEFINICIÓN (residuos valorizables mediante compostaje)
0206	0206 - Residuos de la industria de panadería y pastelería
020601	020601 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
020603	020603 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes
0207	0207 - Residuos de la producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas (excepto café, té y cacao)
020701	020701 Residuos de lavado, limpieza y reducción mecánica de materias primas
020702	020702 Residuos de la destilación de alcoholes
020704	020704 Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración
020705	020705 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes
03	03 - RESIDUOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA Y DE LA PRODUCCIÓN DE TABLEROS Y MUEBLES, PASTA DE PAPEL, PAPEL Y CARTÓN
0301	0301 - Residuos de la transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles
030101	030101 Residuos de corteza y corcho
030105	030105 Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas distintos de los mencionados en el código 030104
0303	0303 - Residuos de la producción y la transformación de pasta de papel, papel y cartón
030301	030301 Residuos de corteza y madera
030310	030310 Desechos de fibras y lodos de fibras, de materiales de carga y de estucado, obtenidos por separación mecánica
030311	030311 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes, distintos de los especificados en el código 030310
04	04 - RESIDUOS DE LAS INDUSTRIAS DEL CUERO, DE LA PIEL Y TEXTIL
0401	0401 - Residuos de las industrias del cuero y de la piel
040101	040101 Carnazas y serrajes de encalado
040107	040107 Lodos, en particular los procedentes del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes, que no contienen cromo
040199	Residuos no especificados en otra categoría: residuos de curtición vegetal de piel (virutas) que no contienen cromo
0402	0402 - Residuos de la industria textil
040220	040220 Lodos del tratamiento <i>in situ</i> de efluentes distintos de los mencionados en el código 040219
040221	Residuos de fibras textiles no procesadas

Código CER	DEFINICIÓN (residuos valorizables mediante compostaje)
19	19 - RESIDUOS DE LAS INSTALACIONES PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, DE LAS PLANTAS EXTERNAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA PREPARACIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL
1905	1905 - Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos
190501	190501 Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados
190502	190502 Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal
1905	1905 - Residuos del tratamiento aeróbico de residuos sólidos
190501	190501 Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados
190502	190502 Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal
1906	1906 - Residuos del tratamiento anaeróbico de residuos
190603	190603 Licores (digestos) del tratamiento anaeróbico de residuos municipales
190604	190604 Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos municipales
190605	190605 Licores (digestos) del tratamiento anaeróbico de residuos animales (salvo las excepciones previstas en el Reglamento 1069/2009) y vegetales
190606	190606 Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales
1908	1908 - Residuos de las plantas de tratamiento de aguas residuales no especificados en otra categoría
190805	190805 Lodos del tratamiento de aguas residuales urbanas
20	20 - RESIDUOS MUNICIPALES (RESIDUOS DOMÉSTICOS Y RESIDUOS ASIMILABLES PROCEDENTES DE LOS COMERCIOS, INDUSTRIAS E INSTITUCIONES), INCLUIDAS LAS FRACCIONES RECOGIDAS SELECTIVAMENTE
2001	2001 - Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 1501)
200108	200108 Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes
200138	200138 Madera que no contiene sustancias peligrosas (*)
2002	2002 - Residuos de parques y jardines (incluidos los residuos de cementerios)
200201	200201 Residuos biodegradables
2003	2003 - Otros residuos municipales
200302	200302 Residuos de mercados
200304	200304 Lodos de fosas sépticas

* Estos residuos se pueden valorizar mediante compostaje únicamente si se consideran biodegradables, tal como se indica en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

Alternativas tecnológicas

Zonas de descarga y de almacenamiento temporal y equipos de vaciado de este almacenamiento

A la hora de diseñar la zona de descarga y de almacenamiento de los materiales que participarán en el compostaje, así como los equipos de vaciado del almacenamiento temporal, conviene valorar los siguientes aspectos generales:

- 1) Adaptación a las **características (humedad, pastosidad, granulometría, etc.) de los materiales** que se pretende tratar o versatilidad ante la posibilidad de recibir materiales muy diversos.
- 2) **Capacidad adecuada** a los volúmenes que se han de manipular y tratar.
- 3) **Facilidad de operación y mantenimiento**, con un énfasis especial en la limpieza.
- 4) **Protección frente a la lluvia**, ya sea porque esta puede alterar desfavorablemente las características de los materiales —dificultades para manipularlos o en el posterior desarrollo del proceso de compostaje— o porque no interese incrementar la generación de lixiviados.
- 5) Posibilidad de **confinar los residuos susceptibles de generar malos olores** y de adaptar sistemas de extracción y tratamiento del aire.

Zona de descarga

- 1) Capacidad adecuada a los volúmenes por manipular y tratar.
- 2) Siempre que sea posible, es muy conveniente prever espacios modulares (flexibles) y compartimentados para los casos en que sea necesario no mezclar los materiales.



Zona de almacenamiento previo

- 1) Evaluación de las diferentes posibilidades de almacenamiento temporal.
- 2) El coste por unidad del material que se ha de almacenar.
- 3) Los factores que limitan la capacidad de almacenamiento.
- 4) Su adaptación a los sistemas de vaciado y transporte hasta el pretratamiento (mezcla/homogeneización).

Equipos de vaciado del almacenamiento temporal

A la hora de elegir los sistemas de vaciado del almacenamiento y de transporte hasta el pretratamiento se deben tener en cuenta los siguientes aspectos particulares:

- 1) Una capacidad de transporte que se ajuste a las necesidades del pretratamiento y la mezcla.
- 2) El coste de adquisición, de mantenimiento y de funcionamiento de estos equipos, en especial su consumo energético.
- 3) Su adaptación a las características (humedad, pastosidad, granulometría, etc.) de los materiales que se pretende tratar o la versatilidad ante la posibilidad de recibir materiales muy diversos.
- 4) La posibilidad de que sirva como dosificación del pretratamiento.
- 5) Si permiten el trabajo en continuo del posterior pretratamiento.
- 6) Las pendientes o desniveles que se han de superar.

Zona de descarga y de almacenamiento de la fracción vegetal

Esta zona también suele incorporar el espacio dedicado a su preparación/trituración. Por lo tanto, se pueden encontrar tres espacios bien delimitados:

- > La recepción y el almacenamiento del material tal como llega.
- > Su preparación/trituración.
- > El almacenamiento del material triturado.

Limpieza de los vehículos de transporte

- 1) En caso de que esté previsto compostar residuos de alta degradabilidad, es necesario disponer de una zona pavimentada donde se pueda llevar a cabo la operación de limpieza y desinfección de vehículos, contenedores o cajas.
- 2) Si entre los residuos de alta degradabilidad para compostar pudiera haber subproductos de origen animal, se debe disponer de una zona de limpieza diferenciada del resto de las instalaciones.
- 3) Las características de la zona de limpieza (aire libre, cubierta, confinamiento, etc.) deben ser las mismas que se requieran para la zona de descarga.
- 4) Las aguas de lavado se deben recoger y gestionar conjuntamente con el resto de lixiviados generados en la planta. Por lo tanto, conviene utilizar equipos de lavado de alta presión con bajo consumo de agua.



Pesaje

Necesidad de báscula en las instalaciones de compostaje:

MATERIAL PARA COMPOSTAR	Capacidad de tratamiento nominal		
	< 1.000 t/año	1.000-6.000 t/año	> 6.000 t/año
Fracción vegetal	Exenta	Exenta	Exenta
Estiércol	Exenta	Exenta	Báscula
Resto de residuos de baja y alta degradabilidad	Exenta	Báscula	Báscula

Se pueden considerar exentas de esta obligación cuando en el proyecto queda plenamente justificado que se puede llevar a cabo la operación en básculas externas sin

causar molestias a los vecinos o dificultar el tráfico. Siempre debe justificarse el peso con algún medio físico (por ejemplo, mediante tique de báscula).

Criterios de diseño
Calificación de las aguas de escorrentía

Agua de lluvia sobre:	Consideración	
Zona de recepción y almacenamiento no cubierta	LIXIVIADO	
Fracción vegetal utilizada como estructurante		AGUAS SUCIAS
Residuos muy húmedos en zona no cubierta sumando los mismos líquidos de los residuos pendientes de gestión	LIXIVIADO	

La solera

- 1) Las zonas destinadas a la recepción y el almacenamiento de residuos deben disponer necesariamente de soleras pavimentadas (preferiblemente de hormigón), con las pendientes adecuadas para conducir los lixiviados hacia el sistema de almacenamiento correspondiente.
- 2) La única excepción vuelve a ser la zona destinada a la recepción y la preparación de la fracción vegetal, en la que la solera de hormigón puede sustituirse por otra de tierra compactada.



La zona de almacenamiento temporal

- 1) Los residuos de baja degradabilidad no suelen requerir el confinamiento de su almacenamiento temporal, ya que no generan malos olores.
- 2) El almacenamiento temporal de los residuos de alta degradabilidad se puede realizar al aire libre, siempre que no haya razones de salud laboral que lo desaconsejen y no emitan malos olores; en el caso de líquidos que emitan malos olores, deben almacenarse en una balsa y esta ha de disponer de un sistema de aireación superficial, o bien puede tratarse de plantas de compostaje de estiércol ubicadas en una explotación ganadera.
- 3) En el resto de casos, el almacenamiento de los residuos de alta degradabilidad debe efectuarse en naves, silos o depósitos cerrados, dotados con sistemas de extracción y tratamiento de gases.
- 4) La superficie destinada a esta operación depende de la alternativa elegida, de la metodología de trabajo prevista y, sobre todo, del tiempo máximo de almacenamiento permitido, que depende a su vez del tipo de residuo.

Duración y capacidad máximas del almacenamiento temporal

- > El almacenamiento de los residuos de baja degradabilidad:
 - No puede superar los noventa días cuando, por efecto de la actividad microbiana, haya riesgo de autoencendido (en el caso de la fracción vegetal) o de pérdida de calidad para ser compostados.
 - Puede tener una duración ilimitada si no existen estos riesgos.
- > El almacenamiento de los residuos de alta degradabilidad:
 - No puede superar los tres días en caso de que más de un 80 % de su peso sean RAD preestabilizados, y las veinticuatro horas en el resto de casos. Por lo tanto, en esta segunda situación, los materiales deben pretratarse el mismo día en que lleguen a la instalación.
 - La capacidad de almacenamiento no puede superar el triple de la capacidad diaria de tratamiento prevista para la instalación. Se considera esta capacidad máxima para afrontar situaciones de emergencia que se puedan producir.

- Solo en el caso excepcional de los pocos RAD que no sufren transformaciones apreciables durante el almacenamiento, la duración de este almacenamiento puede llegar a los quince días, con una capacidad acorde con esta duración.

(Habitualmente, este hecho se debe a la falta de humedad. Como ejemplos podemos citar la gallinaza seca, el purín o el lodo de EDAR desecados térmicamente.)

- El tipo de almacenamiento elegido debe permitir una gestión FIFO (*first in-first out*) para evitar que queden

restos de material acumulados durante periodos excesivos de tiempo o bien debe establecerse un protocolo de explotación que deje el almacenamiento vacío con la periodicidad definida anteriormente.

- El tiempo de almacenamiento de un residuo líquido con características de RAD se considera equivalente al tiempo de retención, es decir, la relación entre el volumen del depósito y el volumen medio de líquido que se prevé que entre cada día a la instalación.





Parámetros de diseño que deben concretarse

Con las pautas introducidas en este capítulo, además de la información que pueda aportar el usuario, la etapa de recepción y almacenamiento debe definirse a partir de los siguientes parámetros:

- 1) La necesidad o no de las dos fases (descarga y almacenamiento de los materiales participantes) y las cuatro operaciones complementarias (pesaje en la propia instalación, identificación y control, preparación del estructurante y lavado de camiones) que componen esta etapa.
- 2) Para cada tipo de material que se reciba:
 - > El tipo de descarga.
 - > La duración máxima de almacenamiento.
 - > El tipo de almacenamiento.
- 3) Para cada una de las fases y las operaciones complementarias que sean necesarias, y siempre en función del punto anterior, se debe concretar:
 - > La ubicación: al aire libre, a cubierto, en nave cerrada, con aspiración y tratamiento de aire, etc.
 - > Los equipos.
 - > La superficie ocupada, teniendo en cuenta la duración máxima de almacenamiento permitida.
 - > El modo de operar.
- 4) El manual de explotación y el plan de seguridad específicos para esta operación.



03

Pretratamiento: mezcla u homogeneización

A fin de que el compostaje sea factible y se desarrolle correctamente, es necesario que el conjunto de parámetros que afectan al proceso se mantenga dentro de los rangos de valores considerados ideales.

Dado que pocos materiales susceptibles de ser compostados presentan unas características compatibles con estos valores, a menudo debe recurrirse a la preparación de mezclas con materiales complementarios entre sí para lograr mezclas que se aproximen lo máximo posible —por encima o por debajo— a los valores ideales.

La etapa de pretratamiento (mezcla u homogeneización) consiste en la operación de mezclar diferentes materiales para obtener una mezcla con:

- 1) Una **porosidad** que permita la circulación del aire por el interior y la retención del agua.
- 2) Una **estructura** que mantenga esta porosidad en el apilamiento en el que se debe llevar a cabo el proceso de compostaje.
- 3) Una **humedad** y un **pH** adecuados a la actividad microbiana.
- 4) La **proporción de materia orgánica biodegradable** suficiente para que el proceso se pueda iniciar y completar.

- 5) Una **relación C/N** que minimice las pérdidas de nitrógeno o que permita que este elemento no sea un factor limitador del proceso.
- 6) Unos contenidos mínimos de **otros elementos esenciales** para los microorganismos, a fin de que no sean un factor limitador.



Variables esenciales del proceso de compostaje y rango de características óptimas de los materiales o mezclas que se han de compostar

VARIABLE	RANGO	UNIDADES
Humedad	50-70	%
Porosidad ^a	25-35	%
C/N	25-35	Tanto por uno
N/P	< 10	Tanto por uno
pH	6,0-8	--
Materia orgánica	> 40	% sms

^a En caso de que la etapa de descomposición se desarrolle de forma estática, al menos al principio, la porosidad debe situarse en la parte superior del rango propuesto. Si se efectúa una descomposición dinámica —con frecuente movimiento del material durante la primera parte de esta etapa—, la porosidad se puede situar en los valores inferiores del rango.

La operación de mezcla permite también deshacer y homogeneizar los materiales gruesos, con lo que se aumenta la superficie de ataque microbiano.

para permitir la circulación de aire y de agua, así como la retención de parte de esta agua.

Parámetros básicos

En este capítulo se recogen los requisitos del proceso de compostaje respecto al material destinado a tratamiento:

- 1) **Porosidad.** Se requiere una porosidad adecuada que permita la circulación del aire por el interior y la retención de agua, ya que sin esta porosidad:
 - > No es factible el suministro de oxígeno y, por lo tanto, el proceso aeróbico inherente al compostaje.
 - > No es factible (o se dificulta) el control de la temperatura.
- 2) **Estructura.** Los poros deben estar presentes en el conjunto de la masa, se han de mantener durante todo el proceso, deben estar interconectados y tienen que presentar unas dimensiones apropiadas

- 3) **Equilibrio nutricional y energético.** Es necesario para evitar:
 - > Que la actividad microbiana quede limitada por falta de alguno de los elementos esenciales (nitrógeno, potasio, etc.) o por la fuente energética (la materia orgánica degradable).
 - > Que durante el proceso se pierda algún elemento (esencialmente nitrógeno) que pueda estar en exceso.
- 4) **Superficie de interfaz suficiente** para facilitar el ataque microbiano y el intercambio de gases o de agua.

Se entiende por **homogeneización** la operación de mezcla que conlleva al mismo tiempo la trituración de los residuos gruesos que puedan estar presentes en la mezcla.

De este modo se incrementa la superficie específica y se facilita el ataque microbiano.



Fases

El pretratamiento se puede considerar constituido por tres fases:

- 1) La **premezcla**: agregación primaria y habitualmente incompleta de los constituyentes de la mezcla que se destinará a compostaje, en las proporciones necesarias. A menudo se lleva a cabo en el mismo momento de la descarga, y en otros casos queda incorporada a la posterior fase de mezcla u homogeneización propiamente dicha.
- 2) La **mezcla** u homogeneización propiamente dicha: la agregación más íntima de los constituyentes de la mezcla conseguida con equipos específicos.
- 3) El **almacenamiento** de la mezcla preparada, en caso de que no se dirija directamente o con rapidez (el mismo día de la preparación) a la zona destinada a la posterior etapa de descomposición.

Y tres operaciones complementarias:

- 1) La preparación del material estructurante: su trituración al tamaño adecuado.
- 2) La humectación, si el material o la mezcla que se ha de compostar no presenta la humedad adecuada, al menos para iniciar el compostaje. Los líquidos aportados deben

proceder esencialmente de la propia instalación, y, solo en determinados casos, del exterior.

- 3) La eliminación de impropios gruesos: es una operación casi específica del compostaje de FORM y consiste en la eliminación (manual o mecánica) del máximo número posible de impropios para no ensuciar o contaminar el material que se ha de compostar. Cabe señalar que:
 - > En esta etapa de pretratamiento se suelen retirar los impropios de mayor tamaño.
 - > La eliminación de impropios puede continuar en posteriores etapas del proceso de compostaje.

Aunque conviene retirar los impropios lo antes posible para reducir el riesgo de contaminación del producto final, si la operación se lleva a cabo demasiado pronto se corre el riesgo de perder una parte significativa de materia orgánica compostable.

Por ello, debe encontrarse el momento adecuado de actuación de los diferentes equipos o sistemas de eliminación de impropios.

Materiales complementarios

Se entiende por **materiales complementarios** todos aquellos componentes —sean o no residuos— que se deben añadir al residuo objeto del tratamiento, con los siguientes fines:

- 1) Desarrollar el proceso de compostaje de forma adecuada: con rapidez, sin perder nutrientes, logrando la fase termófila, etc.
- 2) Mejorar las características del producto final.

Más concretamente, los materiales complementarios se incorporan para alcanzar alguno o algunos de los siguientes objetivos:

- 1) Incrementar la **porosidad** del residuo o mejorar su estructura.
- 2) Corregir la **relación C/N**, ya sea al alza, para evitar pérdidas innecesarias de nitrógeno, o a la baja, para acelerar el proceso.
- 3) Corregir el **pH**. Lo más habitual es tener que aumentar el pH porque el residuo destinado a compostaje es excesivamente ácido para permitir la actividad microbiana en general o la de los microorganismos termófilos en particular. Aunque sea menos frecuente también se da el caso de tener que rebajar el pH de residuos muy alcalinos; por ejemplo, cuando estos residuos han recibido un tratamiento con cal.



- 4) Corregir la **humedad**, ya sea al alza (por lo que el agua debe ser considerada un material complementario) o a la baja.
- 5) Incrementar la cantidad de **materia orgánica degradable**.

Muy a menudo, un material complementario actúa sobre más de un parámetro.

En este capítulo se destacan los **materiales estructurantes**, dado que son los materiales complementarios que afectan de un modo más significativo al dimensionamiento de la instalación, si bien todos son necesarios para el correcto desarrollo del proceso de compostaje.

Los estructurantes y sus características

Los materiales complementarios que otorgan o mejoran la porosidad o la estructura del residuo destinado a compostaje se denominan **estructurantes**. Suelen ser materiales vegetales con una proporción bastante elevada de componentes leñosos —restos de poda triturados, astilla, corteza, etc.— y se acostumbran a identificar con el nombre genérico de **fracción vegetal (FV)**.

Se entiende por **estructura** de un material o de una mezcla la capacidad que tiene un apilamiento suyo para mantenerse sin compactar excesivamente —sin perder demasiada porosidad— por su propio peso.



Características de diferentes estructurantes

TIPO		% materia seca	% materia orgánica	Densidad aparente (kg/L)	Densidad real (kg/L)	% porosi- dad
Corteza 8-15 mm	Media	67,06	88,87	0,29	1,32	78,69
	Máximo	80,10	96,89	0,58	1,45	84,41
	Mínimo	52,43	56,30	0,21	1,25	55,68
	Casos	20	20	20	20	19
Corteza 8-15 mm recir- culada	Media	59,42	61,85	0,49	1,35	63,22
	Máximo	72,60	65,30	0,58	1,45	77,29
	Mínimo	52,43	56,30	0,33	1,29	55,68
	Casos	3	3	3	3	3
Astilla	Media	82,61	87,50	0,27	1,43	81,04
	Máximo	88,90	90,00	0,32	1,47	85,31
	Mínimo	79,20	85,00	0,22	1,42	77,67
	Casos	4	4	4	4	4
Madera de poda nueva	Media	69,75	86,16	0,25	1,36	81,60
	Máximo	90,89	95,37	0,33	1,58	89,24
	Mínimo	51,65	73,13	0,15	1,22	74,98
	Casos	14	14	13	14	13

Las relaciones estructurante/residuo inferiores a 1 solo son posibles cuando el residuo ya tiene cierta porosidad, aunque insuficiente, y la función del primero es mejorarla. Cuando al residuo que se ha de compostar le falta porosidad, la proporción volumétrica estructurante/residuo siempre debe ser superior a 1, y en la práctica normalmente se debe superar la relación 2/1.

Las mezclas de los distintos residuos orgánicos con el material estructurante se efectuarán manteniendo una proporción volumétrica mínima para asegurar la correcta homogeneización.

Proporción volumétrica mínima aceptable de estructurante para el dimensionamiento de la instalación

RESIDUO	Proporción volumétrica estructurante ^a (V_r / V_e) / residuo	
	Etapa de descomposición	
	Estática	Dinámica
FORM: fracción orgánica de los residuos municipales	1/2	1/3
Lodos u otros materiales pastosos	4/1	2/1

^a Estructurante: astilla, corteza o madera de poda.

Otros materiales complementarios

Son aquellos que mejoran alguna o algunas de las características de la mezcla que, además de la porosidad y la estructura, son esenciales para que el compostaje se desarrolle correctamente: la humedad, el pH, la relación C/N, etc. Ya se han definido anteriormente.

Estos otros materiales complementarios no modifican necesariamente la porosidad o la estructura de la mezcla; si la modifican, no es su rasgo más distintivo.

Finalmente, cabe señalar que algunos de estos materiales complementarios no son residuos, sino materias primas.



Algunos ejemplos de materiales complementarios, los parámetros sobre los que actúan y el sentido de su actuación

MATERIAL	Resi- duo	Porosidad Estructura	Relación C/N	pH	Hume- dad	Materia orgánica fácil- mente biodegradable
Agua	No	No	No	No	↑	No
Lixiviado del mismo proceso	Sí	No	No	No	↑	↑ (poco)
Lodo de papelera	Sí	No	↑	No	↓	No
Poso de café	Sí	No	↑	No	No	↑
Paja	No	↑	↑	No	↓	↑
Purín	Sí	No	↓	No	↑	↑ (poco)
Urea	No	No	↓	↑	No	No
Sulfato ferroso	No	No	No	↓	No	No
Carbonato cálcico o cal	No	No	No	↑	Sí (cal)	No

↑ Incrementa el valor del parámetro / ↓ Disminuye el valor del parámetro.

Alternativas tecnológicas

Equipos de preparación del estructurante

Los estructurantes habitualmente empleados en el proceso de compostaje se preparan a partir de materiales vegetales: madera de poda, restos forestales, corteza, etc. A la hora de elegir el equipo para preparar este tipo de estructurantes conviene valorar los siguientes aspectos:

- 1) Capacidad de trabajo adecuada a los volúmenes que se han de preparar y al tamaño de la fracción vegetal que se debe manipular.
- 2) Granulometría adecuada del producto resultante.
- 3) Versatilidad en el tamaño del producto que se desea obtener y facilidad para modificar este tamaño.
- 4) Capacidad para eliminar metales en caso de que la materia prima los contenga (por ejemplo, clavos en palés).

- 5) Comportamiento (resistencia) ante los posibles impropios que pueda contener la materia prima.
- 6) Comportamiento ante el ramaje largo y delgado, y materiales fibrosos.





Equipos para la dosificación y la preparación de la premezcla

Si se considera oportuna la necesidad de una fase de premezcla, lo más importante es decidirse por el tipo de alimentación de los diferentes constituyentes en las proporciones predefinidas. De este modo:

- 1) La alimentación en discontinuo, que habitualmente se lleva a cabo con pala mecánica, es más versátil a la hora de manipular materiales, ya que no está tan condicionada por las características y las prestaciones de los equipos de alimentación. No obstante, las proporciones de la mezcla y el número de constituyentes están limitados por la relación entre la capacidad del equipo de mezcla y la de la pala cargadora.
- 2) La alimentación en continuo suele ser más rápida, es posible un rango prácticamente ilimitado de proporciones entre componentes y se consiguen mezclas más constantes en composición. En cambio, se requiere necesariamente el complemento de equipos de alimentación de los constituyentes, que no siempre son aptos para determinados tipos de materiales.

Equipos de mezcla u homogeneización

A la hora de escoger el equipo de mezcla u homogeneización conviene valorar los siguientes aspectos:

- 1) Su capacidad de tratamiento, que debe ajustarse al diseño de la instalación.
- 2) La inversión y el coste de funcionamiento. Así, las plantas de pequeñas dimensiones habitualmente deben recurrir a la adaptación de equipos pensados para otras funciones, como esparcidores de estiércol o *unifeeds*.
- 3) Su adaptación a una alimentación en continuo o en discontinuo.
- 4) La posibilidad de incorporar líquidos.
- 5) La capacidad de homogeneizar (triturar) residuos gruesos (de tipo FORM), si es que hubiera que tratar este tipo de materiales.
- 6) Que sean equipos cerrados o que se puedan confinar en pequeños recintos, de modo que se puedan incorporar sistemas para extraer los gases que se desprendan durante la mezcla. Esto es de gran interés en caso de tener que manipular residuos que huelen mal; estos requerirían recintos cerrados con extracción y tratamiento de aire si la operación se llevara a cabo con equipos abiertos.
- 7) Que sean equipos móviles o fijos.
- 8) Que sean autónomos o que requieran otros elementos para su funcionamiento (acometida eléctrica, grupos electrógenos, toma de fuerza de tractores).
- 9) La facilidad para limpiar los equipos, en caso de que haya que tratar alternativamente distintos residuos que no es conveniente mezclar.
- 10) En este caso, que sean versátiles y acepten los diferentes residuos.
- 11) Que lleven incorporado un sistema de pesaje.
- 12) Su capacidad para abrir bolsas, en caso de que el residuo que se deba tratar sea FORM y no se disponga de equipos específicos para esta función.



Incorporación de líquidos

Cuando el grado de humedad de los materiales o mezclas que deban compostarse sea inferior a los valores deseables para el desarrollo del proceso, se debe incorporar agua o residuos acuosos, tales como los lixiviados generados por el propio compostaje.

La Agencia de Residuos de Cataluña solo aceptará la entrada de líquidos externos (agua, residuos líquidos, etc.) a una instalación de compostaje si:

- 1) La instalación no dispone de suficientes recursos hídricos propios.
- 2) Está justificado por el correspondiente balance hídrico del proceso.

En el caso de los residuos orgánicos líquidos, se considera que una planta de compostaje puede aceptar una cantidad de residuos orgánicos líquidos hasta un máximo del 10 % respecto a su capacidad de tratamiento.

La planta de compostaje debe efectuar un balance hídrico y disponer de fracción vegetal o materiales absorbentes orgánicos suficientes para poder realizar las mezclas adecuadas y no generar más lixiviados de los que se podrían producir sin la entrada de estos materiales. Los residuos orgánicos líquidos se almacenarán en depósitos específicos, pero nunca en las balsas o depósitos de lixiviados o de aguas pluviales. La adición de los residuos orgánicos líquidos solo se puede llevar a cabo durante la fase de descomposición, y en cualquier caso nunca después de haber superado la fase de higienización.

Como pautas generales, se debe tener en cuenta que la introducción de líquidos en el proceso de compostaje:

- 1) Puede requerir una caracterización analítica, si se trata de un residuo.
- 2) No debe conllevar la generación de más lixiviados de los que se podrían producir sin la incorporación de aquellos líquidos.
- 3) Necesitan un almacenamiento específico hasta el momento de su incorporación.
- 4) No debe provocar desajustes en las proporciones entre los nutrientes esenciales para la actividad microbiana, en especial la relación C/N.

Criterios de diseño

Criterios de diseño de las zonas destinadas al pretratamiento

- 1) Las zonas destinadas a la etapa de pretratamiento de los residuos orgánicos deben disponer necesariamente de solera pavimentada, de la pendiente adecuada para recoger los lixiviados y de la red de conducción de estos lixiviados hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente.
- 2) Como excepción, la trituración y el almacenamiento de la fracción vegetal neta, la que habitualmente se utiliza como estructurante, se puede efectuar sobre una superficie no pavimentada, siempre que esté compactada y con las pendientes adecuadas para la recogida de aguas pluviales.
- 3) Si durante la etapa de pretratamiento se debe incorporar un líquido, el diseño de la zona destinada a la operación se verá condicionado por las características del líquido (si es un residuo o no, si huele mal o no, si es sanitariamente seguro o no, etc.) y la forma de aplicarlo. En cualquier caso, la operación se realizará sobre una solera pavimentada dotada de una red de recogida de lixiviados.
- 4) El agua de lluvia que caiga directamente sobre las zonas de pretratamiento (en caso de que estén des-

cubiertas) se considera lixiviado y también debe conducirse hasta el depósito o balsa de almacenamiento correspondiente a los lixiviados. La única excepción es la zona destinada a la trituración y el almacenamiento de la fracción vegetal neta que habitualmente se utiliza como estructurante: las aguas de lluvia que se recojan pueden considerarse aguas pluviales sucias, y se pueden conducir a la balsa o depósito destinado a estas aguas.

Parámetros de diseño que deben concretarse

La etapa de pretratamiento se definirá en los siguientes términos:

- 1) La necesidad o no de la etapa de pretratamiento, así como de las tres fases (premezcla, mezcla y almacenamiento de la mezcla) y las tres operaciones (separación de impropios, preparación del estructurante y aporte de líquidos que la complementan).
- 2) Las proporciones de los materiales que se han de compostar: los residuos sólidos, los (residuos) líquidos y, si son necesarios, los estructurantes y los materiales complementarios (correctores de pH, humedad, etc.).
- 3) Para cada una de las fases y las operaciones complementarias que componen la etapa y que sean necesarias, debe concretarse:
 - La ubicación: al aire libre, a cubierto, en nave cerrada y con aspiración y tratamiento de aire, etc.
 - Los equipos.
 - La superficie ocupada, con las zonas complementarias para el movimiento de la maquinaria.
 - El modo de operar, sin olvidar la duración del almacenamiento temporal de la mezcla desde que se prepara hasta que se traslada a la zona destinada a la etapa de descomposición.
- 4) Las pautas o criterios para la elaboración del manual de explotación y el plan de prevención de riesgos laborales correspondientes a esta etapa (operación).



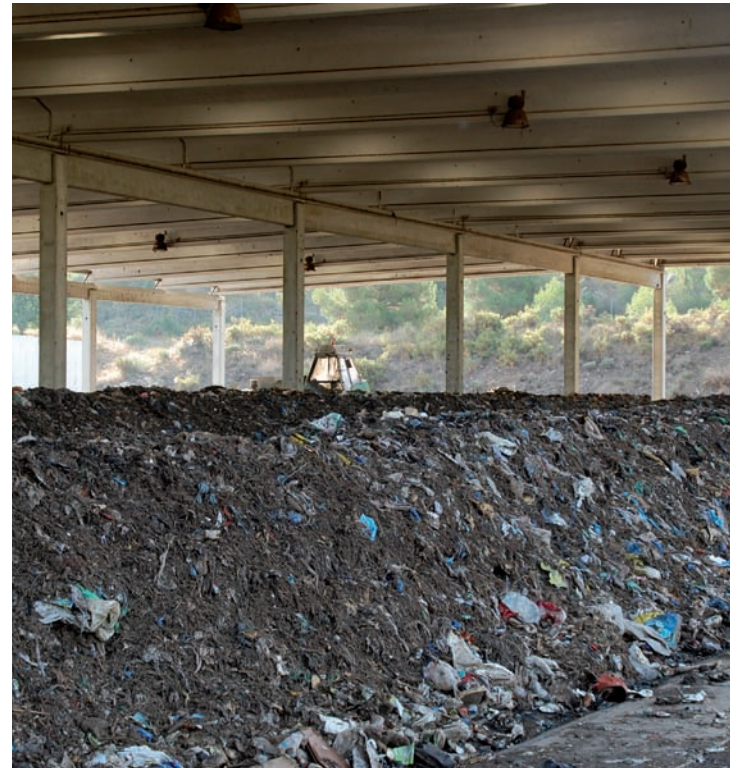


04

Etapa de descomposición

La etapa de descomposición es la fase del proceso de compostaje en la que se produce la descomposición biológica de las moléculas más fácilmente degradables con una liberación de energía que conlleva el aumento de la temperatura del material y la evaporación de parte del agua contenida en este material, y con una disminución inicial del pH por formación de ácidos orgánicos.

La fase de descomposición se caracteriza por la reducción del peso y del volumen, la estabilización parcial y la higienización del material, gracias al mantenimiento de un ambiente óptimo para el desarrollo de los microorganismos.

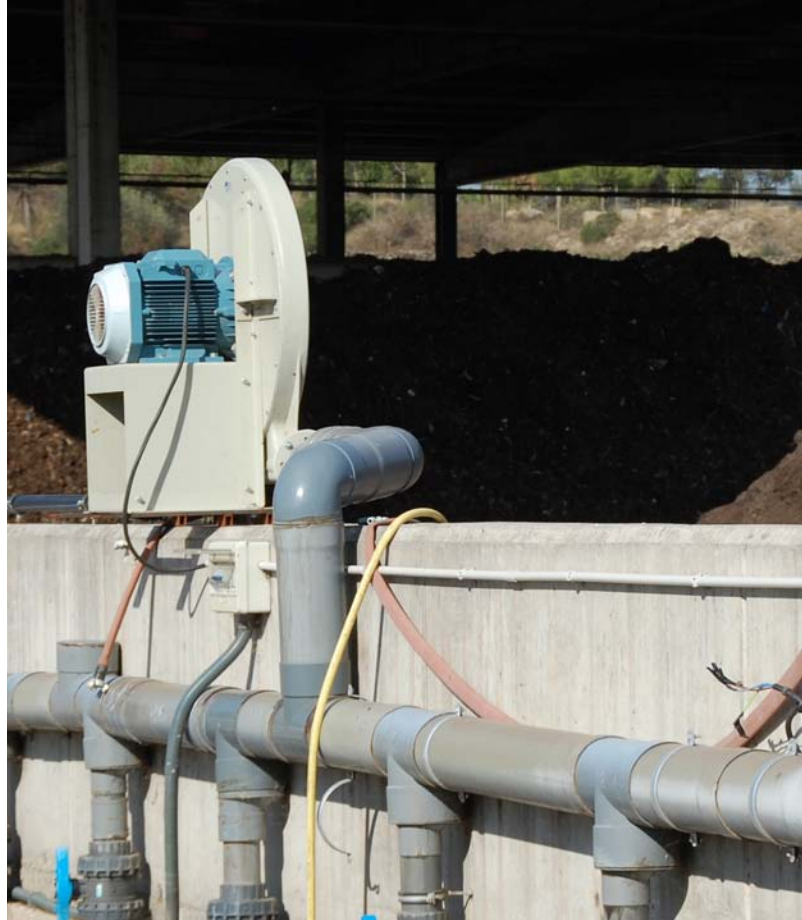


Al tratarse de la etapa biológicamente más activa, se deben controlar cuidadosamente las condiciones de trabajo para evitar:

I. Temperaturas excesivas. Para evitar temperaturas demasiado elevadas hay que airear, remover o regar el material convenientemente.

II. Condiciones anaeróbicas. Para evitar que aparezcan las condiciones anaeróbicas (falta de oxígeno) se debe reponer adecuadamente el oxígeno consumido.

III. Pérdidas innecesarias de nitrógeno en forma de NH_3 . Para evitar estas pérdidas hay que minimizarlas compostando materiales biodegradables que presenten una relación de nutrientes C/N adecuada.



¿Requiere la etapa de descomposición de residuos de alta degradabilidad (RAD) la aireación forzada para un buen funcionamiento?

Sí. La aireación forzada permite que se garantice el aporte de aire (O_2) suficiente para satisfacer las necesidades de la actividad microbiana del proceso y se minimicen las emisiones de olores molestos.

Esta aireación se puede efectuar por impulsión o por aspiración; el volteo puede ser un complemento, pero por sí solo no es suficiente.

Excepto en situaciones en que se garantice la aireación natural.

La etapa de descomposición debe incluir obligatoriamente un periodo de higienización para toda la masa de materiales biodegradables en proceso de compostaje.

A continuación se muestran las recomendaciones americanas (EPA, 1999) sobre la temperatura y la duración mínima de este periodo, que se pueden resumir del siguiente modo:

TEMPERATURA	DURACIÓN MÍNIMA
55 °C	3 días
60 °C	1 día
65 °C	3 horas
70 °C	1 hora

Hay que tener en cuenta que, para que la etapa de descomposición se desarrolle correctamente, es necesario disponer de una buena mezcla (presencia de estructurante, porosidad, humedad). (Véase el capítulo «Pretratamiento».)

Duración de la etapa de descomposición

- > Si se compostan exclusivamente **residuos de baja degradabilidad (RBD)**:
- Se suele considerar conjuntamente la duración de las etapas de descomposición y maduración.
 - La duración mínima para el conjunto de las dos etapas no se puede precisar, ya que depende de las características de los materiales o mezclas de materiales (porcentaje de MO degradable, relación C/N, etc.), pero de entrada se fija en un mínimo de seis meses. En consecuencia, si la

duración base que se plantee en el proyecto es inferior a este valor, se han de justificar los motivos (adición de compuestos nitrogenados para adecuar la relación C/N, trituración muy intensiva para favorecer el ataque microbiano, aireación forzada, etc.).

> Si se compostan **residuos de alta degradabilidad (RAD)**:

Más del 80 % de la masa de los RAD se ha preestabilizado	2 semanas
Más del 20 % de la masa de RAD no se ha preestabilizado	4 semanas

- > La duración base de la etapa de descomposición se debe ir incrementando en los siguientes casos:
- Si la ventilación del proceso no permite asegurar el control de la temperatura y no se recircula el aire caliente.
 - Si se desarrolla bajo cubierta de geotextil impermeable y transpirable.
 - Si no se ha querido incorporar mezcladora u homogeneizador en el pretratamiento, a pesar de que las características de los materiales que se debían compostar lo hacían recomendable.
- > La duración preestablecida según los criterios anteriores se puede revisar si, una vez que esté en funcionamiento la instalación, se constata que, a partir de un momento determinado, el nivel de estabilidad alcanzado por el precompost garantiza que se ha reducido su peso y volumen, su fermentabilidad y su poder odorífero.

Superficie necesaria

Para el cálculo de la superficie de la zona de descomposición se deben tener en cuenta determinados factores como el volumen de residuos por tratar semanalmente, la duración del proceso en esta fase, la proporción de estructurante y los espacios necesarios (espacio entre pilas, espacios de maniobra).

La superficie necesaria (no se incluye la superficie que requiere el movimiento de la maquinaria o la instalación de los equipos complementarios), en metros cuadrados, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

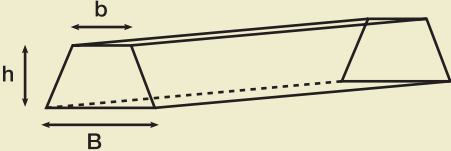
$$S_d = Q_d \cdot (V_m/M_r) \cdot (1 \text{ año} / 52 \text{ semanas}) \cdot t_d \cdot (1/CC_d)$$

Donde:

- > **S_d** = superficie necesaria para la etapa de descomposición.
- > **Q_d** = capacidad de diseño de la instalación, equivalente a la capacidad nominal de la instalación Q_n (toneladas de residuo que se prevé tratar anualmente), multiplicado por el factor de seguridad 1,10.
- > **V_m/M_r** = volumen en metros cúbicos que resulta de la mezcla del residuo con los diferentes estructurantes y otros materiales complementarios en las proporciones definidas, referido a cada tonelada de residuo por tratar.
- > **t_d** = duración, en semanas, que requiere la etapa de descomposición.
- > **CC_d** = capacidad de carga o volumen en metros cúbicos del material o mezcla para compostar que es posible acumular por cada metro cuadrado de superficie, de acuerdo con la opción tecnológica elegida para esta etapa.



Ejemplos de cálculo de la capacidad de carga (CCd).

SECCIÓN	FORMA DEL APILAMIENTO	SUPERFICIE DE LA SECCIÓN
Trapezoidal		$S = (B + b)/2 \cdot h$
Triangular		$S = (B \cdot h)/2$
Rectangular		$S = (B \cdot h)$
Semicircular		$S = \lambda \cdot (B/2)^2/2$

$$CCd = S/B^3$$

Cuando la etapa de descomposición esté constituida por diferentes fases sucesivas —por ejemplo, porque haya un cribado para eliminar impropios gruesos o un reagrupamiento del material a media etapa—, la superficie necesaria se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_d = Q_d \cdot (1/52) \cdot [(V'_m/M_r \cdot t'_d \cdot (1/CC'_d) + (V''_m/M_r \cdot t''_d \cdot (1/CC''_d) + \dots]$$

Donde los parámetros se refieren a cada una de las sucesivas fases.



PARA TENER EN CUENTA

Parte de la superficie es inhábil, puesto que debe estar libre para recibir nuevo material para compostar o estará ocupada por otro material ya precompostado y pendiente de ser trasladado a la zona destinada a su maduración.

En caso de que la etapa de descomposición se lleve a cabo sin protección contra la lluvia —sin cubierta convencional o de geotextil—, la superficie resultante de los cálculos anteriores se debe incrementar obligatoriamente en un 15 %. La razón de esta exigencia es disponer de un espacio de seguridad para poder prolongar la duración de la etapa cuando, debido a continuas lluvias, el paso del aire se interrumpa temporalmente y, en consecuencia, el proceso se detenga.

El valor obtenido según las fórmulas anteriores se debe corregir de acuerdo con la gestión prevista para los materiales en la etapa. Hay que tener en cuenta que parte de la superficie será inhábil, puesto que debe estar libre para recibir nuevo material para compostar o estará ocupada por otro material ya precompostado y pendiente de ser trasladado a la zona destinada a su maduración. La zona de giro de la volteadora y el desplazamiento del material que algunos de estos equipos provocan también inutilizan parte de la superficie. Asimismo, en ocasiones hay que dejar espacios de separación entre materiales en diferente estadio de descomposición, ya sea porque no interesa que estén en contacto o bien para permitir la actuación de las volteadoras.

La superficie total necesaria para la etapa es el resultado de integrar en el espacio real la S_d obtenida según el cálculo y las consideraciones anteriores: por ejemplo, número de pilas, espacio de separación entre sí, espacio para el giro de la volteadora, espacio de seguridad respecto a los pilares (en caso de que los hubiera), etc.

La incorporación de líquidos

La incorporación de líquidos en la etapa de descomposición puede ser necesaria cuando:

- > El material o la mezcla que se han de compostar estén por debajo de los niveles de humedad necesarios para que el compostaje arranque o se desarrolle con normalidad.
- > La actividad microbiana durante la etapa de descomposición es tan energética y la generación de

calor es tan elevada que la masa en compostaje se llega a secar hasta ralentizar o casi detener el proceso microbiano.

Para estas situaciones debe preverse la instalación de equipos que permitan el aporte de agua, lixiviados u otros residuos líquidos.

Los lixiviados y los residuos líquidos solo se pueden aplicar antes de la fase de higienización.

La aplicación de un líquido aprovechando la actuación de un equipo de volteo es muy apropiada si se dispone de este equipo.



TIPO DE LÍQUIDO Y PROCEDENCIA	FASE DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN LA QUE SE PUEDE USAR
LIXIVIADO GENERADO EN LA PROPIA INSTALACIÓN. Procedente de: > las zonas habilitadas para la descarga de residuos > la fase de descomposición	> Mezcla de los residuos que forman la matriz destinada a compostaje > Descomposición
AGUAS LIMPIAS. Procedentes de: > tejados y conducidas por canalización > fuentes de suministro privadas	> Descomposición > Maduración > Postratamiento
AGUAS SUCIAS. Procedentes de: > viales de paso > zona de maduración > zona de almacenamiento del producto final	> Descomposición > Maduración
RESIDUOS LÍQUIDOS CON MATERIA ORGÁNICA. Procedentes de: > la industria agroalimentaria > la separación de fases de las deyecciones ganaderas	> Descomposición
RESIDUOS LÍQUIDOS INORGÁNICOS QUE CONTIENEN MACROFITONUTRIENTES O MICROFITONUTRIENTES y que se usan en la fabricación de fertilizantes (derivados amoniacales, sulfatos, sales potásicas, etc.)	> Raramente en descomposición > Maduración > Postratamiento (peletización, elaboración de <i>blending</i>, etc.)

Sistemas tecnológicos

Los sistemas tecnológicos de compostaje son muy variados. Además, para cada uno de estos sistemas de compostaje el mercado ofrece una gran diversidad tecnológica.

Resumidamente, estos sistemas se pueden clasificar como sigue:

> Según el movimiento y la disposición del material durante la etapa:

- **Sistemas estáticos:** pilas, trincheras o canales (con paredes laterales que contienen el material), pilas extendidas (sin estas paredes), reactores de tipo túnel.
- **Sistemas dinámicos:** pilas, trincheras, pilas extendidas o canales volteados periódicamente, reactores rotativos.

> Según el tipo de **equipos de volteo**:

- De pilas.
- De pilas extendidas.
- De canales.
- Reactores cilíndricos.



> Según la **ventilación forzada** (con recirculación de aire caliente o sin ella):

- Impulsión, aspiración o con alternancia.
- Continua (con variación de caudal o sin ella) o discontinua.

> Según el tipo de **control de la ventilación**:

- Temporizada o de caudal variable.
- Para asegurar niveles mínimos de oxígeno.
- Para controlar la temperatura de la masa.
- Integrando varios factores.

Aunque es difícil proporcionar valores más precisos, como referencia podemos indicar lo siguiente:

- Asegurar la oxigenación en la etapa de descomposición requiere una potencia instalada para la ventilación de unos cuantos vatios por tonelada tratada de RAD.
- Controlar además la temperatura del proceso requiere unas decenas de vatios por tonelada.
- Se necesitan unas centenas de vatios por tonelada en caso de que exista recirculación de aire caliente.

> Según la **solera pavimentada** (de hormigón o similar):

- Perforada de tipo *spigot* o picholín.
- Perforada de tipo *plenum*.
- Tubos perforados sobre el pavimento.
- Tubos perforados en zanjas realizadas en el pavimento.
- Tubos perforados embebidos en un material grueso y poroso (grava, corteza, astilla, etc.).

> Según la **ubicación del material** en la etapa:

- Al aire libre sin ningún tipo de protección para la lluvia.
- Al aire libre con cubierta:
 - Clásica (chapa, plástico rígido o lámina, etc.).
 - De geotextil impermeable y transpirable.
 - De lámina plástica en contacto directo con el material pero con respiraderos para evacuar el aire gastado.
- Nave cerrada.
- Reactores (túneles, boxes, tambores rotativos, reactores verticales, etc.).
- Otros.



Criterios de diseño

Las zonas destinadas a la etapa de descomposición deben disponer necesariamente de solera pavimentada (hormigón, asfalto, etc.), de la pendiente adecuada para recoger los lixiviados y del sistema de conducción hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente.

La única excepción la encontramos en el compostaje de fracción vegetal. En este caso, la etapa de descomposición se puede efectuar sobre una superficie de tierra, siempre que:

- > Esté compactada y con las pendientes adecuadas para la recogida de aguas pluviales.
- > No se haya incorporado algún RAD, RBD o solución nitrogenada para favorecer el proceso.

El agua de lluvia que caiga sobre las zonas de descomposición y los viales que les dan directamente servicio —en caso de que no estén protegidos— se considera lixiviado y también se debe conducir hasta la balsa o depósito de almacenamiento de los lixiviados.

La única excepción a la consideración anterior vuelve a ser la zona destinada al compostaje de fracción vegetal, siempre que NO se haya incorporado algún RAD, RBD o solución nitrogenada para favorecer el desarrollo del compostaje. En este caso, las aguas de lluvia se consideran aguas pluviales sucias y deben conducirse a la balsa o depósito de almacenamiento de estas aguas.





05

Etapas de maduración

Durante la **etapa de maduración**, en la parte final del proceso de compostaje, se generan mayoritariamente compost estables, de características similares a las sustancias húmicas del suelo, a partir de los compost producidos en la anterior etapa de descomposición.

En esta etapa de maduración, la descomposición de materia orgánica, aunque existe, tiene mucha menos importancia, por lo que no hay ni un consumo elevado de oxígeno ni una gran liberación de energía. Por ello, la temperatura de la masa durante la etapa debería ir disminuyendo gradualmente.

Debido a la menor actividad microbiana, esta etapa es mucho menos crítica que la precedente y no requiere un control tan exhaustivo de las condiciones de trabajo. De todos modos, en la práctica conviene estar atento y actuar para evitar las siguientes situaciones:

I. Temperaturas demasiado elevadas, que pueden ralentizar o inhibir la actividad microbiana. Para evitarlas, al igual que en la etapa de descomposición, es necesario ventilar, remover o regar el material convenientemente.

II. Sequedad excesiva, que, además de potenciar el fenómeno del calentamiento excesivo del material descrito anteriormente, ralentiza o detiene la actividad microbiana, por lo que al final de la etapa se obtienen materiales menos maduros de lo que sería esperable y deseable. Para evitar esta sequedad es necesario llevar a cabo una buena gestión de los riegos y un buen control de la humedad del material en maduración.



La aireación forzada en la etapa de maduración

Una gestión adecuada del compostaje a lo largo de la etapa que nos ocupa, con la consiguiente disminución sustancial de la actividad de descomposición, debería garantizar que en la etapa de maduración no sea necesaria la aireación forzada.

En determinados casos, cuando haya disminuido notablemente la porosidad del material que entra en maduración, o bien cuando los apilamientos sean muy grandes y de alturas elevadas, como por ejemplo grandes pilas extendidas, silos o trincheras, es recomendable un sistema de aireación forzada que favorezca la oxigenación y la evacuación de calor del material en maduración.

La etapa de maduración se puede subdividir en dos fases, con aireación forzada y sin ella, y con cambio de ubicación del material.

En cualquier caso, **el objetivo principal es alcanzar un adecuado nivel de madurez del compost.**



Duración de la etapa de maduración

> Si se compostan exclusivamente **residuos de baja degradabilidad (RBD)**:

- Se suele considerar conjuntamente la duración de las etapas de descomposición y maduración. Esta duración conjunta de ambas etapas es de seis meses, en función de las características de los materiales, tal como ya se ha comentado en el anterior apartado sobre la etapa de descomposición.

> Si se compostan **residuos de alta degradabilidad (RAD)**:

- La duración mínima de la etapa de maduración es de seis semanas.
- Esta duración, preestablecida en el criterio anterior, se puede revisar, tanto al alza como a la baja, una vez la instalación esté en funcionamiento y se pueda comprobar el tiempo real que requiere el compost para alcanzar los criterios establecidos (véase el anexo A.1, «Parámetros de estabilidad»).
- En cualquier caso, y para prevenir una hipotética necesidad de tener que revisar al alza la duración de la etapa, es muy recomendable sobredimensionar ligeramente esta duración y, por lo tanto, la superficie que se dedique a la etapa de maduración. También es recomendable para aquellas situaciones en las que el proceso haya sufrido alguna incidencia y el material no alcance la estabilidad necesaria al final del periodo habitual de maduración.

Superficie necesaria

Para el cálculo de la superficie de la zona de maduración se debe considerar la cantidad/volumen de residuos que provienen de la fase de descomposición, las operaciones de reagrupación de materiales procedentes de la fase de descomposición, la capacidad de carga del material por unidad de superficie, la duración del proceso en esta fase y los demás espacios necesarios.

La superficie necesaria (no se incluye la superficie que requiere el movimiento de la maquinaria o la instalación de los equipos complementarios), en metros cuadrados, se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$Sm = Qd \cdot (Vpc/Mr) \cdot (1 \text{ año}/52 \text{ semanas}) \cdot tm \cdot (1+) \cdot (1/CCm)$$

Donde:

> **Sm** = superficie mínima necesaria, en metros cuadrados, para la etapa de maduración.

- > **Qd** = capacidad de diseño de la instalación, equivalente a la capacidad nominal de la instalación Qn (toneladas de residuo que se prevé tratar anualmente), multiplicado por el factor de seguridad 1,10.
- > **Vpc/Mr** = volumen en metros cúbicos de precompost que entra a madurar después del cribado o del reagrupamiento, referido a cada tonelada de residuo tratado (véanse los ejemplos de cálculo de la **ficha 3**).
- > **tm** = duración, en semanas, que requiere la etapa de maduración.
- > **CCm** = volumen de material en metros cúbicos que es posible acumular por cada metro cuadrado de superficie destinada a la etapa de maduración, de acuerdo con la opción tecnológica elegida para esta fase (véase la ficha de capacidad de carga del apartado sobre la etapa de descomposición).

Ejemplo de cálculo de la relación precompost a maduración / residuo tratado

Tipo de residuo	Identificación del parámetro	FORM	Lodo de EDAR	Restos vegetales	Unidades	Cálculo
Densidad aparente del residuo	d	0,6	1,0	0,3	kg/L	
Proporción residuo/estructurante en la mezcla inicial	RV	2,00	0,25	-	m³/m³	$V_{\text{estructurante}} / V_{\text{residuo}}$
Proporción estructurante/residuo en la mezcla inicial	1/RV	0,5	4,0	0,0	m³/m³	$V_{\text{residuo}} / V_{\text{estructurante}}$
Reducción de volumen al efectuar la mezcla inicial	RM	0,95	0,80	1,00	tanto por uno	$V_{\text{mezcla inicial}} / (V_{\text{residuo}} + V_{\text{estructurante}})$
Reducción de volumen durante la etapa de descomposición	RD	0,65	1,00	0,40	tanto por uno	$V_{\text{precompost}} / V_{\text{mezcla inicial}}$
Reducción de volumen en el cribado previo a la maduración (recuperación de estructurante o eliminación de impropios)	RC	0,88	0,12	1,00	tanto por uno	$V_{\text{precompost cribado}} / V_{\text{precompost no cribado}}$

Cuando la etapa de maduración se lleva a cabo en sucesivas fases, efectuando cribados o reagrupamientos, el cálculo es el siguiente:

$$S_m = Q_d \cdot (1 \text{ año}/52 \text{ semanas}) \cdot [(V'_{pc}/Mr) \cdot tm' \cdot (1+\Delta') \cdot (1/CCm') + (V''_{pc}/Mr) \cdot tm'' \cdot (1+\Delta'') \cdot (1/CCm'') + \dots]$$

Donde:

- > **S_m y Q_d** tienen el significado indicado anteriormente.
- > **V'_{pc}/Mr , V''_{pc}/Mr , ...** = volúmenes en metros cúbicos de precompost que empieza a madurar o continúa madurando después de cada uno de los cribados o reagrupamientos, referidos a cada tonelada de residuo tratado.
- > **tm' , tm'' , ...** = duraciones, en semanas, de las sucesivas subfases de la etapa de maduración ($tm' + tm'' + \dots$), que serán iguales a la duración total de la etapa de maduración.
- > **Δ' , Δ'' , ...** = los incrementos de la duración de las sucesivas subfases.

El valor obtenido según las fórmulas anteriores se debe corregir de acuerdo con la gestión prevista para los materiales en la etapa. Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Parte de la superficie será inhábil, dado que debe estar libre para recibir nuevo material para su maduración o estará ocupada por otro material ya madurado y pendiente de ser trasladado a la zona destinada a su almacenamiento.
- El uso de volteadora también inutiliza una parte de la superficie: la zona que se requiere para el giro de la propia volteadora y el espacio que ocupa el desplazamiento del material que algunos de estos equipos provocan.
- Asimismo, en ocasiones hay que dejar espacios de separación entre materiales en diferente estadio de maduración, ya sea porque no interesa que estén en contacto o bien para permitir la actuación de las volteadoras.

Otros aspectos del diseño de la zona de maduración también requieren espacio: zonas de paso de la maquinaria, entradas, espacio de seguridad respecto a los pilares (en caso de que los hubiera), etc.





La incorporación de líquidos

La incorporación de líquidos durante la etapa de maduración puede ser necesaria para que el precompost:

- Sea demasiado seco, ya desde el inicio, para permitir una actividad microbiana adecuada.
- Se seque demasiado por la propia actividad microbiana de la etapa de maduración.

Para estas situaciones deben preverse equipos que permitan el aporte de agua. A continuación destacamos algunos aspectos importantes desde la perspectiva de esta etapa:

- Es del todo recomendable emplear aguas limpias.
- No está permitido emplear lixiviados y residuos líquidos para el riego en la maduración.
- En cambio, sí que se permite el uso de aguas pluviales sucias, siempre que se gestionen aparte de los lixiviados.

La aplicación de un líquido aprovechando la actuación de un equipo de volteo es muy apropiada si se dispone de este equipo.





Sistemas tecnológicos

Las alternativas tecnológicas para la etapa de maduración son las mismas que las de la precedente etapa de descomposición. Sin embargo, dado que la etapa de maduración no requiere un control tan exhaustivo de las condiciones de trabajo, se suelen emplear las alternativas más simples, como pilas, pilas extendidas o silos.

Por la propia definición de la etapa, la maduración debería tener asegurada la oxigenación de forma espontánea. No obstante, ya se ha comentado anteriormente que, bien por la disposición que se dé al apilamiento o bien porque la porosidad del material es insuficiente, en ocasiones debe recurrirse a la aireación forzada para alcanzar niveles suficientes de oxígeno o, también, para evitar excesivos aumentos de la temperatura de la masa. En cualquier caso, son sistemas de aireación sencillos, con menos puntos de inyección de aire y menor caudal que los necesarios en la etapa de descomposición.

Criterios de diseño

Con las pautas introducidas en este apartado, la etapa de maduración debe quedar definida en los siguientes términos:

- La gestión del material durante la etapa: cambios de ubicación, cribados intermedios, reagrupamientos, etc.
- La alternativa tecnológica para la etapa (para cada una de las fases):
 - Con movimiento o no del material.
 - Con aireación forzada o sin ella.
 - Con una estructura fija de cubierta o sin ella.
 - La duración de la etapa.

- La proporción Vpc/Mr en caso de que esté constituida por una sola fase, o bien las diferentes proporciones, en caso de que se lleven a cabo manipulaciones a media etapa.
- La superficie destinada a la etapa, incluido el espacio no utilizable debido al sistema de gestión del material y de la maniobra de la maquinaria.
- La necesidad de instalar equipos de aplicación de agua y, en caso afirmativo, el tipo de equipo.
- Las pautas o criterios para la elaboración del manual de explotación y el plan de prevención de riesgos laborales correspondientes a esta etapa.

La etapa de maduración se realizará siempre sobre una solera pavimentada (de hormigón o similar), que asegure la recogida y la conducción de las aguas de escorrentía.

El agua de lluvia que caiga directamente sobre las zonas de maduración y los viales que les dan servicio —en caso de que no estén protegidos— se considera lixiviado, se debe conducir hasta la balsa o depósito de almacenamiento de lixiviados y se debe gestionar como tal.

La única excepción a la consideración anterior es la zona destinada al compostaje de fracción vegetal, siempre que NO se haya incorporado algún RAD, RBD o solución nitrogenada para favorecer el desarrollo del compostaje.

En este caso, las aguas de lluvia se consideran aguas pluviales sucias y deben ser conducidas a la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente a estas aguas.







06

Postratamiento

Se llama **etapa de postratamiento** al conjunto de operaciones que, opcional o necesariamente, deben llevarse a cabo una vez finalizada la etapa de maduración, con los siguientes objetivos:

- 1) Recuperar el estructurante en caso de que la mezcla compostada todavía lo contenga e interese recuperarlo.
- 2) Separar los impropios que el compost generado pueda contener, por no haberse eliminado anteriormente.
- 3) Mejorar las características físicas del estructurante recuperado (fundamentalmente, eliminar impropios) para poder reutilizarlo en nuevos ciclos de compostaje.
- 4) Obtener un compost de una granulometría determinada.
- 5) Obtener unos productos para comercializar con unas características químicas o físicas determinadas, ya sea mezclando diferentes compost o bien mezclándolos con abonos minerales, arenas, tierras vegetales, etc.
- 6) Ofrecer unas determinadas presentaciones del producto.

El material estructurante que se reutiliza en nuevos ciclos de compostaje se denomina habitualmente **recirculado**.



Condiciones del compost obtenido

TIPO DE PRODUCTO	COMPONENTES ESENCIALES	INFORMACIÓN SOBRE LA EVALUACIÓN DE LOS NUTRIENTES. OTROS REQUISITOS
Enmienda orgánica. Compost	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila) en condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables recogidos separadamente	Materia orgánica total: 35 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 20 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos) El 90 % de las partículas deben pasar por una malla de 25 mm
Enmienda orgánica. Compost vegetal	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila), exclusivamente de hojas, hierba cortada y restos vegetales o de poda , en condiciones controladas	Materia orgánica total: 40 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 15 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos)
Enmienda orgánica. Compost de estiércol	Producto higienizado y estabilizado obtenido por descomposición biológica aeróbica (incluye la fase termófila), exclusivamente de estiércol , en condiciones controladas	Materia orgánica total: 35 % Humedad máxima: 40 % Relación C/N < 20 No puede contener impropios (impurezas) ni inertes de ningún tipo (piedras, grava, metales, vidrios o plásticos)

Extraído del Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.

Fases

El postratamiento puede estar constituido por las siguientes operaciones, dependiendo de los materiales compostados:

- 1) La recuperación del estructurante, mediante un cribado.
- 2) La eliminación de impropios del compost, en caso de que lo contenga.

- 3) El acondicionamiento del estructurante recuperado o reciclado.
- 4) La preparación de mezclas para comercializar.
- 5) La preparación de unos productos para comercializar con unas granulometrías determinadas.
- 6) Su expedición o comercialización.

La duración de estas operaciones depende evidentemente de los volúmenes de material que se han de manipular y de la capacidad de los equipos elegidos.

Confinamiento de esta operación

En principio, los materiales que se manipulan en la etapa de postratamiento no deben generar malos olores. Por tanto, no es necesario confinarlos, aunque hay algunas situaciones en las que habría que tomar medidas de prevención contra los malos olores.

1) Las operaciones que conforman el postratamiento:

- > Se deben desarrollar a cubierto en caso de que se trate de equipos fijos.
- > Se deja a criterio del promotor llevarlas a cabo a cubierto o al aire libre si los equipos son móviles.

2) Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es el hecho de que algunos de los materiales manipulados en esta etapa, como el compost, presentan una granulometría muy fina y son fácilmente arrastrados por el viento. Por lo tanto, se ha de valorar la conveniencia de incorporar medidas correctoras, tales como:

- > Disponer barreras físicas, como muros, mallas de plástico, pantallas vegetales, microaspersión localizada, etc.
- > Carenar los elementos de cribado y transporte (*trommels*, cribas vibradoras, transportadores de banda, etc.).
- > Posponer las operaciones (cribados, descargas, etc.) que, en condiciones meteorológicas adversas, incrementen de forma apreciable la emisión de polvo.



Materiales resultantes del postratamiento

Como resultado de las diferentes operaciones que configuran la etapa de postratamiento se obtienen una serie de materiales que hay que tratar y almacenar adecuadamente. Estos materiales son:

1) El **compost** y los productos que se derivan de este: compost de diferentes granulometrías, así como fertilizantes y enmiendas obtenidos al mezclar el compost con otros materiales ajenos al proceso de compostaje. Todos estos productos, a granel o ya envasados, deben almacenarse hasta su comercialización o hasta que lleguen a su destino final.

2) El **estructurante**:

- > Es el reciclado, es decir, la totalidad o la fracción del estructurante recuperado que se reutilizará en nuevos ciclos de compostaje.
- > La fracción o las fracciones del estructurante que no presentan las características adecuadas para su reutilización se consideran habitualmente rechazo y se tratan como tal.

3) Los **rechazos**. Dado que los rechazos se envían, habitualmente, fuera de la instalación, se puede valorar la conveniencia de almacenarlos en los propios contenedores en los que deban ser trasladados.

Cribado

Durante el proceso de compostaje es necesario, para algunos materiales, realizar un cribado en el transcurso de las etapas de descomposición o de maduración, o bien al final de estas etapas, para eliminar parte de los impropios de gran tamaño que puedan estar presentes en el material o para recuperar parte del estructurante de la mezcla que se está compostando.

Razones para cribar

Impropios

Si el material que se ha de compostar contiene impropios, conviene separarlos tanto como sea posible y cuanto antes mejor. De este modo se reducirá:

- > La superficie que se ha de destinar a las posteriores etapas del proceso.
- > El desgaste de equipos, instalaciones, pavimentos, etc.
- > El riesgo de obtener un producto final con una elevada concentración de contaminantes o de impurezas.

Estructurante

El interés de la recuperación del material estructurante reside en su incidencia económica (costes de explotación), en el volumen y la facilidad de recuperación de este material y, por último, en la reducción de la superficie destinada a etapas posteriores al cribado.

El volumen recuperable depende de lo siguiente:

- > La degradación que sufre el estructurante utilizado (astilla, madera de poda, etc.) en el transcurso del proceso. Por lo tanto, la duración que requiere este proceso también es un factor que debe considerarse.
- > El tamaño del estructurante y su relación con el paso de malla de la criba utilizada.
- > Si se trata de procesos dinámicos o estáticos, ya que los procesos dinámicos tienen más tendencia a deshacer el estructurante.

Las características de los materiales separados —recirculado o impropios— dependen del momento en que se lleva a cabo la operación. Así, los rasgos diferenciales de los materiales recuperados a medio proceso de compostaje respecto a los recuperados al final de la etapa de maduración son los siguientes:

- 1) Una humedad superior, lo que minimiza la problemática del polvo, pero que, cuando es excesiva, puede causar frecuentes atascos en las cribas.
- 2) El estructurante recuperado o los impropios separados pueden contener restos adheridos del material/residuo que deba compostarse aún no completamente estabilizado.



Alternativas tecnológicas

Equipos de preparación del estructurante

Los equipos utilizados en la recuperación del estructurante son cribas de diferentes tipos: estáticas inclinadas, rotativas, vibrantes, de estrella, etc. A la hora de elegir el equipo apropiado conviene valorar los siguientes aspectos:

- 1) Capacidad de trabajo adecuada a los volúmenes que se han de manipular.
- 2) Facilidad para cambiar la luz de la criba, si lo requiere el proceso industrial.
- 3) Eficacia con materiales de humedades variables.
- 4) Facilidad para limpiar los equipos.
- 5) Capacidad para acoplar sistemas, pasivos o activos, de retención o eliminación de polvo.

Equipos para la separación de impropios

Los equipos de separación de impropios se basan en aprovechar una o varias de las características de estos materiales: granulometría, densidad, humedad, superficie específica, características electromagnéticas, etc.

A la hora de elegir el equipo adecuado interesa valorar los siguientes aspectos:

- 1) Capacidad de trabajo apropiada a los volúmenes que deban manipularse.
- 2) Eficacia en el tratamiento de materiales con distintos parámetros de humedad.
- 3) Facilidad para limpiar los equipos.
- 4) Capacidad para acoplar sistemas, pasivos o activos, de retención o eliminación de polvo.



Equipos para el acondicionamiento del reciclado

El acondicionamiento del estructurante recuperado —reciclado— puede consistir en:

- 1) La eliminación de impropios, que ensuciarían los materiales del siguiente ciclo de compostaje en el que se utilice el estructurante. Para esta función se utilizan separadores de plásticos y pesados basados en sistemas neumáticos y balísticos.
- 2) Su fraccionamiento granulométrico, para reutilizar las fracciones más adecuadas como estructurante. Los equipos utilizados son cribas.

Equipos de mezcla

A la hora de elegir el equipo de mezcla, ya sea para mezclar diferentes compost o bien para mezclar estos compost con fertilizantes minerales, arenas, tierras vegetales, etc., conviene valorar los siguientes aspectos:

- 1) Su capacidad de tratamiento, que debe ajustarse al diseño de la instalación.
- 2) Su versatilidad, en caso de que esté prevista la preparación de una amplia gama de productos.
- 3) La facilidad para limpiarlo, en caso de que sea necesario manipular alternativamente materiales diferentes.

Equipos de envasado

En esta operación se pueden utilizar:

- 1) Ensacadoras manuales.
- 2) Ensacadoras automáticas.
- 3) Equipos de llenado a granel (*big bags*).

Los sistemas de alimentación que complementan estos equipos de envasado deben adecuarse a las características de los materiales que se han de manipular: granulometría, humedad, etc.



Criterios de diseño

- 1) La escorrentía procedente de las zonas de postratamiento y los viales que les dan servicio —en caso de que no estén a cubierto— se considera agua pluvial sucia y se debe conducir hasta la balsa de almacenamiento correspondiente a estas aguas. La única excepción se indica posteriormente.
- 2) Las zonas destinadas a la etapa de postratamiento dispondrán de solera pavimentada (hormigón, asfalto, etc.) con la pendiente adecuada para recoger las aguas pluviales sucias, y del sistema de conducción hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente.

- 3) Toda instalación de compostaje que recupere el estructurante debe disponer obligatoriamente de un espacio de reserva donde se pueda acumular el reciclado generado en una semana de procesamiento.
- 4) Es muy recomendable que este espacio —u otro alternativo preparado expresamente— sea adecuado para poder tratar el reciclado que, por cualquier causa, no sea apto para su inmediata reutilización. Este espacio se ha de dotar de los siguientes complementos:
 - Aireación forzada para favorecer la regeneración del estructurante.
 - Sistemas de confinamiento o tratamiento de gases, si la situación de la instalación hace prever un riesgo evidente de molestias al vecindario por malos olores.
- 5) También cabe señalar que la escorrentía procedente de las zonas de almacenamiento temporal del estructurante recuperado (reciclado) se considera lixiviado y se debe conducir hasta la balsa de almacenamiento correspondiente a los lixiviados.
- 6) Otro aspecto que cabe considerar en el diseño de la etapa se deriva del hecho de que algunos de los materiales manipulados durante los postratamientos presentan una granulometría fina y, por ello, son fácilmente arrastrados por el viento. Por lo tanto, debe valorarse la conveniencia de medidas correctoras, tales como:
 - Disponer barreras físicas (muros, mallas de plástico, pantallas vegetales, microaspersión localizada, etc.).
 - Carenar los equipos de cribado y transporte.
- 7) Para asegurar unas correctas condiciones de higiene y salud laboral, es esencial plantear sistemas pasivos y activos contra el polvo en la mayoría de operaciones que configuran esta etapa.
- 8) También se debe tener en cuenta el riesgo de explosión debido al polvo que puede haber en algunas operaciones de esta etapa.

Parámetros de diseño que deben concretarse

Con las pautas introducidas en este capítulo, además de la información que pueda aportar el usuario, la etapa de postratamiento debe definirse en los siguientes términos:

- 1) La necesidad o no de cada una de las diferentes operaciones que configuran la etapa de postratamiento:
 - > La recuperación del estructurante.
 - > La eliminación de impropios del compost.
 - > El acondicionamiento del estructurante recuperado.
 - > La preparación de mezclas para comercializar.
 - > La preparación de unos productos para su comercialización con unas determinadas granulometrías.
 - > El envasado.
- 2) Para cada una las operaciones que sean necesarias, se debe concretar lo siguiente:
 - > La ubicación: al aire libre, a cubierto, con protecciones contra el viento, etc.
 - > Los equipos.
 - > La superficie ocupada, incluidos los almacenes para el estructurante recuperado, si procede.
 - > Los posibles sistemas antipolvo.
 - > El modo de operar.
- 3) Las pautas o criterios para la elaboración del manual de explotación y el plan de prevención de riesgos laborales correspondientes a esta etapa (operación).





07

Almacenamiento de compost y operaciones complementarias

Almacenamiento de compost

Se denomina **etapa de almacenamiento** de compost al periodo comprendido entre el final de las etapas productivas y su salida de la instalación.

Se necesita un tiempo mínimo de almacenamiento para poder dar respuesta a las siguientes situaciones:

- La estacionalidad en la demanda.
- Las emergencias logísticas.
- La trazabilidad de los productos producidos.
- El control o la reducción de la incidencia del polvo y su dispersión.



Fases

El almacenamiento se puede considerar constituido por las siguientes operaciones:

- 1) El transporte de los materiales desde el postratamiento.
- 2) El almacenamiento propiamente dicho.
- 3) La expedición de los productos.

En ocasiones, y siempre que no sea necesario someter el compost a algún postratamiento, se puede llevar a cabo el almacenamiento en el mismo lugar donde se realiza la maduración del producto, como una continuación natural de esta etapa: esta situación se da, sobre todo, en el compostaje de lodos o de estiércol. En este caso, los criterios que deben aplicarse en el diseño del almacenamiento son los que se definen en la etapa de maduración. Un ejemplo de esta situación podría ser el siguiente caso:

- 1) En un compostaje de lodos, se recupera todo el estructurante posible antes de la etapa de maduración o a media etapa.
- 2) El precompost cribado se apila en la zona de maduración, que en estas circunstancias debe disponer obligatoriamente de ventilación forzada, tanto para oxigenar la masa como para evacuar el calor generado.
- 3) Cuando ya no se requiere la ventilación, puede darse por terminada la etapa de maduración (habitualmente, a las seis semanas) y, sin mover el material de lugar, comienza el almacenamiento propiamente dicho.

Duración

- 1) La capacidad de almacenamiento para un **compost maduro** destinado a usos agrícolas o en la jardinería debe ser suficiente para acopiar la producción de, al menos, dos meses.

- 2) La capacidad de almacenamiento para un **compost fresco** también apto para la agricultura es de dos semanas, para poder cubrir cualquier contingencia logística que impida expedirlo. Este producto, por sus características, no puede almacenarse durante un periodo de tiempo más largo, por el riesgo de generar malos olores. Por ello, toda instalación de compostaje que pretenda producirlo debe coordinarse con otra instalación que puntualmente pueda completar su maduración en aquellos periodos en los que no hay demanda agrícola.
- 3) La capacidad de almacenamiento de un compost no apto para usos agrícolas es de dos semanas, para poder cubrir cualquier contingencia logística que impida expedirlo.
- 4) En aquellos casos en que se hagan coincidir sobre el mismo espacio las etapas de maduración y de almacenamiento, la duración es, evidentemente, la suma de las duraciones de cada una de las etapas.

Características del almacén

- 1) No es necesario confinar la etapa de almacenamiento, ya que los productos que llegan al almacén deben estar estabilizados y no existe ningún motivo para que generen malos olores.
- 2) La solera del almacén puede ser de tierra compactada, siempre que ello no dañe la calidad de los productos almacenados.
- 3) El almacén puede estar cubierto o no. A la hora de tomar la decisión se debe tener en cuenta:
 - Si la lluvia puede dañar o no la calidad del producto final: si está envasado o no, si se comercializa en peso o en volumen, si está destinado a depósito controlado (donde tendrá un precio por unidad de masa) o a aprovechamiento energético (donde se pagará según su poder calorífico), etc.
 - El dimensionamiento y el coste de las balsas o depósitos de recogida de aguas pluviales sucias,

dado que las aguas pluviales desaguadas del almacén y de los viales que les dan servicio tendrán esta calificación.

- 4) Otro aspecto que cabe tener en cuenta es el hecho de que los productos almacenados suelen ser bastante secos y la mayoría tienen una granulometría muy fina. Por lo tanto, si no están envasados pueden ser fácilmente arrastrados por el viento. Por ello, debe valorarse la conveniencia de establecer medidas correctoras, tales como barreras físicas, o evitar el movimiento del material cuando haga viento.

Alternativas tecnológicas

- 1) El almacenamiento debe ser múltiple o ha de estar debidamente compartimentado cuando tenga que dar servicio a distintos productos, para poder asegurar su calidad y trazabilidad.
- 2) Las zonas destinadas al almacenamiento deben disponer de una solera con la pendiente adecuada para

recoger las aguas pluviales desaguadas y las del sistema de conducción hasta la balsa de almacenamiento correspondiente.

- 3) El almacenamiento debe estar cubierto o no, en función de que el agua de lluvia pueda dañar la calidad del producto o complique la gestión en su destino final.
- 4) El agua de lluvia que caiga directamente sobre las zonas de almacenamiento (en caso de que estén descubiertas) se considera agua pluvial sucia y se debe conducir hasta la balsa o depósito de almacenamiento correspondiente a estas aguas.
- 5) En caso de que los productos se almacenen en envases impermeables, las aguas pluviales desaguadas pueden considerarse aguas limpias.
- 6) Por la misma razón, el diseño de la etapa debe evitar que la concentración de polvo en la atmósfera de la zona de trabajo sea excesiva y que se creen atmósferas explosivas debido a este polvo.



Parámetros de diseño que deben concretarse

Con las pautas introducidas en este capítulo, además de la información que pueda aportar el usuario, el almacenamiento se ha de definir en los siguientes términos:

- 1) La necesidad o no de múltiples almacenes o de un almacén compartimentado.
- 2) Para cada uno de los almacenes o compartimentos:
 - > La conveniencia o no de cubierta y, en caso afirmativo, el tipo de cubierta.
 - > El tipo de solera.
 - > La duración del almacenamiento.
 - > La gestión de los productos.
 - > La superficie ocupada.
 - > La conveniencia o no de protecciones contra el viento.
- 3) El diseño de la zona de carga de los camiones.
- 4) La gestión de las aguas pluviales.
- 5) Las pautas o criterios para la elaboración del manual de explotación y el plan de prevención de riesgos laborales correspondientes a esta etapa (operación).

Instalaciones y equipos complementarios

Las plantas de compostaje, según su capacidad, deben disponer de la totalidad o de parte de las instalaciones y equipos complementarios:

- 1) Edificios de servicio.
- 2) Báscula.
- 3) Balsas o depósitos de recogida de lixiviados, de aguas pluviales limpias y de aguas pluviales sucias.



- 4) Sistemas de tratamiento de los aires exhaustos.
- 5) Sistemas de eliminación de polvo.
- 6) Zona perimetral de seguridad.
- 7) Depósitos de combustibles.
- 8) Equipos de limpieza de camiones, maquinaria e instalaciones.
- 9) Equipos e instalaciones contra incendios.
- 10) Estación meteorológica automática.

Edificios

Las instalaciones de compostaje requieren habitualmente los siguientes equipamientos y edificaciones:

- 1) De servicio a los trabajadores (vestuarios, comedor, aseos, etc.).
- 2) Para contener los sistemas de control del proceso, el laboratorio y las oficinas.
- 3) Para controlar las entradas y salidas de materiales.
- 4) Aparcamiento de la maquinaria móvil.
- 5) Taller de mantenimiento.
- 6) Aparcamiento de vehículos privados.

En la **ficha 1** se indican las instalaciones de compostaje que deben disponer de un pequeño laboratorio con el utillaje que permita determinar los parámetros mínimos que requiere el control de calidad de los materiales destinados a compostaje y los productos obtenidos. La **tabla 1** recoge estos parámetros y los equipos de laboratorio necesarios:

FICHA 1			
Necesidad de laboratorio en las instalaciones de compostaje			
Material destinado a compostaje	Capacidad de tratamiento nominal		
	< 1.000 t/año	1.000-6.000 t/año	> 6.000 t/año
Fracción vegetal	Recomendable	Obligatorio	Obligatorio
Estiércol	Recomendable	Recomendable	Obligatorio
Resto de residuos de baja y alta degradabilidad	Exento	Obligatorio	Obligatorio

Asimismo, el laboratorio debe disponer de sondas portátiles de temperatura y de determinación de oxígeno en la atmósfera interna de los materiales, con independencia de que los sistemas de control de las etapas de descomposición y de maduración ya las posean.

TABLA 1	
Parámetros mínimos por determinar y equipos de laboratorio	
Parámetros	Equipos
pH	pH-metro
Salinidad	Conductímetro
Contenido en materia seca	Estufa y balanza
Contenido en materia orgánica (opcional, pero deseable)	Horno de mufla y balanza
Grado de madurez. Por su simplicidad, se recomienda el método Rottegrade	Vasos Dewar y termómetros
La densidad aparente y la porosidad , si se prevé que la instalación trate mezclas de materiales (por ejemplo, residuo estructu- rante)	Balanza

Zona perimetral

- Las plantas de compostaje deberán disponer de una valla perimetral que delimite toda la instalación, incluidos los almacenamientos de todo tipo de residuos y de los productos finales obtenidos. Esta valla tiene por finalidad:
 - > Evitar la entrada no controlada de personas y animales.
 - > Facilitar el control de entradas y salidas de material.
 - > Evitar la entrada de vehículos fuera de horas de trabajo.
- La valla perimetral debe tener una altura mínima de 2 m, contados desde la cota del pavimento.
- Las plantas de compostaje deberán cumplir las disposiciones establecidas por la normativa vigente sobre medidas de protección de incendios forestales. Las disposiciones actuales se recogen en la **ficha 2**.

FICHA 2	
Medidas que las instalaciones de compostaje deben aplicar para evitar incendios forestales	
Medidas	
Una zona de seguridad de 10 m hasta las masas forestales, que se contará desde la valla perimetral o desde los puntos definidos como de almacenamiento o de proceso.	
Una zona de protección, de 25 m de ancho, a continuación de la anterior.	
La propiedad o derecho de uso de estas franjas de protección.	

Balsas o depósitos de pluviales o de lixiviados

Los lixiviados

Definición

Son los líquidos que generan los RAD y los RBD (salvo las fracciones vegetales que pueden emplearse como estructurante) que se pretenda compostar, ya sea en la recepción, en el almacenamiento, en las operaciones de premezcla y mezcla o durante las etapas de descomposición o de maduración.

También se consideran lixiviados las aguas pluviales que se recojan de los siguientes puntos, siempre que estén descubiertos:

- De las zonas de almacenamiento temporal del estructurante recuperado (recirculado).
- De las zonas de descarga de los RAD y los RBD (excepto las fracciones vegetales nuevas), de su premezcla y de su mezcla/homogeneización.
- De las zonas destinadas a las etapas de descomposición y de maduración de los materiales anteriores.
- De las zonas destinadas a las etapas de descomposición y de maduración de las fracciones vegetales, cuando se haya incorporado algún RAD, RBD o solución nitrogenada para favorecer el desarrollo del compostaje.
- De los viales que dan servicio inmediato a todas estas zonas, es decir, cuando las ruedas de los vehículos puedan tener contacto directo con el material (residuo, mezcla, precompost, etc.).
- De los biofiltros descubiertos.

Gestión

Los lixiviados se deben recoger y almacenar, y se han de gestionar con alguna de las siguientes alternativas:

- Utilizarlos en el riego de la etapa de descomposición, pero siempre antes de una fase termófila de higienización.
- Tratarlos en una depuradora de la propia instalación.
- Transportarlos a instalaciones externas que estén autorizadas para el tratamiento de estos residuos.

También se gestionan como lixiviados las aguas de lavado de camiones.

Asimismo, los efluentes de la instalación de tratamiento de las aguas sanitarias de la instalación pueden gestionarse como lixiviados.

Las aguas pluviales sucias

Definición

Son las procedentes de todas las zonas de trabajo descubiertas de la instalación, incluidos los viales, y que no se han mencionado expresamente en el punto anterior.

Concretamente, se aplica esta calificación a las aguas de escorrentía de las zonas de postratamiento que estén descubiertas.

También reciben esta consideración las recogidas en las zonas destinadas a la recepción, la trituración y el almacenamiento de las fracciones vegetales que pueden emplearse como estructurantes.

Asimismo, son consideradas aguas pluviales sucias las procedentes de las etapas de descomposición, maduración y postratamiento de las fracciones vegetales con características para su empleo como estructurantes, siempre que NO se haya añadido ningún RAD, RBD o solución nitrogenada para favorecer el proceso de compostaje.



Gestión

En principio, las aguas pluviales sucias deben gestionarse igual que los lixiviados. Ahora bien, si se recogen separadamente, las aguas pluviales sucias se pueden utilizar para el riego en las siguientes situaciones:

- En cualquier momento de las etapas de descomposición o de maduración, si bien es muy recomendable su empleo antes de una fase termófila que permita higienizarlas.
- Si provienen del biofiltro, siempre que las aguas no huelan mal.

Cuando el riego no pueda consumir todas las aguas pluviales sucias se procederá del siguiente modo:

- Deben ser exportadas de la instalación a través de un gestor autorizado.
- Se pueden utilizar para el riego de suelos agrícolas, siempre previa formalización ante la Agencia de Residuos de Cataluña de la ficha de destino correspondiente.

Las aguas pluviales limpias

Definición

Son todas aquellas que no han estado en contacto directo con residuos ni con pavimentos sucios: aguas de cubiertas o de viales fuera de las zonas de trabajo.

Gestión

Se pueden verter directamente al cauce público o recogerse para uso de la propia instalación, en especial para el riego de la etapa de maduración —si el proceso lo requiere—, del biofiltro o del ajardinamiento, o bien para mantener las reservas contra incendios.

Criterios de selección de alternativas

El almacenamiento se puede realizar indistintamente en balsas o depósitos, siempre estancos.

Los depósitos cerrados son preferibles para la contención de lixiviados, dado que es más fácil el control de los malos olores, que se lleva a cabo mediante la aspiración de los gases de su atmósfera interior y la conducción hacia un sistema de tratamiento del aire.

Sin embargo, las balsas abiertas también se pueden adaptar para la recogida de lixiviados que huelan mal si:

- Se complementan con equipos de aireación superficial del líquido.
- Se cubren con una cúpula y se aspiran los gases del interior de esta cúpula para conducirlos al sistema de tratamiento.
- Se complementan con sistemas naturales de depuración: plantas acuáticas, cañaverales, etc.

El almacenamiento de los lixiviados y las aguas pluviales sucias debe efectuarse por separado o conjuntamente, en función de que el sistema de tratamiento o reutilización previsto para estas aguas sea, respectivamente, individual o conjunto.

Solo hay que recoger las aguas pluviales limpias cuando tengan una utilidad dentro de la instalación, como la reserva contra incendios o el riego de la zona de maduración, el biofiltro o el ajardinamiento.

Criterios de diseño

- Las balsas o depósitos deben disponer de una arqueta decantadora previa con reja.
- Las balsas abiertas o los depósitos también abiertos y de poca altura (menos de 2 m partir del nivel del suelo) deben disponer obligatoriamente de un vallado perimetral de 2 m de altura mínima con puerta de acceso cerrada con llave.
- Estos almacenamientos abiertos deben disponer de sistema de seguridad: cuerda anudada, salvavidas, etc.
- Los registros de acceso a los depósitos cerrados también deben disponer de un sistema que impida la entrada libre o fácil.
- Las balsas o depósitos para aguas pluviales limpias deben disponer de aliviadero hacia el cauce público.
- A la entrada de las balsas de aguas pluviales sucias se puede instalar un aliviadero limitador de caudal, para episodios de lluvia de alta intensidad. Este aliviadero debe disponer de reja para retener los materiales gruesos que se arrastren: plásticos, papeles, etc.

Criterios de dimensionamiento

Balsa o depósito de lixiviados

La balsa debe tener capacidad para almacenar lo siguiente:

- 1) El lixiviado generado por la masa de residuo, excluido el estructurante, presente en las etapas de descomposición y de maduración, y que se estima que será, respectivamente, el 5 y el 1 % de esta masa.
- 2) La escorrentía de las superficies ocupadas por las siguientes operaciones, etapas o instalaciones, siempre que estén descubiertas:
 - Descarga, almacenamiento, premezcla, mezcla/homogeneización, descomposición y maduración, tanto para los RAD como para los RBD, salvo las fracciones vegetales netas, que pueden emplearse como estructurante.
 - Viales que dan servicio inmediato a todas estas zonas, es decir, cuando las ruedas de los vehículos puedan estar en contacto directo con el material (residuo, mezcla, precompost, etc.).
 - La percolación de los biofiltros.

Balsa o depósito de aguas pluviales sucias

- 1) La balsa debe tener capacidad para almacenar la escorrentía de las superficies ocupadas por las siguientes operaciones o etapas, siempre que estén descubiertas:
 - Viales que no incurren en las especificaciones del punto anterior.
 - Postratamiento.
 - Recepción, trituración y almacenamiento de las fracciones vegetales netas, que pueden emplearse como estructurante.



Existen varias fórmulas de cálculo para determinar la capacidad necesaria que deben tener las balsas o depósitos (véanse los anexos de esta guía).

Aguas pluviales limpias

Dado que se pueden derivar directamente al cauce público, la capacidad de almacenamiento se define por:

- 1) Las necesidades de riego del proceso que no puedan ser cubiertas por lixiviados y aguas pluviales sucias.
- 2) Las necesidades de riego de los biofiltros de la instalación.
- 3) El mantenimiento de las reservas contra incendios.
- 4) Las necesidades del ajardinamiento de las instalaciones.

Sistemas de tratamiento de gases

En algunas de las operaciones que configuran el proceso de compostaje completo se pueden emitir gases malolientes, nocivos o ambas cosas a la vez. Para estas situaciones se debe disponer de sistemas de recogida o tratamiento de estos gases antes de que lleguen a la nave de trabajo o al exterior de la instalación, tanto por cuestiones de seguridad, salud laboral o medioambientales como para evitar molestias al vecindario. En este apartado se aborda la descripción de estos sistemas diseñados para la eliminación o la reducción/minimización de estos gases.

A la hora de elegir un sistema de tratamiento/eliminación de los gases generados en las instalaciones de compostaje se tendrán en cuenta los siguientes condicionantes:

- Las características químicas de los gases contenidos en la atmósfera por tratar. Aunque la composición de los aires que se han de tratar suele ser muy compleja, a partir de los materiales destinados a compostaje y las condiciones en que se desarrollará el proceso es fácil prever si existirán o abundarán alguno de los siguientes tipos de compuestos:
 - > **Amoniaco**, que se genera en el compostaje de materiales o mezclas con bajas relaciones C/N, como los lodos de EDAR.
 - > **Ácidos orgánicos, sulfuro de hidrógeno y sulfuros orgánicos**, que aparecen cuando en alguna parte del proceso no se ha conseguido mantener las condiciones aeróbicas propias del compostaje.
 - > **Otros compuestos orgánicos volátiles** (compuestos azufrados, compuestos aromáticos, terpenos, aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, etc.).
- El caudal y la concentración de olor del aire por tratar. Habitualmente se presentan dos situaciones:
 - > **Caudales bajos con elevada concentración**, que corresponden a gases del proceso (tolvas de almacenamiento, operación de mezcla, gases procedentes de la etapa de descomposición, etc.).
 - > **Caudales elevados de baja concentración**, que suelen proceder de la renovación de la atmósfera de las naves de trabajo.

Suele ser muy favorable —económicamente y por su eficiencia en la eliminación de olores— tratar por separado estos dos tipos de aires.

- El espacio disponible. Algunos sistemas de tratamiento son muy compactos y otros, en cambio, requieren mucha superficie.
- Los requerimientos de agua.
- El consumo eléctrico.
- Los requerimientos de otros combustibles (gas natural, gasóleo, etc.).
- La generación de subproductos o residuos por parte del sistema de tratamiento de gases, que posteriormente se deben eliminar o tratar, lo que no siempre es posible, fácil o económico: agua de limpieza de los gases, soluciones ácidas o básicas, carbón activado gastado, relleno de biofiltro degradado, etc.
- El tiempo de arranque. Los sistemas de tratamiento biológico requieren un periodo de tiempo antes de alcanzar su máxima efectividad.
- La fiabilidad ante los cambios de calidad del aire por tratar. En general, los sistemas químicos suelen presentar una robustez superior.
- La necesidad de mantenimiento. Todos los sistemas requieren mantenimiento, con mayor o menor frecuencia. Por lo tanto, deben preverse sistemas alternativos que permitan continuar tratando el aire durante estas operaciones, en caso de que falle el suministro de reactivos o por averías.
- La complejidad del sistema. Algunos sistemas de tratamiento requieren personal especializado para su funcionamiento y mantenimiento, mientras que otros son muy simples.

Los sistemas más comunes de tratamiento/eliminación de los gases molestos (malos olores) o posiblemente

nocivos generados en las plantas de compostaje se describen a continuación. Cabe destacar que habitualmente la máxima efectividad se consigue con la actuación de diferentes sistemas dispuestos en serie o bien tratando por separado los aires de diferentes concentraciones y caudales.

■ Lavadores húmedos (*scrubbers*)

Estos equipos ponen en contacto el aire por tratar con agua sola o con sustancias químicas disueltas.

■ Lavadores secos

El aire que se ha de tratar circula por una cámara que contiene un relleno inorgánico impregnado de productos químicos. Estos reaccionan con las sustancias olorosas y las inactivan.

■ Biofiltro

Consiste en un reactor con dos cámaras:

- > La primera actúa como distribuidora del aire por tratar.
- > La segunda está rellena de un material poroso sobre el que se instala una variada población de microorganismos. La actividad de estos microorganismos destruye los compuestos malolientes contenidos en el aire por tratar, que se hace circular a través del **relleno**.

Este material puede ser:

- > Biodegradable. Lo más habitual son los materiales forestales (corteza, madera de poda, astilla, etc.) precompostados o inoculados (normalmente con compost maduro). Son baratos, aunque presentan el inconveniente de que se degradan con el tiempo y se deben reponer o sustituir, pero tienen la ventaja de que, una vez agotados, se suelen reutilizar en la propia instalación.
- > Inerte (sintético o inorgánico), con inóculo. Es más caro, pero su vida útil es mucho más larga.

■ Biofiltro percolador

El biofiltro percolador actúa de forma similar al biofiltro convencional, pero se diferencia en que el relleno es siempre de un material no biodegradable y a través de él recircula continuamente una solución acuosa.

■ Oxidación térmica

Consiste en la oxidación en hornos a altas temperaturas —entre 350 y 400 °C con la ayuda de catalizadores y entre 650 y 800 °C sin catalizadores— de los compuestos orgánicos presentes en el aire por tratar, que se convierten en CO₂, H₂O, SO₂ y N_xO.

■ Adsorción

Consiste en hacer circular el aire que se ha de tratar a través de un material sólido adsorbente —carbón activo, gel de sílice, zeolitas, óxidos metálicos— que retiene en su superficie las sustancias olorosas.

■ Modificadores de olores

Son sustancias que, al ser dispersadas en el aire por tratar utilizando agua o aire como vehículo, anulan los efectos de los compuestos que generan malos olores, que están presentes por diferentes vías.

■ Condensación

La condensación elimina las sustancias malolientes contenidas en el aire por tratar enfriándolas, mediante un intercambiador de calor, por debajo de su temperatura de condensación.

Sistemas de eliminación de polvo

Con el fin de asegurar buenas condiciones de seguridad y salud laboral, deben extremarse las precauciones para evitar la generación de polvo.

A tal efecto, deben considerarse, entre otros aspectos, los siguientes:

- 1) El control de la humedad en los diferentes productos y procesos.
- 2) La utilización de equipos carenados.
- 3) La construcción de protecciones contra el viento.

Sin embargo, algunos equipos casi siempre generan polvo: cribas, mesas densimétricas, etc.

En estos casos, es recomendable la aspiración y la recogida del aire a través de ciclones o filtros de mangas.

Asimismo, conviene que estos sistemas de recogida tengan vaciados en continuo —por ejemplo, mediante transportadores de tornillo sin fin o transportadores de banda—, y que incorporen el polvo separado a los materiales con características similares, habitualmente el compost.

Instalaciones contra incendios

El riesgo de incendio en las instalaciones de compostaje es muy elevado, ya que:

- Se manipulan materiales orgánicos y a menudo secos, con una alta carga de fuego: la fracción vegetal, el material a medio proceso si no se corrige adecuadamente su humedad, el compost generado, algunos rechazos, etc.
- Durante el proceso se alcanzan temperaturas relativamente altas que se pueden elevar hasta inflamar determinados materiales si el proceso no se controla correctamente.

Por lo tanto, en el diseño de toda instalación de compostaje se deben considerar:

- Implantaciones que minimicen los efectos de los incendios en caso de que se produzcan y que eviten la necesidad de medidas contra incendios excesivamente complejas y costosas.
- Medidas contra incendios.



Estación meteorológica

En el siguiente cuadro se indican las instalaciones de compostaje que deben disponer de una estación meteorológica automática que recoja y registre datos de, al menos, lo siguiente:

- Temperatura
- Humedad relativa
- Dirección del viento
- Velocidad del viento
- Presión
- Lluvia



Necesidad de estación meteorológica en las instalaciones de compostaje			
Material destinado a compostaje	Capacidad de tratamiento nominal		
	< 1.000 t/año	1.000-6.000 t/año	> 6.000 t/año
Fracción vegetal	Exenta	Exenta	Exenta
Estiércol	Exenta	Exenta	Obligatoria
Resto de residuos de baja y alta degradabilidad	Exenta	Obligatoria	Obligatoria

La función de esta estación es:

- Relacionar los posibles episodios de malos olores que puedan aparecer durante la explotación con condiciones atmosféricas determinadas.
- Adaptar las operaciones más críticas a las condiciones atmosféricas más favorables.



Anexos

A 1

PARÁMETROS DE ESTABILIDAD Y MADUREZ DEL COMPOST

Este anexo se basa en el estudio *Metodologies emprades per a la caracterització de compost (Metodologies empleadas para la caracterización de compost)*, realizado por la Escuela Superior de Agricultura de Barcelona.

La estabilidad y la madurez son parámetros importantes de la calidad (Wu et ál., 2001) y se utilizan amplia e indistintamente para referirse al compost, pero cabe destacar las diferencias entre ambos términos para interpretar los resultados analíticos, procedentes de metodologías muy diversas, que puedan indicar la bondad del proceso que lo ha producido. Además, normalmente no están regulados como índices de calificación del material. Cabe considerar si la madurez y la estabilidad son términos independientes o si se entrelazan. De hecho, se puede afirmar que la madurez y la estabilidad no son parámetros por sí mismos, sino que se trata de cualidades de los materiales que se evalúan a través de varios parámetros que se pueden medir por distintas metodologías y expresar de diferente modo.

Cuali- dad	Parámetros	Metodologías	Unidades
Estabili- dad	Medición de T	Test de autocalentamiento	... y formas de expresión...
	Consumo de O ₂	IRD	
		IRE	
		SOUR	
	Generación de CO ₂	TMC	
		TMG	
	MOR-MOD, NnH	GE	

Cuali- dad	Parámetros	Metodologías	Unidades
Madurez	Grado de humificación	Ácidos húmicos	... y formas de expresión...
		Ácidos fúlvicos	
		Relaciones	
	Fitotoxicidad	N. amoniacal	
		Índice de germinación	

LEYENDA

GE: grado de estabilidad

IRD: índice respirométrico dinámico

IRE: índice respirométrico estático

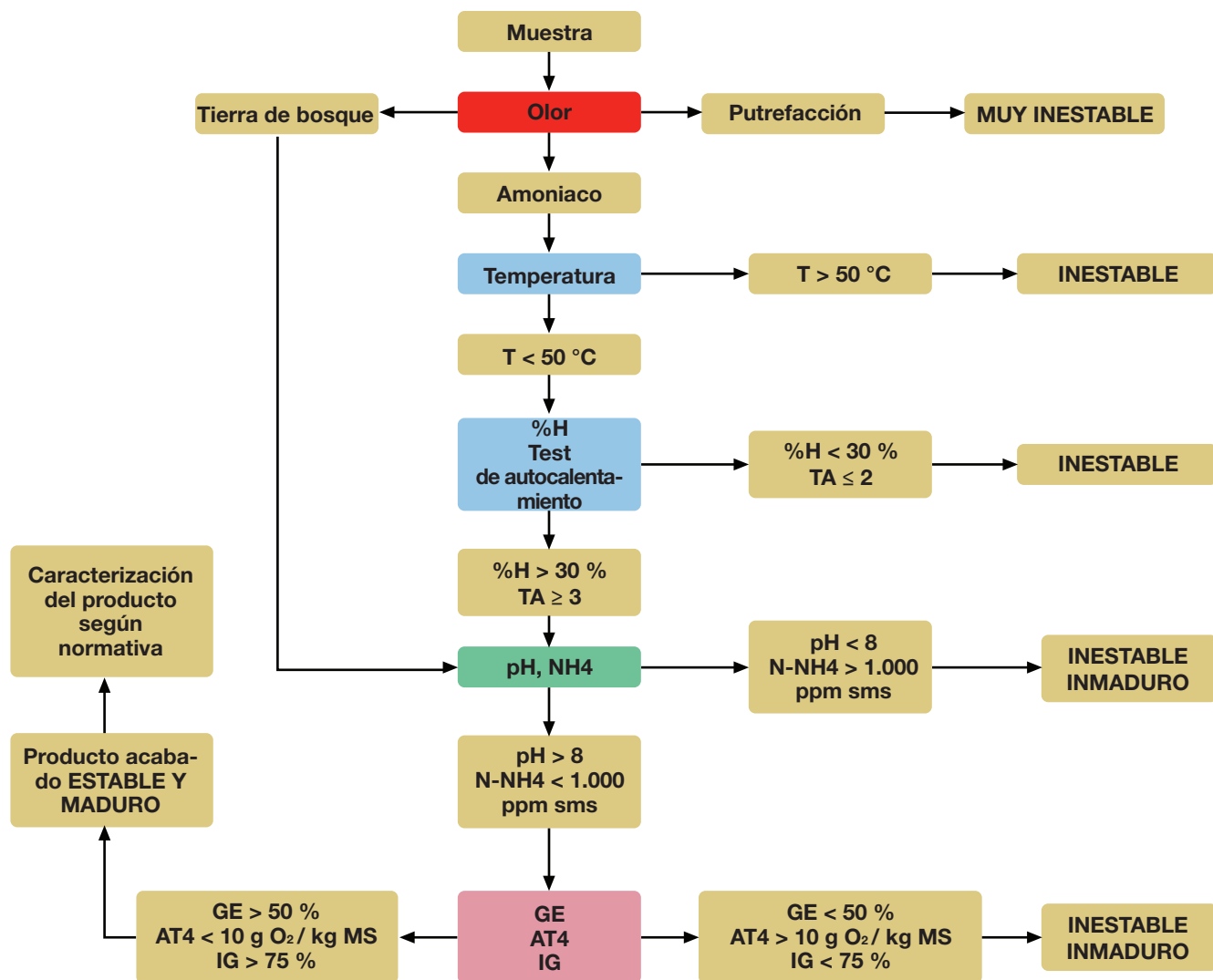
SOUR: tasa de consumo específico de oxígeno

TMC: tasa de mineralización complementaria

TMG: tasa de mineralización global

MOR: materia orgánica resistente

MOD: materia orgánica degradable



LEYENDA

GE: grado de estabilidad
IG: índice de germinación

TA: test de autocalentamiento
At4: actividad respiratoria en cuatro días

sms: sobre materia seca
%H: humedad

En los casos en que solo alguno de los tres parámetros cumpla las condiciones, debe analizarse con más detalle la situación.
Se dispone de más información sobre este estudio en la web de la Agencia de Residuos de Cataluña.

A 2

LA NORMATIVA SANDACH EN LAS PLANTAS DE COMPOSTAJE

NORMATIVA APLICABLE

El Reglamento (CE) núm. 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) núm. 1774/2002 (Reglamento sobre subproductos animales, en adelante, Reglamento SANDACH), por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.

Este reglamento clasifica los subproductos animales en tres categorías en función de su nivel de riesgo para la salud humana y animal, y establece para cada categoría las condiciones de uso y de eliminación.

El Reglamento (UE) núm. 142/2011 de la Comisión, de 25 de febrero del 2011 (en adelante, Reglamento de aplicación del Reglamento SANDACH), por el que se establecen las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) núm. 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos

derivados no destinados al consumo humano, y la Directiva 97/78/CE del Consejo en cuanto a determinadas muestras y unidades exentas de los controles veterinarios de la frontera en virtud de la misma.

El Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano (en adelante, Real Decreto de SANDACH) y disposiciones específicas de aplicación en España del Reglamento (CE) núm. 1069/2009 y del Reglamento (UE) núm. 142/2011.

El Decreto 15/2010, de 9 de febrero, de distribución de funciones en materia de subproductos animales no destinados al consumo humano.

CATEGORIZACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS ANIMALES

La clasificación de los subproductos animales es la siguiente:

> Material de categoría 1: se trata de la categoría de mayor riesgo e incluye los SANDACH que presentan un riesgo relacionado con las encefalopatías espongiformes transmisibles (EET), un riesgo desconocido o uno derivado de la presencia de sustancias prohibidas en el material SANDACH (por ejemplo, hormonas, betaantagonistas...) o de contaminantes ambientales (dioxinas, PCB, etc.).

Los materiales de categoría 1 no se pueden tratar mediante compostaje.

> Material de categoría 2: se clasifica como riesgo medio e incluye los SANDACH que presentan algún riesgo relacionado con otras enfermedades animales diferentes de las EET o con la presencia de medicamentos veterinarios en el material SANDACH. Pertenecen a esta categoría, por ejemplo, el estiércol, el contenido del tubo digestivo, los animales o partes de animales que no sean de categoría 1 y que mueran sin ser sacrificados para el consumo humano, los SAN-

DACH distintos de los materiales de categoría 1 y 3, y las mezclas de materiales de categoría 2 con otros de categoría 3.

Los materiales de categoría 2 que se suelen tratar en plantas de compostaje son las deyecciones ganaderas y el contenido del tubo digestivo. Se pueden utilizar también las PAT (proteínas animales transformadas) que provienen de instalaciones de transformación donde se aplica el método 1, tal como lo detalla el Reglamento SANDACH.

> Material de categoría 3: es el material de riesgo más bajo e incluye las partes de animales sacrificados aptas para el consumo humano pero que no se destinan a este por motivos comerciales (por ejemplo, sangre, pieles, cuernos o plumas de animales sacrificados en un matadero que hayan pasado la inspección sanitaria establecida por la normativa comunitaria, así como los SANDACH derivados de animales que no presenten signos de enfermedades transmisibles). En esta categoría se incluyen, además, materiales como los animales acuáticos y los residuos de cocina no internacional.

En la siguiente tabla se indican los subproductos animales que se pueden tratar en plantas de compostaje clasificados según el código CER y la categoría SANDACH:

CÓDIGOS CER EN PLANTAS DE COMPOSTAJE		CATEGORÍA
020102	Residuos de tejidos de animales	Categoría 3
020106	Heces de animales, orina y estiércol (incluida la paja podrida) y efluentes, recogidos selectivamente y tratados fuera del lugar donde se generan	Categoría 2
020202	Residuos de tejidos de animales	Categoría 3
020203	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	Categoría 3
020501	Materiales inadecuados para el consumo o la elaboración	Categoría 2 Categoría 3
040101	Carnazas y serrajes de encalado	Categoría 3
040102	Residuos de encalado	Categoría 3
190501	Fracción no compostada de residuos municipales y asimilados	Categoría 3
190502	Fracción no compostada de residuos de procedencia animal o vegetal	Categoría 2 Categoría 3
190604	Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos municipales	Categoría 3
190606	Lodos de digestión del tratamiento anaeróbico de residuos animales y vegetales	Categoría 2 Categoría 3
200108	Residuos biodegradables de cocinas y restaurantes	Categoría 3
200302	Residuos mercados	Categoría 3

MÉTODOS DE TRATAMIENTO

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL DESTINADO A PLANTAS DE BIOGÁS Y COMPOSTAJE	DIFERENTES MÉTODOS DE HIGIENIZACIÓN
Categoría 1	No se puede tratar en plantas de biogás y compostaje	
Categoría 2	Otros materiales de categoría 2	Método 1 Esterilización 50 mm 20 min 133 °C 3 bar
	Huevos	Método 6 pH 7 24 h 70 °C 60 min
	Pescado	No se requiere higienización antes de su aplicación en el suelo
	Leche	
	Deyecciones ganaderas	
Categoría 3	Leche	Métodos 1-5 y 7
	Pescado	Pasteurización 12 mm, 60 min, 70 °C
	Otros materiales de categoría 3	Método validado
	Huevos	
	Residuos de cocina	
	Pienso	Medidas nacionales
	Residuos alimentarios	

A 3

DIMENSIONAMIENTO DE LAS BALSAS DE LIXIVIADOS Y AGUAS PLUVIALES

Dimensionamiento de balsas y depósitos de lixiviados en instalación cubierta

En general, para calcular la capacidad de una balsa o depósito de lixiviados, se puede considerar aproximadamente un valor del 5 % (0,05 m³/ t) del volumen de residuos en proceso, teniendo en cuenta la humedad de los residuos que se han de tratar. Para realizar un cálculo aproximado del volumen de la balsa de lixiviados se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen balsa (m}^3\text{)} = [\text{Qfo (t/año)} \times 6 \text{ (semanas)} \times 0,05 \text{ (m}^3\text{/t)} \times 1,3] / 52 \text{ (semanas/año)}$$

Qfo = capacidad de tratamiento de fracción orgánica sin computar el material estructurante (t/año).

Dimensionamiento de balsas y depósitos de aguas pluviales o lixiviados en instalación descubierta

En general, para calcular la capacidad de una balsa o depósito de aguas pluviales sucias, se puede considerar como criterio general que la capacidad mínima de la balsa debe ser suficiente para poder retener las aguas pluviales correspondientes a una precipitación máxima en 24 horas, para un periodo de retorno de diez años (lluvia máxima 24 h). En la mayoría de casos, los valores oscilan entre 50 y 120 L/m².

Fórmula de cálculo del dimensionamiento de una balsa o depósito de aguas pluviales:

$$\text{Capacidad (m}^3\text{)} = [\text{superficie de la instalación (m}^2\text{)} \times \text{lluvia máxima 24 h (L/m}^2\text{)} \times \text{Fs}] / 1.000 \text{ (L/m}^3\text{)}$$

Fs = factor de seguridad. Este factor se aplica para aumentar la capacidad de la balsa de retención de aguas pluviales sucias y se relaciona con la pluviometría anual media del siguiente modo:

Fs = 1,25, si la pluviometría anual media es inferior a los 600 mm.

Fs = 1,50, si la pluviometría anual media es superior a los 600 mm.

A 4

BIBLIOGRAFÍA

1. *Guia de suport per al disseny i l'explotació de plantes de compostatge*. Agencia de Residuos de Cataluña, 2008.

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/residus_municipals/guiaplantescompost_cat.pdf



2. *Guia del compostatge dels residus orgànics generats a les llars*. Departamento de Medio Ambiente, Junta de Residuos, septiembre de 1998.

3. *Condicions mínimes per a la instal·lació i la gestió de les plantes de compostatge*. Agencia de Residuos de Cataluña, marzo del 2005.

4. *Good Practice Guide «How to comply with the EU Animal By-Products Regulations at Composting and Anaerobic Digestion Plants»*. European Compost Network ECN.

5. *Guia sectorial de gestió de les olors a plantes de compostatge de residus d'alta fermentabilitat i plantes de tractament de la fracció restant dels residus municipals*. Departamento de Territorio y Sostenibilidad, Dirección General de Calidad Ambiental, diciembre del 2011.

http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/atmosfera/contaminacio_odorifera/prevencio_i_regulacio/mesures_correctores_i_preventives/guia_compostatge.pdf



6. *Manual de gestió dels residus orgànics per a l'aplicació als sòls agrícoles*. Generalitat de Catalunya.

http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/tipus_de_residu/residus_organics/def_caracteristiques_ro/MANUAL.pdf



7. LÓPEZ, Marga; MARTÍNEZ, F. Xavier. *Metodologies emprades per a la caracterització de compost*. Departamento de Ingeniería Agroalimentaria y Biotecnología, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, diciembre del 2013.

8. MUSTIN, Michel. *Le compost. Gestion de la matière organique*. Editions François Dubus. París, 1987.

Enlaces destacados

9. Web de la Agencia de Residuos de Cataluña, <http://residus.gencat.cat>

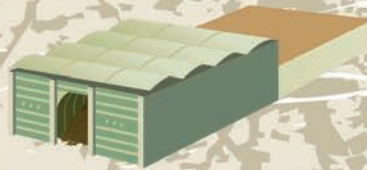


10. <http://territori.gencat.cat/es/inici/index.html>





Guía
práctica para el
diseño y
la explotación
de plantas de
compostaje



Generalitat de Catalunya
**Departament de Territori
i Sostenibilitat**



**Agència de
Residus de
Catalunya**