

INTRODUCCIÓN

El compostaje tiene un papel primordial en la agricultura ecológica. Este proceso permite el cierre de los ciclos de nutrientes en la propia finca y, cuando se aplica el producto resultante a los suelos agrícolas, se produce un aumento de los niveles de materia orgánica y de la calidad y diversidad de la vida en el suelo, hecho que conlleva una mejora de su fertilidad, pilar fundamental de la salud y la productividad de los cultivos. El abonado con un material orgánico bien compostado, a diferencia de la aportación de residuos orgánicos no compostados, como es el estiércol fresco, permite la aportación al suelo de una materia orgánica estabilizada en forma de humus, la liberación gradual de sus nutrientes y la utilización de un producto libre de patógenos y de semillas de hierbas adventicias.

Si se ha hecho un buen proceso de compostaje, la estabilidad de la materia orgánica humidificada y la disponibilidad de nutrientes que proporciona el compost permite un trabajo efectivo para hacer frente a la erosión y al empobrecimiento de las tierras de cultivo, que son estrategias de adaptación y mitigación del cambio climático.

1. MATERIA ORGÁNICA, FERTILIDAD DE LA TIERRA Y EL USO DEL COMPOST EN LA AGRICULTURA

Desde sus inicios, los agricultores han utilizado los residuos orgánicos generados a partir de la propia actividad agrícola y ganadera para fertilizar las tierras de labranza. Hace miles de años, diferentes países (la China y otros países asiáticos, Mesopotamia, Sumeria, etc.) desarrollaron técnicas para tratar estos residuos y mejoraron su aprovechamiento. Se sabe que en la época de los romanos ya se recogían los restos orgánicos generados en la ciudad para ser utilizados en las zonas agrícolas periféricas. La poca información escrita que se tiene sobre el tema no aparece hasta el siglo XI, probablemente legado de la expansión árabe a la península Ibérica, haciendo referencia al “compost de los templarios”, que es una técnica que incorporaba los restos forestales, desmenuzados y húmedos, en pilas de compostaje que se volteaban periódicamente. No fue, sin embargo, hasta el siglo XX, y de la mano del considerado “padre del compostaje moderno”, Sir Albert Howard (1883-1974), que después de años de investigación en la India creó el método de compostaje conocido como “Indore”. De esta manera, se establecieron los parámetros y las condiciones del proceso de compostaje, que posteriormente se extendieron a gran escala por todo el mundo.



Imagen 1. Tierra rica en materia orgánica. Fuente: Neus Vinyals

En los años 50, la “Revolución Verde” incorporó la fertilización mediante productos de síntesis química y relegó los residuos orgánicos agrícolas, ganaderos y urbanos a la categoría de material de rechazo, ya que no podían competir con la eficacia de las nuevas generaciones de abonos.

Así, el manejo y el cultivo industrial del suelo ha comportado la pérdida de materia orgánica (en adelante, MO) de los suelos europeos, y especialmente los de la cuenca mediterránea. Se calcula que se pierden unas 35 t de MO/ha/año y que el sur de Europa llega a tener el 75% de sus tierras con contenidos bajos (3,4%) o muy bajos (1,7%) de MO, niveles que los agrónomos consideran propios de suelos pre-desérticos. Este hecho se agrava en la península Ibérica, donde se pueden encontrar muchos campos de cultivo por debajo del 1,7 % de MO. Esta situación supone un riesgo real de desertificación, con todas las implicaciones climáticas que conlleva, además de ir vinculada a los fenómenos de fatiga del suelo.

Hay que recordar que la presencia de MO en el suelo tiene unos efectos fundamentales para mantener su fertilidad, y depende de la propia naturaleza del suelo y del manejo agrícola que se haga. Este manejo tiene que favorecer los ciclos biogeoquímicos naturales, para mantener y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

La restauración de los suelos degradados y empobrecidos en MO, a través de las aportaciones de materiales compostados, es la mejor apuesta que puede hacer la agricultura para prevenir los procesos de erosión y desertificación, ya que tiene un papel relevante en el mantenimiento de la estructura del suelo y en la formación del complejo argilohúmico¹. La restauración de los suelos degradados es una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático, gracias a la capacidad que tiene el suelo de secuestrar el carbono.

¹ Complejo argilohúmico: formación del suelo generada a partir de las arcillas, humus y la acción de los organismos edáficos, que le da estructura, lo hace resistente a la erosión y actúa como almacén de nutrientes y de agua.

La materia orgánica es un elemento imprescindible para fortalecer la vitalidad de los suelos agrícolas. El compostaje de materiales orgánicos, ya sea realizado de forma artesanal o más mecanizado, constituye una vía idónea para aportar materia orgánica en los suelos agrícolas. Si estos materiales, además, proceden de la misma unidad productiva o de sus proximidades se ahorra la energía de su transporte y permite el cierre de ciclos de nutrientes en la misma finca.

2. ¿QUÉ ES EL COMPOSTAJE?

El objetivo general del compostaje es estabilizar e higienizar la MO procedente de residuos orgánicos², para facilitar y permitir su reintroducción en el agrosistema.

El compostaje es un proceso controlado, termófilo (que libera calor), aeróbico (que requiere la presencia de oxígeno) y que degrada la materia orgánica y la transforma en un material homogéneo y estabilizado, utilizable como fertilizante agrícola. Los responsables de la descomposición-oxidación de los materiales compostables son las poblaciones microbianas formadas por bacterias, hongos y actinomicetos, como grupos más importantes, entre otros organismos como los gusanos, las hormigas, escarabajos, etc.

El proceso de compostaje, en realidad, es un proceso de transformación que imita aquello que sucede a la MO de manera natural en los bosques y otros parajes naturales, pero acelerado y dirigido a conseguir un producto con las mejores aptitudes agronómicas.

El compost es la materia orgánica que ha sido estabilizada hasta transformarse en un producto similar a las sustancias húmicas³ del suelo, que está libre de patógenos y de semillas de hierbas, que no atrae insectos o vectores, que puede ser manejada y almacenada sin ocasionar molestias y que es beneficiosa para el suelo y para el crecimiento de las plantas.

3. ¿POR QUÉ COMPOSTAR?

Para la agricultura ecológica, el compostaje es fundamental ya que, junto a otras técnicas como las rotaciones de cultivos, un trabajo adecuado de la tierra, la incorporación en el suelo de parte de los restos de cultivo y los abonos verdes, el compost incrementa la actividad microbiana y el nivel de la materia orgánica en el suelo. El compostaje también permite el reciclaje de nutrientes y el retorno al suelo de los minerales extraídos en forma de cosechas, valoriza subproductos que pueden ser contaminantes si se gestionan incorrectamente (a nivel de la atmósfera y de las capas freáticas) o que generan un impacto ambiental (se necesitan vertederos e incineradoras para tratarlos), y los transforma en precursores de humus, de gran valor fertilizante, y contribuye así a la sostenibilidad de los sistemas agrarios. Otro ahorro del uso de compost es la reducción en la producción y el transporte

de fertilizantes sintéticos, así como de la contaminación que éstos implican, y también de fitosanitarios, a causa de una mejor salud de los cultivos.

Cuadro 1. Beneficios de la aplicación de compost sobre las diferentes propiedades del suelo

P. Físicas	P. Químicas	P. Biológicas
Mejora la infiltración y retención del agua	Aporta fitonutrientes suministrados de forma gradual	Aumenta la actividad microbiana y dinamiza todos los procesos bioquímicos del suelo
Disminuye las fluctuaciones de temperatura	Moviliza nutrientes, cosa que favorece la actividad biológica del suelo	Libera sustancias que mejoran el crecimiento vegetal
Evita la degradación del suelo y favorece su formación	Aumenta la capacidad de intercambio catiónico y favorece la formación del complejo argilohúmico	Mejora la sanidad de los cultivos ya que favorece el control natural de plagas y enfermedades
Mejora la estructura y la estabilidad del suelo	El humus se combina con moléculas orgánicas	Mejora la actividad metabólica de las plantas
Facilita el paso de las raíces	Secuestra C y contribuye a reducir las emisiones de CO ₂	Incrementa la biomasa del terreno
Favorece la germinación		No atrae insectos ni otros vectores y puede ser manipulado y almacenado sin riesgo ni molestias, porque está desinfectado y estabilizado

Fuente: Elaboración propia a partir de Bueno, 2003; Herrero, 2003; Plana González-Sierra, 2009; Roselló, 2006; Saña Vilaseca, et al., 2006.; Soliva Torrentó, 2001; Uranga, 1995.

El compostaje reduce el volumen y la masa de los residuos, facilita el almacenaje, permite un mejor y más flexible aprovechamiento agrícola, y minimiza el riesgo sanitario inherente a todas las operaciones anteriores. Eso permite hacer una verdadera gestión del uso de la MO, por ejemplo del estiércol: no se tienen que echar al campo porque molestan, sino que se puede plantear realmente una aplicación enfocada a mejorar la fertilización y el suelo, y en ciertos casos, a reducir el uso de plaguicidas.

La incorporación de residuos orgánicos frescos directamente en el suelo (enterrados) suele generar efectos negativos, tanto para los cultivos como para el suelo. Para minimizar estos efectos, si en algún momento se decide esparcir estiércoles frescos o purines, se recomienda enterrarlos un poco para evitar pérdidas de nitrógeno por evaporación.

2 Residuo orgánico: deyecciones ganaderas, restos vegetales, fracción orgánica de residuos municipales (FORM), etc.

3 Las sustancias húmicas son moléculas orgánicas complejas estables que se forman a partir de la degradación de la materia orgánica, responsables de muchas de las cualidades beneficiosas del compost (resistencia a la erosión, capacidad de retención de agua, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, estructuración del suelo, etc.) y que se convertirán en humus al integrarse al suelo.

Ciertos residuos agrícolas, como el alperujo y el alpechín, o ganaderos, como los purines y la gallinaza, pueden contener sustancias fitotóxicas o poco favorables al desarrollo de las plantas y a la biología del suelo si se aplican sin compostar. Otros productos, como los restos de cosechas, contienen semillas de plantas adventicias o restos de plagas y enfermedades, que los convierten en reservorios insalubres para el sistema agrario. El compostaje de estos materiales se presenta como la solución a muchos de estos problemas, ya que durante su proceso de estabilización estos inconvenientes disminuyen enormemente o incluso desaparecen.

Otro beneficio del compostaje es la mejora de la biodiversidad de la explotación o de la cantidad de organismos, ya que durante la formación del compost, en la pila, se creará un ecosistema propio que se trasladará en buena parte al terreno cuando se aplica el compost.

Cabe decir que un compostaje mal elaborado reduce sus bonanzas e, incluso, puede suponer problemas al suelo y a los cultivos, los cuales resumimos a continuación:

- **Hambre de nitrógeno:** inmovilización temporal del nitrógeno del suelo causada por una mezcla inadecuada de los materiales (una relación C/N demasiado elevada). Eso puede pasar si se derraman materiales poco compostados, pero no si se esparce compost maduro.
- **Falta de higiene:** Cuando no se han conseguido las temperaturas adecuadas, se pueden encontrar semillas de adventicias y patógenos que potencialmente pueden afectar al cultivo. En este sentido, hay que voltear la pila unas cuantas veces durante el proceso para asegurar que toda la masa ha alcanzado las temperaturas de higienización.
- **Exceso de salinidad:** ligada a las características de los materiales, especialmente la gallinaza o los purines. En estos casos, hay que hacer mezclas con materiales vegetales que permitan una bajada de la salinidad final. El compost joven tiene niveles de salinidad más elevados que el compost maduro, cosa que corrobora la necesidad de aplicar materiales bien compostados.
- **Presencia de metales pesados o elementos tóxicos:** aunque pueden quedar parcialmente secuestrados en las sustancias húmicas formadas, también hay que estar atentos a su presencia en los materiales de partida. Muchas sustancias orgánicas potencialmente tóxicas se degradan durante la fase de descomposición. Hay que comprobar a través de analíticas los niveles de metales pesados de los materiales acabados. En cualquier caso, será mejor rechazar de entrada aquellos materiales que puedan aportar sustancias que sean una amenaza para el suelo y los cultivos.

La Red Europea de Compostaje (European Compost Network) recomienda, siempre que sea posible, que cada uno se haga su propio compost a partir de los propios residuos y de las fuentes de MO más próximas a la finca. Cabe destacar, con respecto al compostaje organizado, la experiencia austríaca de compostaje agrícola en pequeñas

plantas, dónde se recogen residuos orgánicos de los municipios próximos y residuos ganaderos de los participantes y se obtiene un compost de alta calidad, además de la descentralización que representa este sistema con respecto a las plantas de compostaje a gran escala. Estas pequeñas plantas locales permiten la ocupación de algún agricultor en una actividad complementaria de proximidad.

Por otra parte, hay que olvidar prácticas como la quema de rastrojos, márgenes o restos de cultivo y la exportación fuera de la unidad productiva de restos orgánicos, previstas como residuo sin valor. Es importante revalorizar estos productos a través de su compostaje o de la propia gestión en la finca, como un auténtico tesoro, ya que, según la gestión que se haga, se obtienen unos ingresos en forma de fertilidad y salvaguardia del propio sistema agrario.

4. EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Hay diversas maneras de tratar la MO, pero esta ficha expondrá en profundidad el compostaje en pila, ya que es una de las formas más universales, sencillas y al alcance de todo el mundo.

Aunque el proceso de compostaje tiene un fundamento muy simple, es muy robusto y también muy versátil, se puede aplicar a muchos tipos de materiales y mezclas, a niveles de trabajo muy distintos y utilizando equipos muy o nada sofisticados. Es importante entender el proceso para poder controlarlo y exprimir todas las posibilidades, ya que intervienen múltiples agentes bióticos.

Durante el compostaje, a fin de que sea un proceso biológico, termófilo y aeróbico, como aspecto más importante, hace falta asegurar y atender las condiciones que favorezcan la vida de los microorganismos responsables de la degradación de la MO.

A continuación, se resumen las diferentes propiedades que se deben considerar a la hora de escoger los materiales, y que inciden directamente sobre la calidad y la eficiencia de todas las transformaciones biológicas del proceso.

- Propiedades físicas:
 - **Tamaño de la partícula:** cuanto más desmenuzado sea el material, mayor será la superficie de ataque por parte de los microorganismos, pero sin llegar a tamaños tan pequeños que reduzcan la porosidad y disminuyan la circulación del oxígeno y, por tanto, favorezcan procesos anaeróbicos. Las medidas recomendadas están entre 1 y 5 cm.
 - **Proporción equilibrada** entre las fracciones **sólida, líquida y gaseosa** (materia seca, materia húmeda y porosidad) de la pila, para alcanzar unos contenidos adecuados de humedad y presencia de oxígeno.
- Propiedades bioquímicas:
 - **Balance equilibrado de nutrientes** que permita a las poblaciones microbianas desarrollarse y reproducirse, y modificar la naturaleza y el estado de los materiales a compostar. Hay que asegurar la presencia de **micronutrientes** (B, Mn, Cu, Fe, Zn, Co ...) y **macronutrientes** (C, N, P, K, Ca,

S...). Destaca el **balance entre el carbono y el nitrógeno**: una proporción adecuada al iniciar el proceso (de entre 25 y 35) será el factor que más favorecerá la reducción máxima de volumen y la mínima pérdida de nitrógeno en formas amoniacales.

- **Nivel de presencia de las poblaciones microbianas** que están colonizando los residuos orgánicos y a las cuales, como protagonistas principales del proceso de compostaje, se tendrán que atender las necesidades vitales. Los microorganismos que suele haber inicialmente en un residuo orgánico se pueden considerar suficientes para que, al aportar las condiciones adecuadas, se desarrollen satisfactoriamente sin la necesidad de inocular poblaciones microbianas foráneas.

4.1 CONDICIONES Y FASES DEL PROCESO

Las condiciones que hay que ofrecer para el correcto desarrollo del proceso y obtener un buen compost son, fundamentalmente, las que se derivan de cubrir las necesidades vitales de los microorganismos responsables de la degradación de la MO y que se detallan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones para hacer un buen compostaje

Condición	Margen óptimo	Actuación
Humedad	Entre un 50-70%	Humedecer los materiales si están demasiado secos, mediante aspersión de agua. Añadir material secante (paja, serraduras ...) si están demasiados húmedos o hacer secado previo (separación de fracción sólida en purines)
Aireación	Un mínimo de un 8% de volumen de aire	Mezcla de diferentes materiales: gruesos o estructurantes y finos. Grado de desmenuzamiento de los materiales. Forma y medida de la pila
Relación C/N	Entre 25 y 35 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno	Deben dominar los ricos en carbono (paja, serraduras, hojarasca, etc.) por encima de los ricos en nitrógeno (estiércoles, restos de hierba fresca, etc.)

La variación de los parámetros que intervienen en la transformación de la MO dependerán del estado y tipo de material a compostar (sólido, pastoso, líquido, con lecho, restos vegetales solos, estiércoles solos, mezclas equilibradas o no, etc.), de las condiciones ambientales y de compostaje y de la técnica utilizada.

Hacer compostaje es, pues, un juego de equilibrios, que con el conocimiento y la experiencia permitirá afinar en la obtención de un buen compost, con las mejores prestaciones para abonar y mejorar la estructura y las condiciones del suelo.

Cuadro 3. Los equilibrios del compostaje

	Exceso	Falta
Aire	La pila se seca Se puede detener el proceso por falta de agua	Proceso anaeróbico: malos olores, enlentecimiento, sustancias fitotóxicas, etc.
Agua	Proceso anaeróbico: malos olores, enlentecimiento, sustancias fitotóxicas, etc.	No arranca el proceso
C	Proceso más lento Dificultad de calentarse Producto final más rico en humus y pobre en algún nutriente (especialmente N)	Poca producción final de humus. Pérdidas excesivas de N (NH4+)
N	Pérdidas excesivas de N (NH4+) Malos olores Exceso de temperatura (por encima de 70 °C) Gran disminución de volumen de la pila	Proceso más lento Producto final rico en humus y pobre en nutrientes

En el apartado que explica el proceso de compostaje en pila se puede ver cuáles son los pasos más significativos a seguir, previamente a la realización de la pila y durante el proceso. También hay recogidas cuáles son las fases del proceso y cómo evolucionan los parámetros más significativos.

Las fases que caracterizan el proceso de transformación de la MO hasta la obtención de compost se pueden resumir en las siguientes:

a) Fase de descomposición: la MO se degrada en moléculas más sencillas

Fase mesófila inicial

Inicio del proceso de descomposición del material, especialmente de azúcares, proteínas y lípidos, a cargo de los hongos y de las bacterias mesófilas. La temperatura se sitúa entre 30-45°C.

Fase termófila

La temperatura pasa de los 45°C a los 60-70°C. Hay una gran transformación de los materiales de origen, y se degradan especialmente ceras, polímeros y hemicelulosa. Habrá un gran desprendimiento de CO₂, un elevado consumo de oxígeno, pérdidas de agua por evaporación y una reducción importante de la masa de la pila. El alcance de estas temperaturas asegura la higienización de la masa y, por lo tanto, la calidad del compost final.

Fase mesófila de enfriamiento

Se realiza la descomposición de celulosas y ligninas, y disminuye la temperatura hasta temperatura ambiente.

b) Fase de maduración o de humificación, la MO se estabiliza y se construyen nuevas macromoléculas a partir, mayoritariamente, de las moléculas sencillas obtenidas en las fases anteriores, y se constituyen las llamadas sustancias húmicas precursoras del humus. Intervienen, además de poblaciones microbianas, nuevos grupos de organismos como anélidos, ácaros, colémbolos, miriápodos y coleópteros, que completan la transformación.

4.2 MATERIALES COMPOSTABLES

Los materiales compostables en producción ecológica son todos aquellos de origen orgánico y que se detallan en el anexo I del Reglamento (CE) 889/2008, junto con los aditivos minerales que también se relacionan en el mencionado Reglamento. A continuación, se presentan los más habituales en muchas fincas agrarias.

A) ESTIÉRCOLES

En principio, el estiércol que se puede aplicar como fertilizante debe proceder de ganaderías ecológicas. Sin embargo, cuando no es posible conseguir estiércoles de ganado criado de forma ecológica, se pueden utilizar estiércoles provenientes de ganado criado de forma no ecológica, siempre que procedan de sistemas de cría no intensiva.

B) PURINES

Los excrementos líquidos de animales se pueden utilizar después de una fermentación controlada o dilución adecuada, y están prohibidos los que procedan de ganaderías intensivas. Para poder compostarlos hay que deshidratarlos:

- Por decantación de la fracción sólida.
- Por sistemas físicos que requieren aportación energética, como la centrifugación, el tamizado a presión, etc.

También se pueden utilizar en forma líquida, ya sea para incorporarlos en una pila de compost, o directamente en el suelo, después de una fermentación aeróbica.

C) FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS MUNICIPALES (FORM)

Deben proceder de sistemas de recogida selectiva que permitan obtener una enmienda orgánica de calidad, que no sobrepasen los contenidos en metales pesados que determina la clase A⁴ y que los impropios⁵ sean los mínimos (por debajo del 5%). Si se utiliza el compost de FORM procedente de alguna planta de compostaje, puede ser recomendable dejarlo descansar algunos meses más en la propia explotación para acabar el proceso de maduración, ya que a veces (no siempre) el proceso no se ha completado en la misma planta por falta de espacio.

4 Niveles máximos (en mg/kg de materia seca): 0,7 de Cd; 70 de Cu; 25 de Ni; 45 de Pb; 200 de Zn; 0,4 de Hg; 70 de Cr (total) y 0 de Cr (VI).

5 Todos los materiales no orgánicos que pueden aparecer dentro de la FORM a causa de una mala selección en origen (plásticos, metales, vidrios, etc.).

Cuadro 4. Problemas que pueden aparecer durante el proceso de compostaje y posibles soluciones

Problema	Causa	Solución
Compost demasiado caliente (> 70 °C)	Exceso de N	Voltear y añadir materia rica en C: hojas secas, serraduras, paja, triturado de poda, restos forestales triturados
Olor a amoníaco	Exceso de N por mezcla inadecuada, a menudo acompañado de exceso de humedad y de falta de oxígeno	Voltear y añadir materia rica en C: hojas secas, serraduras, paja, triturado de poda, restos forestales triturados
Olor a podrido	Demasiada humedad: exceso de materia verde y húmeda Compactación	Voltear y añadir materia rica en C: hojas secas, serraduras, paja, triturado de poda, restos forestales triturados
Compost seco	Falta de humedad Exceso de ventilación	Regar la pila y mezclar con materiales húmedos Tapar la pila
Compost frío	Equilibrio entre ingredientes no adecuado: C/N demasiado alta Baja temperatura ambiental Poca cantidad Poca ventilación Poca humedad	Añadir estiércoles frescos Humedecer y remover Añadir más materiales Remover Añadir agua y remover
Ratones, perros, gatos, etc.	Hacen el nido o les atrae algún material para comer	Remover más a menudo y cubrir la masa. Evitar restos de carne, pescado, etc.
Moscas y larvas de moscas	Exceso de humedad Mezclas desequilibradas Ausencia de cobertura vegetal Temperaturas bajas	Mezclar bien con restos vegetales Revisar los materiales añadidos Cubrir con restos vegetales triturados o malla geotéxtil Asegurar el tipo y las cantidades de la mezcla
Capa blanca sobre los materiales	Hongos	No es un problema. Es resultado de la actividad microbiana, especialmente los hongos

También se pueden utilizar restos orgánicos procedentes de los digestores de las plantas de biogás (digestión anaerobia) para hacer un compostaje en condiciones aeróbicas, siempre que cumpla los requisitos máximos de metales pesados de la clase A.

D) RESTOS FORESTALES

Los materiales leñosos de restos de poda o forestales fragmentados son utilizados como ingrediente en el compostaje de la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM) y pueden ser un recurso interesante para equilibrar materiales con una relación de C/N baja (estiércoles sin lecho o deshidratados de purines).

Hay que tener en cuenta que se debe equilibrar su bajo contenido en agua y su alto contenido en celulosas y ligninas, cosa que los hace buenos precursores de humus pero les hace falta una buena fuente de N para entrar en procesos termófilos.

No se debe abusar del uso de restos de coníferas, ya que producen una reacción ácida y presentan sustancias fenólicas y taninos que retardan el proceso de compostaje.

E) RESIDUOS PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

El alperujo, vinazas, brisa, rapa, alpechín, etc. son materiales susceptibles de compostar, especialmente con otros materiales, de tal forma que se corrijan las posibles carencias en determinados nutrientes que puedan tener y se equilibre el balance de C/N. Las sustancias fenólicas que hay en restos de coníferas o en el alpechín pueden ser fitotóxicas cuando se aplican directamente, pero se degradan en la fase de descomposición del proceso de compostaje.

F) ADITIVOS

Para compostar restos orgánicos no hacen falta aditivos especiales, más allá de las condiciones y el equilibrio de materiales que se ha mencionado anteriormente. En determinados casos, se puede optar por activar o equilibrar el proceso de compostaje, y añadir en el momento de elaboración de la pila o al finalizar el proceso si se detecta alguna carencia, alguna sustancia o complemento como los que se detallan a continuación:

- **Productos o subproductos de origen animal** que aportan determinados minerales:
 - Harina de sangre, de cuernos, de pezuñas, de pescado, de carne, de lana: ricos en N.
 - Harina de huesos: rico en P (16-20% P_2O_5) y Ca.
- **Materias minerales:** se pueden añadir en una cantidad de hasta un 5% de la masa a compostar y permiten complementar la carencia de algún mineral que se haya detectado en el suelo o que no esté de forma suficiente.
 - ricos en fósforo: fosfatos naturales (25-30% P_2O_5), fosfal, cretas fosfatadas, etc.
 - ricos en potasio: patentkali (también tiene un 8% de Mg), rocas silíceas.

- ricos en magnesio: dolomita (no en suelos calcáreos), sulfato de Mg.
- ricos en magnesio: dolomitas, lithothame.
- ricos en hierro (como el sulfato de hierro): permite convertir el hierro en moléculas orgánicas, tipos quelatos, que facilitan la asimilación de este elemento en tierras calcáreas.

- **Arcillas**, que contribuyan a la formación del complejo argilohúmico en el suelo.
- **Cenizas** de leña, que son ricas en potasio (5-9% K_2O). No se debe abusar, ya que pueden resultar cáusticas, y si se hacen espesores demasiado gruesos, pueden crear capas impermeables a la circulación del agua y del aire en la pila.
- **Sustancias activadoras:** muchas de ellas no tienen probada su eficacia de forma científica, aunque la experiencia empírica de algunos agricultores o plantas de compostaje pueden justificar su uso.
 - A base de **preparados de plantas**, como purín de ortigas o de consuelda, y **los preparados biodinámicos** (del 502 al 508)⁶ que tienen una influencia del tipo homeopático y que mejoran los procesos de fermentación.



Imagen 2. Poniendo preparados biodinámicos al compost. Fuente: Núria Cuch.

- Cepas seleccionadas de microorganismos, como por ejemplo los llamados ME (microorganismos eficientes), que pueden acelerar y mejorar la calidad del compost, especialmente en condiciones de fermentación poco aeróbicas.
- **Compost maduro o tierra de bosque**, incorporan microorganismos que actúan activando el proceso de compostaje, a modo de levadura.

⁶ La agricultura biodinámica, desarrollada a principios del s.XX en Alemania por Rudolf Steiner, propone una visión holística de la agricultura previendo la interacción del universo y de las energías sutiles de los elementos. Utiliza un calendario de siembras, plantaciones y trabajos atado a la astronomía y preparados donde intervienen elementos de los reinos mineral, vegetal y animal.

Cuadro 5. Relación C/N de algunos materiales habituales (según diferentes autores)

Material	Relación C/N ¹
Abonos verdes antes de la floración y maduración de semillas	10-20 ⁽²⁾
Agujas de pino frescas	30 ⁽²⁾
Agujas de pino secas	150 ⁽²⁾
Ramas de poda primaveral, trituradas finas o medias	25-40 ⁽²⁾
Ramas de poda de otoño y las muy gruesas	30-80 ⁽²⁾
Cañas de maíz secas	100-150 ^(1,2)
Compost fresco	13-21 ⁽³⁾
Compost maduro	11-18 ⁽³⁾
Estiércoles de caballo con cama de paja	20-60 ⁽¹⁾
Estiércoles de aves y deyecciones frescas	10-15 ⁽¹⁾
Estiércoles de oveja con lecho de paja	15-20 ⁽¹⁾
Estiércoles de conejo	14 ⁽⁴⁾
Estiércoles de vaca	15-30 (con paja) ⁽¹⁾
Estiércoles de porcino	4-7 (lisier) ⁽¹⁾
FORM	14-25 ⁽³⁾
Hojas de árboles frutales y arbustos	20-35 ⁽²⁾
Hojas de haya, roble y frondosas	20-60 ⁽¹⁾
Gallinaza	13 ⁽³⁾
Césped acabado de cortar	10-20 ⁽²⁾
Hierbas al final del ciclo vegetativo	20-30 ⁽²⁾
Purín de vaca	5-8 ⁽¹⁾
Leguminosas frescas	10-15 ⁽¹⁾
Paja de trigo/cebada	100-130 ⁽²⁾
Paja de avena, centeno y cebada	50-60 ⁽²⁾
Cascarilla arroz	49 ⁽⁵⁾
Papel y cartón	150-200 ⁽¹⁾
Purín de ortigas y ortigas frescas	3-15 ⁽²⁾
Restos de cocina	15-25 ⁽²⁾
Restos vegetales frescos	10-20 ⁽²⁾
Restos de poda de olivo triturados	36,9 ⁽⁵⁾
Alperujo	44 ⁽⁵⁾
Serrín	85 ⁽²⁾
Aserraduras	150-200
Turbas	30-100 ⁽¹⁾
Vinazas	6 ⁽⁵⁾

Elaboración propia a partir de: Labrador Moreno, J. 2001 (1); Bueno, M. 2003 (2); Soliva-Torrentó, M. 2001 (3); Aroo, et al., 2011 (4) y Álvarez de la Fuente, 2010 (5).

Nota: Las unidades de la relación C/N:

- Están en peso y, por lo tanto, a la hora de hacer los cálculos, si por facilidad se utilizan unidades de volumen, se tendrá que hacer la conversión
- Están expresadas en materia seca. Por lo tanto, hay que descontar el porcentaje aproximado de agua que puedan tener los materiales.

5. EL PROCESO DEL COMPOSTAJE EN PILA

El compostaje en pila, también llamado el método Indore, como se ha explicado anteriormente, es la técnica más fácil y sencilla para obtener un producto de calidad, estabilizado e higienizado. La calidad del compost obtenido por este método depende, sin embargo, de los materiales iniciales y de como de adecuadas sean las condiciones en las que se desarrolle el proceso.

5.1. ALMACENAJE DE LOS MATERIALES POR SEPARADO

Es recomendable ir acumulando los diferentes materiales y productos por separado hasta el día de hacer la pila.

En materiales fibrosos o leñosos, mejora mucho el proceso si se desmenuzan con la ayuda de una trituradora o alguna otra máquina que permita reducir el tamaño de las partículas a un máximo de entre 1 a 5 cm.

5.2. MEZCLA EQUILIBRADA DE LOS MATERIALES

En el momento de la hacer la pila, se hace la mezcla con todos los materiales en las proporciones adecuadas.

$$\text{Relación (en volumen)} \frac{C}{N} = 30 = \frac{\text{material seco (rico en carbono)}}{\text{material fresco y/o húmedo (más rico en nitrógeno)}}$$

Una manera que resulta fácil de hacer las proporciones de los materiales a compostar es considerar los materiales ricos en C como secos y los materiales ricos en N como frescos. Se puede hacer una mezcla que vaya de una relación de materiales secos/frescos de 1:1 a 3:1 en función de si se hace la pila en épocas más calurosas y/o se voltee más o se haga en épocas húmedas y/o se voltee menos.

En el cuadro 5 se expresan las relaciones C/N de algunos materiales compostables.

La experiencia ayudará a conseguir los niveles óptimos de equilibrio entre la humedad y la porosidad (aire) de la masa. Si falta humedad habrá que aportar agua y si hay en exceso habrá que mezclar materiales estructurantes (vegetales fibrosos) que sequen la mezcla. El mejor sistema para mezclar los diferentes materiales a compostar es utilizar el remolque dispersador de estiércoles, alimentado por la pala del tractor.

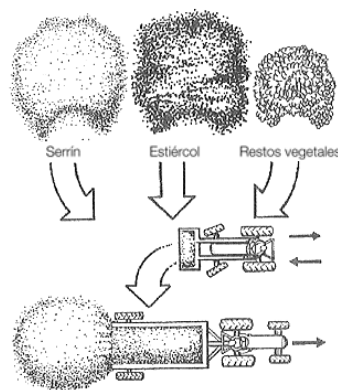
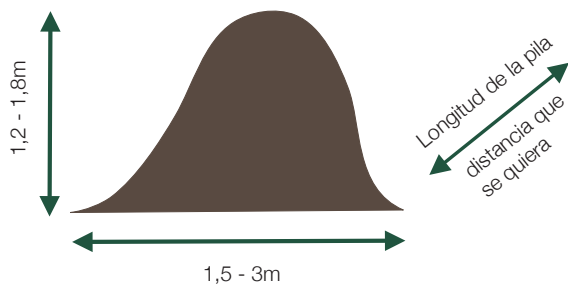


Imagen 3. Mezcla de los materiales compostables. Fuente: Martín, D.L. y Gershuny, G. (1992)

5.3. ELABORACIÓN DE LA PILA

La pila de compostaje se hace en un día y momento concreto, una vez se han mezclado los materiales en las proporciones adecuadas.



El tamaño y la forma de la pila son importantes para asegurar una buena oxigenación de su interior. En pilas demasiado altas, debido a su propio peso, el material tiende a comprimirse excesivamente, se reduce la porosidad y se favorece que se den condiciones anaeróbicas no deseadas. En pilas demasiado bajas el calor se disipa muy fácilmente provocando que la actividad de los microorganismos responsables del compostaje se retarde o incluso se detenga.



Imagen 4. Elaboración de la pila de compost. Fuente: Neus Vinyals.

5.4. LOS MOMENTOS CLAVES Y EL CONTROL DE PARÁMETROS

Es bueno monitorizar un poco el proceso para saber si la fermentación de la pila evoluciona correctamente.

Los momentos recomendados de hacer controles serán:

1. Momento de hacer la pila: el equilibrio de materiales y humedad
2. Del cuarto al octavo día: detectar la subida de temperatura: **inicio de la fase de descomposición**
3. De la 3a a la 4a semana: detectar la bajada de temperatura

4. A las 6 semanas: cuando haya bajado mucho la temperatura, se hará el primer volteo
5. A los 2-3 meses: después del segundo descenso de temperatura se puede hacer un segundo volteo
6. A los 3-5 meses: comprobar que se ha finalizado la fase de descomposición y que está en **fase de maduración**

Control de la temperatura

Como éste es el parámetro que más fácilmente señala el estado en que se encuentra el proceso, hay que ir controlándolo para saber en qué punto se encuentra el material, o si se generan problemas que se deben corregir (exceso o falta de humedad; relación C/N inadecuada; compactación, etc.).

Se puede hacer el seguimiento con un termómetro tipo sonda o con sistemas similares. Por ejemplo, clavando en medio de la pila un palo (metálico mejor), que se irá tocando con la mano (sacándolo de la pila) cuando se quiera saber la temperatura. A partir de 55-60°C quema y no se puede tocar. Hace falta experiencia para deducir a qué temperatura se encuentra la pila.



Imagen 5. Control de la temperatura de un compost con cobertura de paja. Fuente: Neus Vinyals.

Control de la humedad

Si un material presenta una humedad excesiva, se le debe añadir otro material estructurante (paja, restos forestales o de poda, etc.) para equilibrar el contenido de agua, mejorar la circulación del aire y evitar que el material se compacte a lo largo del proceso. Otra manera es voltearlo, hecho que permite airearlo y deshidratarlo.

Por contra, si la pila de compostaje es muy seca se puede recomendar hacer algún riego o aportación de materia húmeda (estiércoles, césped, fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, etc.), que deberá llegar a toda la masa, a través de un volteo. Para tener una idea aproximada de cuál es la humedad de un material se puede consultar el cuadro 6.

Cuadro 6. Control de la humedad del compostaje

Grado de humedad	Aspecto	Pruebas	Reacción ante la humedad
Seco	Polvoriento, duro, aterronado	Poco o nada modelable Ensucia poco o nada los dedos	Se desmenuza al apretarlo dentro del puño Muy hidrófobo
Correcto	Sin polvo, granuloso	Modelable Ensucia un poco los dedos	El material no escurre agua al apretarlo dentro del puño Hidrófilo
Demasiado húmedo	Brillante, blando, pastoso	Ensucia mucho los dedos	El material escurre agua al apretarlo dentro del puño Saturado de agua

5.5. VOLTEO DE LA PILA

El objetivo de los volteos es oxigenar la pila, homogeneizar los materiales y procurar que todas las partículas de material y todas las zonas de la pila alcancen las temperaturas adecuadas. De esta manera, se higienizan los materiales (se eliminan semillas de hierbas y patógenos).



Imagen 6. Realización de los volteos con el tractor y la pala. Fuente: Neus Vinyals.

Conviene voltear especialmente cuando hay una bajada de temperatura de la pila, hecho que provocará que ésta vuelva a subir, ya que facilitará que las capas más externas, probablemente menos maduras, pasen al núcleo de la pila y se activen calentándose. Se puede repetir varias veces (2-4), hasta llegar a la fase de la madurez en que la temperatura ya no vuelve a subir. El primer volteo es imprescindible y se hará en torno a la sexta semana después de su formación. La limitación del número de volteos viene condicionada por razones económicas, ya que a más número de volteos se incrementarán los costes de producción del compost.

También habrá que voltear la pila cuando suba demasiado la temperatura (por encima de 70 °C) y/o se haya hecho una mezcla demasiado húmeda y convenga ventilarla para secarla. También hay la opción de añadir materiales secos.

5.6. FINALIZACIÓN DEL PROCESO

El proceso de compostaje necesita un tiempo mínimo de unos 4 a 6 meses (**compost joven**). A partir de este tiempo hasta un año se habla de **compost maduro**, que será el que tendrá más efecto restaurador del humus del suelo.



Imagen 7. Pila de compost maduro. Fuente: Neus Vinyals.

El proceso de maduración del compost se ha completado cuando:

- Cogiendo un puñado de compost, la mano no queda manchada pero sí húmeda.
- Tiene un color oscuro: marrón o negro.
- Hace olor del suelo de bosque húmedo, pero en seco hace poco olor.
- No se reconoce ningún tipo de resto: aspecto del suelo orgánico. A pesar de todo, si la pila contenía materiales muy lignificados y poco desmenuzados, es fácil que todavía estén. En este caso, puede ser recomendable tamizar el compost e introducir estos restos vegetales en una nueva pila, ya que todavía necesitan más tiempo.
- Ya se ha enfriado, se encuentra a temperatura ambiente.
- pH próximo a la neutralidad.
- Germinan el 100% de las semillas (de lechuga, berro, cebada o judías) si se hace un test de germinación.



Imagen 8. Aspecto del compost maduro. Fuente: Neus Vinyals.

6. OTROS SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Decidir qué técnica se utiliza para compostar los residuos orgánicos de los cuales se disponga dependerá del uso y del resultado final que se quiera obtener. Los objetivos de los diferentes sistemas de compostaje, aunque inicialmente puedan parecer los mismos, tienen pequeñas diferencias que hay que tener presentes a la hora de hacer la elección.

6.1 EL COMPOSTAJE EN SUPERFICIE

El compostaje en superficie sería la forma de descomposición de la materia orgánica no forzada ni acelerada, que se acercaría más a cómo sucede a la naturaleza.

Consiste en extender directamente sobre el suelo de cultivo capas de estiércoles, abono verde, restos de cultivo o cualquier otro material orgánico que se quiera descomponer y aportar sus minerales y beneficios de manera progresiva.

Para escoger este método hace falta:

- Que el suelo donde se quiere aplicar esté vivo y sea rico en micro y macro organismos.
- Que el suelo no esté ni muy seco ni demasiado húmedo.
- Que se haga la aportación, a poder ser, durante el otoño y el invierno.
- Que se desmenuce el material esparcido lo más finamente posible para facilitar su degradación y aportándolo en capas sucesivas, no muy gruesas.

La materia orgánica se puede dejar directamente en superficie o medio incorporarla a pocos centímetros del suelo con el cultivador o algún otro arreo que profundice muy poco, después de haberse secado (si era muy húmeda y fresca). Se considera que es más adecuada su aportación en cultivos arbóreos. Si se hacen con cubierta verde, se pueden esparcir después de una guadañada de la hierba.



Imagen 9. Compostaje en superficie. Fuente: Neus Vinyals.

Algunos autores consideran que esta técnica se debe limitar a abonos verdes y a la incorporación de restos de cosechas, ya que es recomendable que el estiércol sufra la fermentación termófila del compostaje en pila y así evitar las pérdidas de nitrógeno debidas a la evaporación del amoníaco. Es

un método complicado de aplicar en hortalizas y cultivos herbáceos, ya que lo que es ideal es dejar que el material a descomponer pase todo el tiempo necesario para que se vaya humidificando a su propio ritmo. En climas y periodos muy secos, no es recomendable.

La ventaja del método es que permite hacer una cobertura del suelo, cosa que aporta los beneficios de los acolchados.

6.2 MADERA TROCEADA DE RAMAS

Una variante del compostaje en superficie es la MTR (madera troceada de ramas) o de sus siglas en francés BRF (Bois Raméal Fragmenté), que consiste en esparcir en superficie restos astillados de ramas⁷ aún verdes, en gruesos de 10 a 12 cm. El diámetro de las ramas debe ser inferior a siete centímetros y de un máximo de diez centímetros de longitud, cosa que facilita una buena invasión de los hongos basidiomicetos⁸. Si el material está bien desmenuzado, se consigue una entrada masiva de estos basidiomicetos, que son los que transfieren los nutrientes hacia la masa microbiana y contribuyen a la despolimerización⁹ de la lignina joven o inmadura, conduciendo la materia orgánica hacia la formación de humus y de los ácidos húmicos y fúlvicos, elementos básicos en la formación del suelo. La mejor época de aplicación es en otoño o al principio de invierno.



Imagen 10. Compostaje en madera troceada de ramas. Fuente: Neus Vinyals.

Este método permite el aprovechamiento de los restos forestales y favorece el incremento de MO de los suelos y, según sus defensores, los rendimientos de los cultivos. También permite una reducción del consumo de agua, una reducción del desarrollo de las hierbas, insectos y enfermedades, y una mayor resistencia al frío y a la sequía. Aunque en huerta, si hay una buena planificación, también se puede aportar, será una técnica más adecuada para cultivos arbóreos.

⁷ Preferentemente, especies frondosas y un máximo de un 10-20% de coníferas.

⁸ Hongos caracterizados por la producción de basidiosporas (esporas externas) y que mayoritariamente viven sobre materia orgánica muerta.

⁹ Rotura progresiva de las moléculas simples que integran un polímero.

6.3 VERMICOMPOSTAJE

Es otra variante del compostaje, aunque hay quien no lo considera propiamente un compostaje en sentido estricto. En este caso, una parte importante del proceso de degradación sucede en el sistema digestivo de las lombrices (*Eisenia foetida* entre otras especies) también llamados gusanos de estercolero o de California. El proceso no es termófilo y estos gusanos necesitan unas condiciones bastante estrictas de humedad (entre 70-80%) y temperatura (entre 12-28°C) y que los restos estén desmenuzados y hayan sufrido una predigestión microbiana o precompostaje que permita la ingesta por parte de los vermes (gusanos). Esta fase previa puede durar desde algunas semanas hasta un año (en función del material).



Imagen 11. Vermicompostaje. Fuente: Neus Vinyals.

Esta interacción entre microorganismos y lombrices da como resultado un producto estabilizado, el vermicompost, que eleva y diversifica la actividad enzimática y microbiana. Éste es un material con una gran capacidad de retención y liberación de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas, que tiene efectos favorecedores de la germinación, crecimiento, floración y fructificación y mejora el rendimiento en la mayoría de los cultivos. Puede reducir la presencia de metales pesados y, en general, incorpora una mayor resistencia a los cultivos frente a enfermedades y plagas.

Para llevar a cabo vermicompostaje hace falta hacer capas de material no muy gruesas, que se pueden ir aportando periódicamente, asegurar una humedad adecuada, mediante, por ejemplo, riegos con microaspersores, y proteger la masa de los rayos solares directos con mallas de sombra o en espacios cubiertos.

Uno de los inconvenientes que tiene el vermicompostaje es el elevado coste económico que puede comportar este método, ya que requiere mantener las condiciones favorables para conservar las colonias de los gusanos, que son muy sensibles a los cambios de humedad y temperatura.

6.4 CERRADO: METANIZACIÓN

Una de las formas de tratar los residuos orgánicos es a través de digestores horizontales o verticales, túneles o módulos. Según si tienen inyección forzada de aire producen fermentaciones aeróbicas o, si son sistemas sin aportación de oxígeno, producen fermentaciones anaeróbicas destinadas principalmente en la producción de gas metano, con usos energéticos y, como subproducto, se obtiene un material compostable. Estos procesos aplican tecnologías más complejas e inversiones más elevadas que el tradicional compostaje en pila, y son habituales en el tratamiento de FORM y residuos sólidos urbanos (RSU) en ecoparques. Como se aleja de los objetivos de esta ficha técnica, no se profundizará en los procesos de esta tecnología.

7. APLICACIONES DEL COMPOST. RIQUEZA Y DOSIS

Las aplicaciones del compost y su riqueza dependerán de los materiales de origen y del proceso que hayan sufrido, así como de su estado y su calidad.

Cuadro 7. Estado y dosis de aplicación del compost

Cultivos y dosis ¹	Compost fresco y semi maduro: < 3 -6 meses	Compost maduro: >6 meses
Arbóreos: abonados de mantenimiento 20 t/ha si es fresco 10 t/ha si es maduro	Poco indicado y sólo si se hacen en superficie o someramente enterrados	El más indicado
Hortícolas: muy exigentes De 15 a 35 t/ha	Cucurbitáceas; solanáceas; maíz, cardos; alcachofas; trigo	Espinacas; coles; apios; puerros
Hortícolas: medianamente exigentes De 10 a 15 t/ha aplicado al cultivo anterior		Chirivías; escarolas; espárragos; guisantes; judías; lechugas; remolacha; zanahoria
Hortícolas: poco exigentes <10 t/ha o aplicado al cultivo precedente más exigente		Leguminosas; ajos; cebollas; nabos; rábanos
Cereales y cultivos extensivos: 1 a 3 t/ha cada dos años y antes el cultivo más exigente ²	Restos de cultivo ³	El más indicado

Fuente: Elaboración propia a partir de Bueno, 2003; Tuson Valls, 2012; DAMM, 2012; Roselló, 2006.

Notas:

1 Las dosis aquí indicadas son orientativas y dependen de los materiales y las mezclas compostadas y de su estado de descomposición (Tuson Valls, 2012) (Bueno, 2003) (DAAM, 2012)

2 Si se hace una rotación basada en cereal-leguminosa, y eventualmente girasol, colza o alguna otra especie, equivale aproximadamente a la aportación directa de todos los restos de cosechas, especialmente de cereales (Tuson Valls).

3 En fincas sin ganado o sin acceso a MO compostable, se deberá utilizar las raíces, rastrojos y pajas trinchadas e incorporadas muy superficialmente. Según los estudios de Carlos Lacasta y Ramon Meco de la finca experimental de la Higuera (Toledo), con los 2-4t/ha de paja que puede dar un cereal es prácticamente suficiente para restituir la tierra a nivel de extracciones.



Imagen 12. Aplicación de compost con remolque. Fuente: Núria Cuch.

La calidad de un compost es difícil de definir, ya que son muchos los tipos de materiales, mezclas y procesos que se pueden hacer, y por lo tanto, muchos los tipos de compost que se pueden obtener. Algunos indicadores y parámetros que definen la calidad de un compost son:

- El indicador más inmediato de la calidad agronómica de un compost es la **respuesta que tendrá la planta en su aplicación**, que se observa a través de su desarrollo.
- Su **riqueza en nutrientes**.
- La calidad sanitaria, presencia de posibles patógenos, parásitos o semillas de plantas adventicias.
- El pH, que debería estar próximo a la neutralidad, y la conductividad eléctrica, que no provoque problemas de salinidad.
- El color y el olor son indicadores de la evolución del proceso.
- Los niveles de metales pesados.

Si se hace compostaje en la misma finca, lo más recomendable es hacer una analítica del material obtenido (que sea representativo de todos los composts que se hagan), para ver los niveles de los diferentes parámetros y poder hacer los cálculos de abonado según la riqueza que presente el material. En el cuadro 7 se da una orientación sobre dosis por grupos de cultivos, aunque habrá que ajustarlas a la realidad del compost que se elabore en la finca.

BIBLIOGRAFÍA

- Amela, Carles & Ferrer, Arnau. *La tècnica d'adobar amb BVE*. Manresa: Agrocultura núm. 39. L'Era, Espai de Recursos Agroecològics, 2010.
- Arco, Noèlia & Romanyà, Joan. Fitxa tècnica *RedBio* núm. 50, "Anàlisi de la matèria orgànica compostada". Barcelona, mayo 2011.
- Bueno, Mariano. *Cómo hacer un buen compost. Manual para horticultoras ecológicas*. Navarra: La Fertilidad de la Tierra Ediciones, 2003.
- Saña Vilaseca, Josep & Soliva Torrentó, Montserrat. *Condicions de compostatge in situ de dejeccions ramaderes sòlides*. Barcelona: Escola Superior d'Agricultura de Barcelona-UPC, 2006.
- Soliva Torrentó, Montserrat. *Compostatge i gestió de residus orgànics*. Barcelona: *Estudis i Monografies 21*. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient, 2001.

CRÉDITOS

Autora: Neus Vinyals. L'Era, Espai de Recursos Agroecològics.

Revisión de los contenidos: Unidad de Producción Agroalimentaria Ecológica del Servicio de Ordenación Agrícola. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural.

Corrección lingüística: Joan-Ignasi Elias.

Depósito legal: B.5384-2013