

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008

Módulo: Contaminación por Residuos

COMPOSTAJE Y BIOMETANIZACIÓN

AUTOR: SANTOS CUADROS

©: *Quedan reservados todos los derechos. (Ley de Propiedad Intelectual del 17 de noviembre de 1987 y Reales Decretos).
Documentación elaborada por el autor/a para EOI.
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita de EOI.*

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008

Índice

1. 1.- INTRODUCCIÓN

- 1.1.- LA MATERIA ORGÁNICA EN LA EXPLOTACIÓN AGRÍCOLA
- 1.2.- NUEVAS FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA
- 1.3.- LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

2.- JUSTIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

- 2.1.- ESTUDIO DE MERCADOS
- 2.2.- BALANCE DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

3- TRATAMIENTO AEROBIO: COMPOSTAJE

- 3.1.- PREPARACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA FERMENTABLE
 - 3.1.1.- Los residuos sólidos urbanos (RU)
 - 3.1.2.- Los lodos de las estaciones depuradoras
 - 3.1.3.- Los residuos de animales
- 3.2.- PROCESO BIOLÓGICO DE FERMENTACIÓN
 - 3.2.1.- Parámetros físicos
 - 3.2.2.- Parámetros bioquímicos
 - 3.2.3.- Fermentación
 - 3.2.4.- Higiene
 - 3.2.5.- Sistemas de fermentación
 - 3.2.6.- Exigencias de las plantas de compostaje de restos de animales
- 3.3.- PROCESO MECÁNICO DE DEPURACIÓN
 - 3.3.1.- Depuración del compost de lodos
 - 3.3.2.- Depuración del compost de RU

4.- TRATAMIENTO ANAEROBIO: BIOMETANIZACIÓN

- 4.1.- PROCESO BIOLÓGICO DE FERMENTACIÓN
- 4.2.- PREPARACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA FERMENTABLE
- 4.3.- TRATAMIENTO EN PLANTA INDUSTRIAL

5.- UTILIZACIÓN DEL PRODUCTO ORGANICO OBTENIDO

- 5.1.- EXIGENCIAS LEGALES
- 5.2.- EL COMPOST EN ESPAÑA
- 5.3.- EL LODO DE LAS EDAR
- 5.4.- CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST
- 5.5.- CULTIVOS DE MAYOR INTERES CONSUMIDOREAS DE MATERIA ORGÁNICA.

BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los medio de producción están padeciendo una escasez de recursos, sin que el futuro parezca ofrecer mejores perspectivas. Los recursos hídricos, la energía y los fertilizantes químicos son cada día más caros, con riesgo de escasez y, sin embargo, diariamente se realizan vertidos masivos de residuos líquidos, lodos y residuos sólidos.

El aprovechamiento de los residuos urbanos, agrarios e industriales sólidos y líquidos, de naturaleza orgánica fermentable, o biorresiduos, como se empiezan a denominar, puede suponer una considerable fuente de energía, agua, materia orgánica, fertilizantes, oligoelementos, bacterias beneficiosas y recursos en general para la agricultura, pero sin embargo su utilización debe ser cuidadosamente estudiada para aplicar técnicas que faciliten el aprovechamiento de la materia orgánica, pero evitando la contaminación del medio natural y de los cultivos. El potencial de biorresiduos recuperables en la Unión Europea se ha estimado en unos 60 millones de toneladas, de los que en la actualidad se están compostando unos diez millones de toneladas.

El Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero establece que las administraciones públicas elaborará, antes del año 2003, un programa conjunto de actuaciones para reducir los residuos biodegradables destinados a vertedero. Este programa incluirá medidas que permitan alcanzar, los objetivos que se comenta a continuación, en particular mediante reciclado, compostaje y otras formas de valorización como producción de biogás mediante digestión anaerobia.

El programa deberá asegurar que, como mínimo, se alcancen los siguientes objetivos:

- a) Antes del 16 de julio de 2006, la cantidad total (en peso) de residuos urbanos biodegradables destinados a vertedero no superará el 75 % de la cantidad total de residuos urbanos biodegradables generados en 1995.
- b) A más tardar el 16 de julio de 2009, la citada cantidad total no superará el 50 %
- c) A más tardar el 16 de julio de 2016 la cantidad citada no superará el 35 por 100

El anterior programa figura en el anexo 14 “ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE REDUCCION DE RESIDUOS BIODEGRADABLES DESTINADOS A LOS VERTEDEROS” del Borrador del Plan Nacional Integrado de residuos 2007-2015

1.1.- La materia orgánica en la explotación agrícola

Durante muchos siglos, los abonos de cuadras y los restos vegetales, han sido las únicas fuentes de elementos fertilizantes que se incorporaban al suelo para aumentar la productividad de los cultivos. Posteriormente, con la incorporación a la agricultura de los abonos químicos, los abonos orgánicos siguen jugando un papel decisivo en la explotación agrícola. El balance de la situación actual de la materia orgánica en la agricultura, podría resumirse en una reducción de la oferta de las fuentes tradicionales, principalmente de la ganadería, y un aumento de la demanda de una agricultura intensiva.

Las tradicionales fuentes de materia orgánica para los cultivos van reduciendo su oferta debido a varias causas como son:

- a) Transformación de la cabaña ganadera del país con incremento de la ganadería intensiva.
- b) Cambios notables en el manejo del ganado. En la ganadería tradicional las excretas sólidas junto con la cama del ganado, que absorbía las excretas líquidas, eran la base para la obtención del estiércol. En la ganadería intensiva las excretas se retiran de forma líquida constituyendo los residuos ganaderos.
- c) Cambios en la explotación ganadera donde se ha pasado de una explotación familiar agropecuaria a una ganadería intensiva.

La agricultura moderna exige una mayor demanda de productos orgánicos para aumentar la rentabilidad de los cultivos. Todos los cultivos exigen, en un proceso de mayor producción, un incremento en los niveles nutritivos, lo que se logra con enmiendas orgánicas y abonos químicos. Estas necesidades aumentan con la intensidad de los cultivos; en los cultivos de regadío son mayores que en los cultivos de secano. En los cultivos intensivos de regadío las necesidades son elevadas como es el caso de la huerta y alcanzan los índices más altos en cultivos protegidos como ocurre en invernaderos y en cultivos bajo acolchado.

1.2.- Nuevas fuentes de orgánicos; Los residuos orgánicos

Con el análisis de la situación expuesta, de una reducción en la producción de estiércol y de un incremento en la demanda de abonos orgánicos, se plantea el problema de las nuevas fuentes de productos orgánicos. Se recurre a la turba, pero es escasa la nacional y muy cara la extranjera.

El tratamiento adecuado de los residuos urbanos (RU), sólidos y líquidos, es un problema que muestra una de sus soluciones en el reciclado de sus compuestos y en la utilización posterior. La composición en orgánicos de los RU oscila entre el 50 y el 70%, lo que representa una fuente de productos orgánicos. Por otra parte, las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), generan gran cantidad de sustancias sólidas en forma de lodos, con alto contenido en orgánicos y en nutrientes agrícolas. Por último los residuos de animales, pueden ser materia prima para integrar en un proceso de compostaje

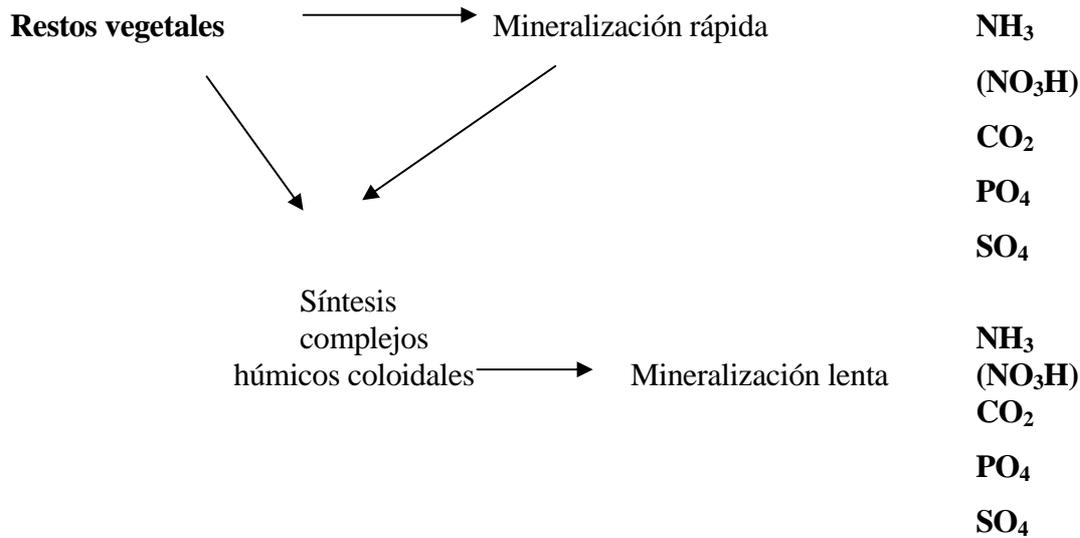
Todas estas sustancias orgánicas después de sufrir una digestión o fermentación, se transforman en un compuesto o compost de utilidad agrícola, que puede atender el déficit, antes expuesto, de productos orgánicos para nuestra agricultura.

1.3.- La materia orgánica en el suelo

1.3.1.- Descomposición de la materia orgánica

Los restos vegetales, de cualquier naturaleza, que caen al suelo, se entierran y empiezan a descomponerse bajo la acción de microorganismos, bacterias, hongos, levaduras y de animales.

La materia orgánica se transforma poco a poco dando lugar, por una parte, a elementos minerales solubles o gaseosos tales como, NH_3 , NO_3H , CO_2 en un proceso llamado mineralización o biodegradación: otra parte de esta descomposición, origina complejos coloidales (complejos húmicos) que establecen relaciones fisico-químicas con la materia mineral y que de esta manera se vuelven estables y resistentes a la acción microbiana en un proceso denominado humificación. Estos compuestos húmicos a su vez pueden mineralizarse en un proceso más lento. La mineralización se realiza en dos etapas, amonificación con producción de NH_3 (N orgánico - N mineral) y posteriormente, a oxidaciones, se obtiene nitroso y nítrico. En condiciones desfavorables se corta el proceso en la amonificación (fuerte acidez, anaerobiosis)



La descomposición esta en función de condiciones ecológicas del medio y de las características del material. Dentro de las primeros, figuran la temperatura, la humedad, la aireación y el contenido en bases del suelo. La relación C/N es una de las características del material que más puede incidir en el aprovechamiento agrícola.

Cuando se incorporan al suelo restos orgánicos con un cociente C/N elevado, los microorganismos liberan carbono en exceso en forma de CO_2 y fijan N mineral en forma orgánica. De esta forma, si existe un cultivo ocurre una competencia del N del suelo en favor de los microorganismos y en perjuicio de los cultivos, lo que repercute desfavorablemente en el desarrollo de las plantas en ese año agrícola. Este bloqueo es pasajero ya que queda en el suelo en forma de humus estable, pero con una grave repercusión agronómica sobre el cultivo existente.

Si se incorpora al suelo restos con índice C/N bajo, ocurre una mineralización rápida del nitrógeno en exceso en forma amoniacal y nítrica, con gran riesgo de pérdidas nitrogenadas.

1.3.2.-Efectos de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica es la principal diferencia entre un material geológico y un material edáfico o agronómico. La materia orgánica origina en el suelo unos efectos con repercusión agronómica de gran interés. Los principales efectos son:

- a) Mejora de las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica contribuye favorablemente a la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta la capacidad de retención de humedad en el suelo. Es decir, el suelo estará más esponjoso y con mayor capacidad para retener la humedad.

- b) Mejora de las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K y micronutrientes y la capacidad de retención de éstos como medio necesario para su utilidad por las raíces de las plantas.

- c) Mejora la actividad biológica del suelo. La materia orgánica actúa en el suelo como soporte y alimento de los microorganismos. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de un suelo fértil.

- d) La materia orgánica ejerce otros efectos beneficiosos sobre los cultivos, como son la mayor facilidad para la germinación de las semillas

2.- JUSTIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO

La selección de la técnica de tratamiento biológico como medio para procesar los RU deberá estar justificada desde el punto de vista **económico, agrario y sanitario**.

Existen varias tecnologías aptas para realizar el tratamiento de los Residuos orgánicos Urbanos o Municipales como son el reciclado, la incineración, el vertido controlado, la fermentación anaerobia y el compostaje. La adopción de ésta última y la decisión sobre la instalación de una planta de compostaje debe estar justificada debidamente en el estudio del **plan director de residuos urbanos** de la zona afectada. En dicho plan director se habrá contemplado el estudio de mercados de los productos y más concretamente el estudio de mercados de los diversos compuestos de materia orgánica para la agricultura, pues serán los productos en competencia con el compost.

La fabricación de un producto con alto contenido en materia orgánica, para atender la demanda de la agricultura, o jardinería, no justifica completamente la fabricación del compost, dado que se podría atender esa demanda con la materia orgánica obtenida por fermentación anaerobia en un vertedero. La principal justificación de fabricar compost se deriva de la necesidad de encontrar un producto, que además de ser orgánicamente estable, presente unas condiciones sanitarias satisfactorias. Estas condiciones no se dan en la materia orgánica extraída de los vertederos donde ha sufrido una fermentación anaerobia sino, en el producto obtenido después de un proceso de fermentación aerobia y termofílica como el compost, donde se han alcanzado temperaturas que pueden garantizar unas condiciones sanitarias adecuadas para los cultivos y para las personas que puedan estar en contacto con el compost.

La implantación de un producto, el compost, en el mercado agrícola de productos orgánicos, implica unos riesgos que deberán analizarse y cubrirse antes de construir la planta de compostaje. En primer lugar deberá analizarse el posible rechazo social por olores y por pequeños trozos de plásticos o vidrio. Por otra parte deberá estudiarse el mercado de los productos orgánicos en futura competencia con el compost.

2.1.- Estudio de mercados

Con relación a la elaboración del estudio de mercados del compost se exponen algunas consideraciones de interés referentes a los cultivos. Se van a analizar los cultivos por grupos clásicos, desde los más exigentes e intensivos a los cultivos extensivos

El compost es aconsejable aplicarlo en la constitución de jardines de parques públicos o privados, como parte integrante del abonado orgánico de fondo, pero no se aconseja su uso en el abonado anual que se aplica sobre el césped o sobre las plantas, debido a dos grandes motivos: el olor y la presencia de inertes como vidrio o plásticos. El desconocimiento del producto origina su rechazo social por olores. Un compost bien fermentado despide un olor característico que puede originar rechazo en personas desconocedoras del producto. El estiércol fermentado también despide un olor desagradable, pero socialmente se le admite mas pues el producto es conocido. Las fermentaciones orgánicas aerobias o anaerobias originan unos olores característicos, desconocidos por las personas ajenas al proceso y que pueden originar su rechazo. Además la presencia de pequeñas cantidades de vidrio y otros inertes puede alarmar a los ciudadanos. Sin embargo, ha dado buen resultado, en el mercado de jardinería la mezcla de compost con productos orgánicos fibrosos, como turba. También hay experiencia de aceptación en jardinería del compost obtenido en la fermentación de lodo desecado de planta depuradora de aguas residuales urbanas. No ha dado buenos resultados el uso de compost como sustrato en jardinería, sobre todo en macetas, debido a que tiene menor capacidad de retención de humedad que otros productos orgánicos como la turba.

El mercado preferente del compost se encuentra en la agricultura de tipo intensiva, en invernaderos y en general en cultivos forzados. Menos importancia presenta el mercado de la agricultura extensiva de regadíos y podría decirse que el interés por el compost desaparece en la agricultura extensiva de secano, con excepción del cultivo de la vid y del olivo, debido a razones no agronómicas sino económicas. El cultivo de la vid es un clásico consumidor de compost pues se alcanzan resultados agrícolas muy satisfactorios, con incrementos del grado alcohólico y del rendimiento del fruto.

2.2.- Balance de productos orgánicos

El balance de productos orgánicos de interés agrícola debe contemplar todos los productos orgánicos naturales de la región presentes en un área de unos 30 a 40 km. de radio y que pueden entrar en competencia con el mercado de compost. Se evaluará la oferta de la ganadería, ya sea de estiércol sólido como de residuos ganaderos líquidos, y la presencia de otros productos orgánicos sólidos como turba. Se estudiarán precios de mercado y condiciones actuales de suministro a lo largo del año.

Con relación a la demanda, se analizará el área de mercado anteriormente expuesto, es decir, la agricultura intensiva, la extensiva de regadío, donde el compost actuará como enmienda orgánica y la extensiva de vid y el olivo en cultivos de secano. Se calculará la cantidad demandada en base a las hectáreas de cultivo y a la dosis que normalmente apliquen los agricultores. Existen otros mercados que, en cada caso, deberán estudiarse, como son: en obra civil, como recubrimiento de vertederos, o de taludes y terraplenes para fomentar la implantación de una vegetación de consolidación de la obra. En industrias, el compost se puede usar como biofiltro absorbente de olores de procesos industriales, como en depuradoras. También se usa en paisajismo para fomentar la vegetación.

La condición necesaria para poder impulsar una planta de compostaje es que el estudio de mercado haya puesto de manifiesto, a través del balance de productos orgánicos, la deficiencia de suministro de productos orgánicos en los posibles consumidores como agricultura o jardinería.

No es aconsejable la adopción de otro tipo de criterios que no aseguren el funcionamiento económico de la planta de compostaje.

3.- TRATAMIENTO AEROBIO: COMPOSTAJE

El compostaje de un determinado sustrato, es un proceso biológico de descomposición aerobia termofílica de sus constituyentes orgánicos, mediante la acción combinada de una serie de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos, asociada a una sucesión de factores

ambientales, obteniéndose anhídrido carbónico, vapor de agua, calor y un resto orgánico estabilizado,

El RD 824/2005 sobre productos fertilizantes, define al Compostaje: “*proceso controlado de transformación biológica aeróbica y termófila de materiales orgánicos biodegradables*”.

El borrador de la propuesta de Directiva relativa al tratamiento biológico de los biorresiduos, define al compost como: “*Material higienizado, estable y parecido al humus, rico en materia orgánica y libre de malos olores resultante del proceso de compostaje de los biorresiduos recogidos selectivamente, que cumple con los requisitos de calidad establecidos*”. Posteriormente define el proceso de compostaje como “*Descomposición biológica autotérmica y termofílica de biorresiduos recogidos selectivamente, en presencia de oxígeno y en condiciones controladas por la acción de micro y macroorganismos, con el objeto de producir compost*”.

La obtención de un buen compost depende de la optimización de los siguientes procesos:

- Preparación de la materia orgánica fermentable.
- Proceso biológico de fermentación.
- Proceso mecánico de depuración.

Se analizarán las características óptimas que deben darse en los diversos procesos.

3.1.- Preparación de la materia orgánica fermentable

La importancia de la materia orgánica fermentable reside en el hecho de ser el sustrato y fuente de nutrientes de los microorganismos que intervienen en el compostaje. El sustrato se debe considerar bajo los aspectos físicos y químicos. Sus propiedades físicas van a condicionar el acceso a los nutrientes, oxígeno y agua de los microorganismos. Su composición química determina el tipo y cantidad de nutrientes disponibles.

La estructura molecular y su composición elemental son los factores químicos de mayor interés. La utilidad de los residuos como sustrato biológico depende de la disponibilidad de sus compuestos químicos en sus moléculas constituyentes. Es muy frecuente que los microorganismos sólo puedan asimilar compuestos muy simples, por tanto, para que se pueda

aprovechar una molécula completa, se tiene que romper en sus unidades constituyentes; así las proteínas en aminoácidos y éstos en amoníaco, pudiéndose entonces asimilarse. El mecanismo de ruptura es la reacción enzimática, pero los enzimas se sintetizan por los microorganismos. El número y complejidad de los sistemas enzimáticos implicados en el proceso llega a ser muy grande cuando aumenta la complejidad de la estructura molecular lo que, además, exige un mayor tiempo de tratamiento.

Durante el proceso de fermentación hay algunos compuestos orgánicos que no se descomponen completamente, como ocurre con la lignina y queratina, debido a la resistencia de los enlaces entre polímeros. Para el caso de la lignina la resistencia es debida a sustituciones químicas en el polímero lo que impide la actividad enzimática. La celulosa es resistente a la biodegradación cuando está asociada a la lignina formando lignocelulosa.

Cualquier producto orgánico fermentable o biodegradable puede ser compostado. En la “Estrategia española de reducción de residuos biodegradables destinados a los vertederos” del Borrador del Plan Nacional Integrado de residuos 2007-2015, figura una serie de productos. Según el RD 824/2005 sobre productos fertilizantes “Las materias primas utilizadas en la elaboración de productos fertilizantes deberán ajustarse a lo especificado en el capítulo IV”, que básicamente exige:

a) *Declaración de ingredientes.* El fabricante deberá identificar ante la Administración competente que lo requiera todos los ingredientes que intervienen en la fabricación de los productos fertilizantes, con el porcentaje en masa que corresponda a cada uno de ellos, el proceso seguido hasta la obtención del producto final y los informes de prueba y documentación pertinente, para demostrar que en la elaboración del producto fertilizante se cumplen los requisitos exigidos en el RD. **Materia orgánica fermentable**

b) *Utilización de residuos.* La utilización como ingrediente de algún producto incluido en la Lista Europea de Residuos, estará sometida a la correspondiente autorización de la autoridad medioambiental del ámbito territorial donde se genera el residuo y, en su caso, su valorización.

c). *Materias orgánicas biodegradables.*

1. Para elaborar abonos orgánicos, abonos órgano-minerales y enmiendas orgánicas solo está permitida la utilización de materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, incluidas expresamente en la lista de residuos orgánicos biodegradables del anexo IV.

2. Las materias primas de origen animal utilizadas en la elaboración de productos fertilizantes deberán cumplir los requisitos previstos en el Reglamento (CE) n.º 1774/2002.

3. Los productos fertilizantes constituidos, total o parcialmente, por residuos orgánicos biodegradables deberán cumplir, además, los requisitos que se definen en el anexo V, y que se comentará en el capítulo, de estos apuntes, correspondiente a Legislación .

d). *Nivel máximo de microorganismos.*

1. Los productos que contengan materias primas de origen orgánico, animal o vegetal, no podrán superar los valores máximos de microorganismos incluidos en el anexo V.

En el Anexo IV del citado RD se relaciona la “Lista de Residuos Orgánicos Biodegradables, se hace una relación de todos los biorresiduos adecuados para los tratamientos biológicos según la Lista Europea de Residuos (Decisión 2001/118/CE, recogidos en la Orden MAM/303/2002, de 8 de febrero). La lista comprende los siguientes grandes grupos de residuos

02 Residuos de la agricultura, horticultura, acuicultura, silvicultura, caza y pesca; Residuos de la preparación y elaboración de alimentos.

03 Residuos de la Transformación de la madera y de la producción de tableros y muebles, pasta de papel, papel y cartón.

04 Residuos de las industrias del Cuero, de la piel y textil

19 Residuos de las instalaciones para el tratamiento de residuos.

20 Residuos Municipales, incluidas las fracciones recogidas selectivamente.

Tradicionalmente, en la explotación agropecuaria, las excretas del ganado junto con el material absorbente o cama del ganado, debían fermentarse en el "estercolero" para obtener un producto, el estiércol, de interés para uso agrícola. En la actualidad, son muchos los residuos orgánicos de origen urbano, agrícola, ganadero o industrial que pueden someterse a un proceso de compostaje para facilitar su aprovechamiento agrícola. Recientemente se están montando plantas de compostaje de restos vegetales, de limpieza de jardines o de limpieza de bosques.

Estos residuos, se compostan solos o mezclados con lodos desecados de depuradora de agua residual urbana obteniéndose un producto de calidad

En la planta de compostaje, es de gran importancia y repercusión posterior, preparar adecuadamente la masa que va a fermentar, pues será decisiva para obtener una buena calidad de producto final o compost, en condiciones óptimas de tiempo y del menor costo posible. Básicamente se tomará especial interés para reducir el contenido de inertes, para obtener una humedad adecuada, una porosidad que garantice la aireación del proceso y una relación C/N comprendida entre 25 y 35. Solamente se contempla en el presente trabajo los residuos orgánicos de origen urbano.

3.1.1.- Los residuos urbanos o municipales (RU)

La calidad del compost depende directamente de la composición de los RU y más concretamente de la riqueza en productos orgánicos. De forma negativa influye la presencia de plásticos, vidrios y en general, productos no fermentables. Dado que las basuras urbanas o residuos urbanos contienen gran cantidad de productos no fermentables, la primera operación previa al compostaje de los RU es la eliminación de la mayor cantidad posible de estos productos inertes. Los RU españoles presentan una concentración en productos orgánicos del 50%. Esta cifra puede acercarse al 68% si se considera la fracción de papel y cartón. Deberán aplicarse las tecnologías adecuadas para retirar la mayor cantidad posible de productos inertes antes de proceder al compostaje.

La implantación en España de sistemas de recogida selectiva de envases y embalajes y en el futuro de otros residuos urbanos identificables como pilas, electrodomésticos etc y la correspondiente retirada de la bolsa de la basura de estos productos, va a variar la composición en productos orgánicos y en elementos tóxicos así como su grado de humedad, lo que deberá tenerse presente a la hora del proyecto de la planta de compostaje así como del proceso a aplicar. Estos RU tendrán una mayor concentración en productos orgánico y una mayor humedad. Para compostarlos se exigirá aplicar técnicas similares a las empleadas para el compostaje de los lodos desecados de depuradoras de aguas residuales urbanas.

3.1.2.- Los lodos de las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR)

Los lodos desecados, obtenidos en las EDAR, presentan una elevada riqueza en materia orgánica, pero contienen una excesiva humedad, en torno al 75%, y una baja porosidad, lo que dificultará la fermentación si no se toman ciertas medidas. Estas, normalmente suelen ser:

- a) Desecación del lodo en capas, hasta lograr una humedad próxima al 50%.
- b) Realizar mezclas del lodo con "agentes" que además de reducir la humedad, aumentarán considerablemente la porosidad.

El lodo desecado en capas o mezclado con agentes como viruta de madera, paja, u otros productos, se encuentra en circunstancias adecuadas para poder compostarse.

3.1.3.- Los restos de animales

Los residuos o subproductos animales se han clasificado, en las legislaciones específicas, considerando su riesgo a transmisión de enfermedades. El Reglamento CE 1774/2002, del Parlamento Europeo y del consejo de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados a consumo humano adopta una clasificación similar y los divide en tres categorías. Dado que sólo son compostables los materiales de las categorías 2 y 3, se exponen sus características:

Material de la categoría 2

El material de la categoría 2 incluye los siguientes subproductos animales:

- a) estiércol y contenido del tubo digestivo,
- b) los materiales de origen animal recogidos al depurar las aguas residuales de mataderos o de instalaciones de transformación de materiales de categoría 2,
- c) productos de origen animal que contengan residuos de medicamentos veterinarios y contaminantes,
- d) productos de origen animal distintos del material de la categoría 1 importados de terceros países y que no cumplan los requisitos veterinarios para su importación en la Comunidad,

e) animales o partes de animales, que mueran sin ser sacrificados para el consumo humano, incluidos los animales sacrificados para erradicar una enfermedad epizootica.

Material de la categoría 3

El material de la categoría 3 incluye los subproductos animales que correspondan a la siguiente descripción, o cualquier material que los contenga:

- a) partes de animales sacrificados, aptos para el consumo humano, pero que no se destinen a este fin por motivos comerciales, o que han sido rechazadas por no ser aptas para el consumo humano, pero que no presenten ningún signo de enfermedad transmisible.
- b) pieles, pezuñas y cuernos, cerdas y plumas procedentes de animales aptos para el sacrificio con vistas al consumo humano;
- c) sangre procedente de animales que no sean rumiantes sacrificados en un matadero y que sean declarados aptos para el sacrificio con vistas al consumo humano.
- d) subproductos animales derivados de la elaboración de productos destinados al consumo humano, incluidos los huesos desgrasados y los chicharrones;
- e) antiguos alimentos de origen animal o que contengan productos de origen animal, que no sean residuos de cocina, que ya no están destinados al consumo humano por motivos comerciales que no supongan riesgo alguno para el ser humano ni los animales;
- f) peces u otros animales marinos, con excepción de los mamíferos, capturados en alta mar para la producción de harina de pescado;
- g) subproductos frescos de pescado procedentes de instalaciones industriales que fabriquen productos a base de pescado destinados al consumo humano;
- h) conchas, subproductos de la incubación y subproductos de huevos con fisuras procedentes de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible a través de ese producto a los seres humanos o los animales;
- i) leche cruda de animales, sangre, pieles, pezuñas, plumas, lana, cuernos y pelo procedentes de animales que no presenten signos clínicos de ninguna enfermedad transmisible
- j) residuos de cocina que no sean los mencionados en el material de categoría 1.

c) Subproductos compostables

El Reglamento CE nº 1774/2002 establece que sólo los subproductos animales siguientes podrán ser objeto de transformación en una planta de compostaje:

a) material de la categoría 2 que cumpla las siguientes condiciones mínimas:

- granulometría de las partículas no superiores a 50 mm
- calentamiento a temperatura interna superior a 133 °C, a una presión absoluta de 3 bares durante un período mínimo de 20 minutos. El proceso térmico puede aplicarse como proceso único o como una fase de esterilización anterior o posterior al proceso

b) estiércol y contenido del tubo digestivo separado del tubo digestivo, leche y calostro,

c) material de la categoría 3, que deberá cumplir las siguientes condiciones mínimas:

- dimensión granulométrica máxima antes de entrar en el reactor de compostaje: 12 mm
- temperatura mínima de todo el material en el reactor: 70 °C, y
- permanencia mínima en el reactor a 70 °C (todo el material): 60 min.

No obstante, la autoridad competente podrá, cuando el único subproducto animal utilizado como materia prima en una planta de compostaje sean residuos de cocina, autorizar la aplicación de requisitos específicos distintos, siempre que garanticen un efecto equivalente de reducción de patógenos. Cuando el estiércol, el contenido del tubo digestivo, separado del tubo digestivo, la leche y el calostro sean los únicos materiales de origen animal tratados en una planta de compostaje, la autoridad competente podrá autorizar la aplicación de requisitos específicos distintos de los establecidos.

3.2.- Proceso biológico de fermentación

Como se ha expuesto, el compostaje es una fermentación aerobia termofílica de un substrato orgánico por la acción combinada de varios microorganismos.

Es de gran interés analizar las principales circunstancias o parámetros que intervienen en la fermentación, con el fin de mantener estos parámetros en circunstancias óptimas, en aras de un buen compostaje, en el menor tiempo posible y con el menor coste.

3.2.1.- Parámetros físicos

Aireación: Es el parámetro básico de una fermentación aerobia. La aireación de la materia orgánica deberá asegurar la incorporación del oxígeno del aire y la eliminación del anhídrido carbónico producido durante el compostaje. La falta de ventilación del anhídrido carbónico origina el desarrollo de microorganismos anaerobios que cortarían el proceso de compostaje.

La concentración óptima de oxígeno en el interior de las pilas de fermentación está comprendida entre el 5 y el 15% en volumen. La ventilación de las pilas se asegura por volteos periódicos de la masa compostable o por medio del aire que se inyecta o se extrae por las tuberías perforadas situadas a lo largo de la pila de fermentación. La ventilación controlada puede servirnos además para regular la temperatura de fermentación.

Humedad: Junto con la aireación, son los dos parámetros básicos del compostaje de gran importancia. Los microorganismos necesitan el agua como vehículo líquido para transportar los alimentos y elementos energéticos, a través de la membrana celular. La descomposición de la materia orgánica depende del contenido de humedad. Los valores mínimos dentro de los cuales tiene lugar la actividad biológica se sitúa entre el 14 y el 12%. Valores inferiores al 40% de humedad pueden limitar sensiblemente el compostaje. El contenido óptimo de humedad se encuentra entre el 50 y el 60%. Por encima de este valor se puede presentar anaerobiosis.

A lo largo del compostaje y, sobre todo, en las primeras fases, con altas temperaturas se producen grandes pérdidas de agua, que si son críticas, habrá que corregir con la incorporación de agua. La incorporación de agua para corregir la humedad, se realiza en el momento del volteo. En el compostaje de lodos de depuradora, se deberá reducir la humedad antes del compostaje, como se ha expuesto anteriormente.

Temperatura: Durante el compostaje y siempre que la humedad y la aireación sean adecuadas, la temperatura sufre la siguiente evolución. Inicialmente, los residuos fermentables se encuentran a temperatura ambiente. Enseguida, los microorganismos, que disponen de abundantes nutrientes, proliferan y la temperatura va incrementándose considerablemente. A los pocos días, se alcanzan los 40°C, finalizando la llamada "fase mesofílica" y se alcanza la "fase

termofílica". La temperatura sigue subiendo y, la mayor parte de los microorganismos iniciales mueren y son reemplazados por otros resistentes a esas temperaturas. Más tarde, decrece gradualmente y se vuelve otra vez a temperaturas mesofílicas en un período denominado de "maduración" caracterizado por una reducción paulatina de la actividad biológica y por una estabilización de los productos orgánicos obtenidos.

La primera fase del compostaje con incrementos de temperaturas, hasta alcanzar valores altos que pueden superar los 70°C, junto con elevados índices de humedad, tiene una gran importancia sanitaria por cuanto supone la eliminación de gérmenes patógenos. Sin embargo, esta eliminación puede afectar a microorganismos que intervienen en el compostaje, con desfavorable repercusión en la prolongación excesiva del tiempo de fermentación. Cabe una solución de compromiso que fije la temperatura de compostaje en un valor, dentro del cual, se presenten garantías sanitarias y, a la vez, pueda existir una población de microorganismos que asegure un compostaje adecuado. Esta temperatura de trabajo se ha fijado en torno a los 55°C.

En la planta de compostaje, la regulación de la temperatura sólo puede ejercerse para reducir su valor, y se realiza mediante los volteos. También se hace mediante la regulación adecuada del caudal del aire de las soplantes que ventilan las pilas de fermentación por las tuberías perforadas.

El Reglamento CE N° 1774/2002, exige, para el compostaje de restos de animales, una temperatura mínima de todo el material de 70 °C durante 60 minutos

3.2.2.- Parámetros bioquímicos

pH: Para el crecimiento de la mayoría de las bacterias, el pH óptimo varía entre valores de 6 y 7,5 mientras que en el caso de los hongos este rango se amplía entre valores de pH 5,5 a 8,0. No obstante y como se ha expuesto, durante el compostaje hay una sucesión de diversos microorganismos y circunstancias variantes que hacen que el pH varíe considerablemente.

Si como consecuencia de un encalado inicial, en la línea de desecación de lodos, se parte de un valor de pH elevado, se producirán pérdidas significativas de nitrógeno. La variación del

pH de una pila de compostaje para conseguir un crecimiento óptimo de microorganismos, se ha comprobado que es una práctica poco eficaz.

Inicialmente, los residuos sólidos urbanos, presentan una reacción ácida correspondiente a los extractos de las sustancias orgánicas presentes, con valores próximos a 6. Con el inicio de la fermentación, los residuos adquieren mayor acidez debido a la actividad de las bacterias y a la formación de ácidos débiles. Posteriormente, el material fermentable adquiere una reacción alcalina como consecuencia de la formación de amonio al degradarse las proteínas y los aminoácidos. En la cumbre de la fase termófila, se pueden alcanzar valores próximos a 8,5. Finalmente, en la fase final de la fermentación o "maduración", el pH desciende a valores próximos a la neutralidad o ligeramente alcalinos, debido a las propiedades naturales de amortiguados o efecto tampón de la materia orgánica.

Materia orgánica: Durante el proceso de compostaje, las pérdidas de materia orgánica pueden alcanzar el 30%, medido como materia total. La mayoría de estas pérdidas es materia orgánica "volátil", que corresponde a sustancias ricas en carbono. Estas pérdidas se producen en la primera fase de la fermentación, que como se ha expuesto, es la fase más activa, y no durante el período de altas temperaturas.

Nitrógeno: Si se tiene en cuenta que el destino del compost es su aplicación agrícola y que el nitrógeno es uno de los tres grandes nutrientes para los cultivos, se comprende el gran interés por evitar las pérdidas. Estas se producen cuando las cantidades de carbono asimilable son pequeñas respecto a las de nitrógeno. Este es el caso de sustancias que contienen carbono y que son resistentes al ataque microbiano, o por el contrario, en el caso de sustancias que contienen nitrógeno y son descompuestas con rapidez.

En el transcurso del compostaje, el contenido de nitrógeno disminuye, debido a la volatilización del amoníaco. Las pérdidas mayores se producen en los primeros días cuando la amonificación es mayor y cuando las circunstancias de alto valor de pH y elevada temperatura favorecen las pérdidas amoniacaes. Las pérdidas máximas se presentan a temperaturas próximas a 35° y no con las temperaturas máximas. Durante el proceso, las pérdidas suelen situarse en torno al 10%.

Relación C/N: Los microorganismos necesitan el carbono como fuente esencial de energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas junto con otros elementos como el fósforo o el azufre.

Durante la fermentación aerobia, los organismos vivos consumen de 25 a 35 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno. Este es el rango de valores de la relación C/N que se suele adoptar como óptimo en las plantas de compostaje a la hora de preparar las mezclas o lo que se ha denominado en el presente artículo "materia orgánica fermentable". El nitrógeno se encuentra, casi en su totalidad, en forma orgánica de donde debe ser extraído y modificado por los microorganismos para poder ser utilizado por éstos.

Básicamente, una relación C/N elevada conducirá a tiempos de fermentación muy prolongados. Por el contrario, el compostaje de productos orgánicos con una relación C/N baja, aunque origina un rápido proceso de compostaje, lo hace con grandes pérdidas nitrogenadas.

3.2.3.- Fermentación

Como se ha dicho varias veces, el compostaje es un proceso dinámico por la acción combinada de una población bacteriana. Los residuos sólidos urbanos o basuras frescas contienen millones de gérmenes. Comienza la fermentación aerobia y en su primera fase de baja temperatura o mesófila, dominan bacterias y hongos mesófilos y producen gran cantidad de ácidos. La actividad en este primer período es muy intensa, pues los microorganismos disponen de todas las sustancias directamente asimilables contenidas en estado natural en el medio orgánico. Esta intensa actividad provoca una liberación de energía, lo que origina una elevación de la temperatura de la masa. Este fenómeno sirve para iniciar la actividad de proliferación de las primeras especies termofílicas, que se encontraban en estado latente en las basuras frescas. Especies de bacterias y sobre todo hongos termófilos entran en actividad hasta temperaturas de 65° C, entonces aumenta la actividad enzimática y la hidrólisis y transformación de sustancias como grasas y un ataque superficial de la celulosa y de la lignina, formando sustancias orgánicas simples gracias a la acción de los enzimas extracelulares de otros organismos.

Sube la temperatura y sólo pueden sobrevivir las bacterias termófilas. Se alcanzan y superan los 70° C durante dos o tres semanas. En esta época la actividad biológica de la fermentación es la más débil. Esta es la fase en que se realiza la pasteurización y la estabilización

del medio. Agotada la materia orgánica susceptible de liberar carbono por los medios disponibles por las bacterias termófilas, ocurre una reducción en la multiplicación y actividad, lo que se traduce en un descenso progresivo de la temperatura. Se ven entonces aparecer otra vez algunas especies de hongos y actinomicetos y desaparecer las bacterias termófilas con el descenso de la temperatura. La nueva población de hongos y bacterias mesófilas, es inferior en número y actividad a la contenida en las basuras frescas y ataca poco a poco la parte de celulosa que quedó intacta, principalmente papeles y lignina de algunos residuos vegetales.

El estudio biológico del compost revela tres hechos importantes:

- 1.- Todos los parásitos y las bacterias patógenas han sido destruidos durante el compostaje.
- 2.- El compost contiene sustancias antibióticas.
- 3.- El compost tiene especies de microorganismos que no son antagonistas de los gérmenes habitualmente presentes en el suelo.

Los microorganismos patógenos encontrados en los R.U son en su mayoría de origen humano y son reflejo de la sanidad de la comunidad. Estos microorganismos pueden ser: bacterias, virus, hongos, protozoos y helmintos.

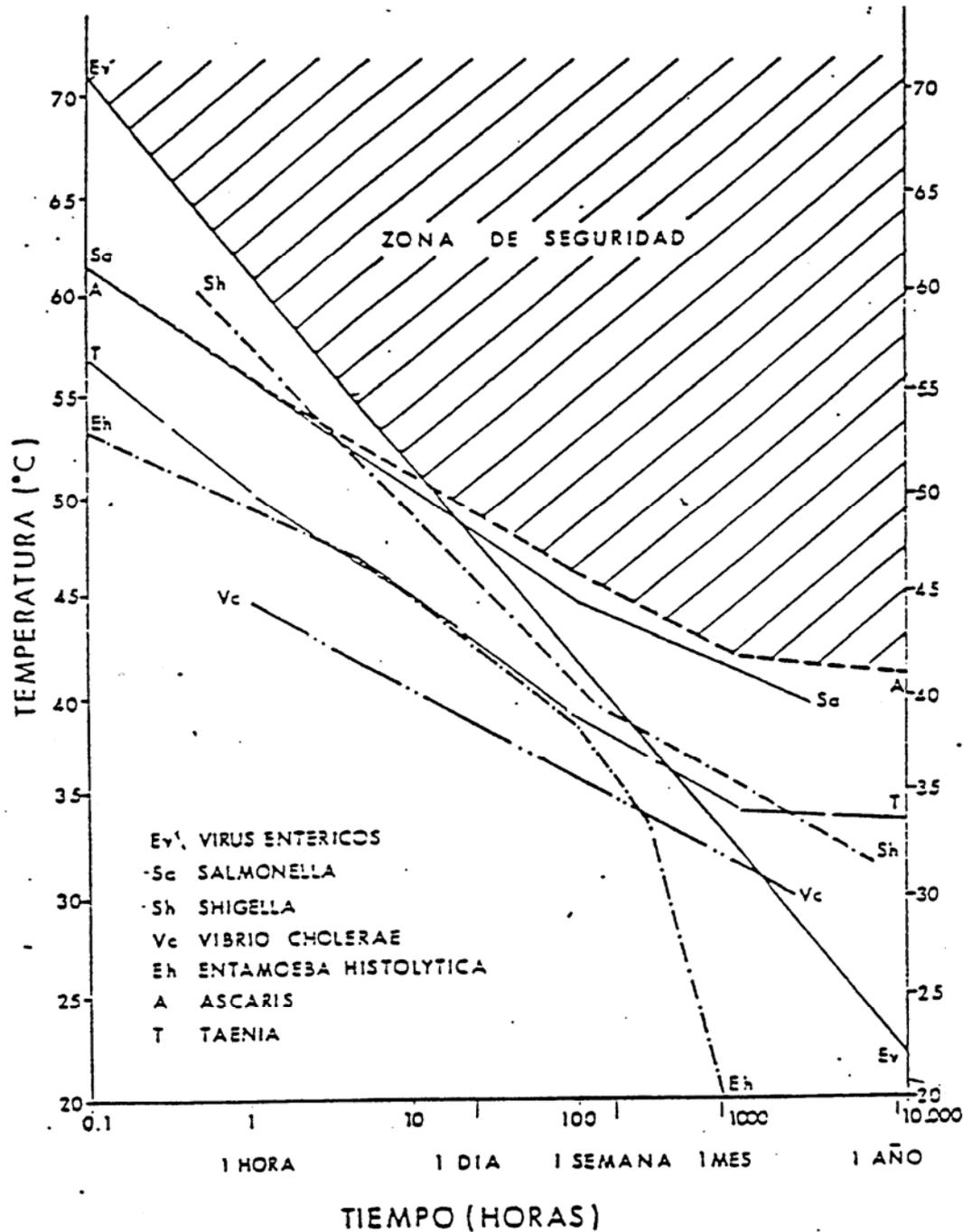
3.2.4.- Higiene

Como ya se ha expuesto, durante el compostaje se presenta un proceso microbiológico dinámico, originado por la acción combinada de una población bacteriana y por hongos básicamente. La flora mesofílica que inicia el proceso, pronto es sustituida por una flora termofílica, pudiéndose alcanzar temperaturas por encima de los 70°C. Las temperaturas de trabajo, por el contrario, no suelen superar los 55°C para posibilitar una mayor actividad biológica y una reducción del tiempo de compostaje. A la vez esta temperatura más baja facilita la reducción de las pérdidas amoniacales. Las altas temperaturas en un ambiente de elevada humedad origina la eliminación de las bacterias patógenas y, en general, origina una considerable reducción de los gérmenes patógenos.

En el gráfico adjunto se expone la "Influencia de la temperatura y del tiempo de exposición en la destrucción de algunos gérmenes patógenos", según Feachem.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICION EN LA DESTRUCCIÓN DE GÉRMENES PATOGENOS

FEACHEM y al.(1978)



Con relación a los huevos de moscas y, en general, de parásitos, las temperaturas iniciales de 20 a 25°C en medio húmedo y rico en sustancias nutritivas favorecen el desarrollo de parásitos. Sin embargo, al subir posteriormente las temperaturas, se produce una eliminación de

estos parásitos. Este hecho se comprueba en las plantas de compostaje donde no se observan moscas en las pilas donde la fermentación se encuentra en fase avanzada. En algunas plantas de compostaje se ha distribuido compost maduro sobre las pilas nuevas con el fin de actuar como repelente de moscas.

Durante los primeros días del compostaje, se ha comprobado la muerte o destrucción de lombriz solitaria y sus huevos, huevos y larvas de mosca y semillas de plantas parásitas.

En el caso del compostaje de residuos de animales, el Reglamento 1774/2002, pone especial interés en exigir las siguientes condiciones de higiene:

- a) Los subproductos animales objeto de compostaje deberán almacenarse y transformarse lo antes posible después de su llegada.
- b) Se tomarán sistemáticamente medidas preventivas contra pájaros, roedores, insectos y otros parásitos.
- c) Los contenedores, recipientes y vehículos utilizados para el transporte de material no tratado deberán limpiarse en una zona designada a tal efecto.
- d) Las instalaciones y el equipo deberán mantenerse en buen estado de conservación; el equipo de medición deberá calibrarse periódicamente.
- e) Los residuos de fermentación deberán manipularse y almacenarse en la fábrica mediante procedimientos que excluyan su recontaminación.

3.2.5.- Sistemas del proceso biológico de fermentación

Todos los sistemas de compostaje van orientados a fomentar la optimización de los parámetros que regulan el proceso, para obtener un buen compost en las circunstancias más favorables de menor tiempo de fermentación, lo que precisará una menor superficie de parque de fermentación y por consiguiente un menor costo. Además se intentará reducir el impacto desagradable de los olores.

Existen numerosos sistemas de compostaje que pueden clasificarse en función de diversos criterios. Con relación al lugar del recinto donde se produce la fermentación se distinguen sistemas en recinto cerrado y sistemas al aire libre o en recinto abierto. Los recintos cerrados se eligen para plantas de compostaje próximas a núcleos de población donde se exige una reducción del impacto ambiental por olores. Estos sistemas se están extendiendo

últimamente, pues aunque son caros se presenta un control de los parámetros, se reduce el tiempo de fermentación y se reducen considerablemente los olores. Con frecuencia la primera fase del compostaje o fermentación se produce en recinto cerrado para lograr un mejor control del proceso y de los posibles impactos desagradables. Posteriormente la fase de maduración se realiza en parques de fermentación abiertos.

En función del sistema de ventilación se distinguen básicamente sistemas de fermentación forzada y sistemas de fermentación natural, consiguiendo aquellos la fermentación en el menor tiempo. Los sistemas de ventilación natural, están desechados en las grandes instalaciones de compostaje. Se hace una relación de diversos sistemas:

a) Compostaje en pila estática

Es el sistema más antiguo y se realiza en pilas, de reducida altura ya que la masa a compostar no se mueven durante el proceso. La ventilación es la natural, a través de los interespacios de la masa a compostar.

b) Compostaje por volteo

La aireación se logra por volteo mecánico de toda la masa compostable. El tamaño de la pila fermentable es mayor, permitiendo alturas en torno a 3 m.

Tiene gran importancia los sistemas de compostaje por volteo forzado por medio de volteadora con control automático. Los residuos urbanos o su fracción orgánica se colocan en hilera, pilas de fermentación o parvas, en un parque de compostaje preparado para facilitar el movimiento de la máquina volteadora. El parque de fermentación, que normalmente está expuesto al aire libre, se encuentra dividido en franjas, donde se situará la masa a compostar en hileras. Por encima de estas franjas, circulará la máquina volteadora sobre carriles o sobre ruedas con neumáticos.

La volteadora es la pieza clave y, básicamente, consta de un frente con un cilindro dentado o rejas fresadoras, que ataca el frente de la pila de fermentación y levanta la materia a compostar. Este material es cargado sobre una cinta y descargado a continuación en la misma hilera o pila, o la traslada a una hilera lateral. La mayoría de estos sistemas son automáticos y la volteadora suele pasar varias veces por la misma hilera según el programa de fermentación establecido.

Los tiempos de fermentación o de estancia en el parque de volteo suele ser de dos a cuatro semanas. Transcurrido este tiempo, el compost deberá pasar al parque de maduración antes de proceder a su refinado o depuración.

c) Compostaje por ventilación forzada

La pila de fermentación es estática y en su formación se ha dispuesto en su interior, de un sistema mecánico de ventilación por tubería perforada o por canal empotrado en la solera del parque de fermentación. Las tuberías se conectan con un ventilador que asegura la entrada de oxígeno y la salida de CO₂. Esta ventilación puede ser por inyección o impulsión de aire o por succión o extracción.

Estos sistemas pretenden ahorrar la energía del movimiento de toda la masa a compostar que exige el anterior sistema de volteo para airear la pila de fermentación. En la práctica se ha demostrado que la aireación no es correcta dado que se crean zonas o caminos de aireación en perjuicio de otras que pueden llegar a estar anaerobias. Además se forman masas compactas de difícil disgregación posterior. Ha dado buen resultado la alternancia de los dos procesos, aireación de la masa y volteo lo que permite una reducción del número de volteos.

d) Compostaje en celdas

Este sistema de compostaje va precedido de una separación previa de metales y productos no fermentables contenidos en los RSU. Los orgánicos se colocan en celdas de cemento sometidas a aireación y con sistema de recogida de lixiviados. Los parámetros del compostaje son regulados y corregidos por sistemas automáticos.

e) Bioestabilizador Dano

De origen danés y con gran experiencia, este sistema consiste en un tratamiento continuo de los residuos dentro de un cilindro de grandes dimensiones, de 2 a 3 metros de diámetro, que gira alrededor de su eje, con una velocidad de 2 r.p.m. Los RSU entran diariamente por un extremo del cilindro y después de un tiempo de permanencia de uno a tres días salen por el extremo opuesto. Dentro del cilindro se controlan los parámetros del compostaje, principalmente aireación y humedad lográndose una fermentación correcta. Una vez concluida esta fermentación, la fase de maduración se realiza en pilas estáticas.

f) Fermentadores verticales

La pieza principal es un fermentador cilíndrico de grandes dimensiones colocado verticalmente, que está dividido en varias plantas o pisos. Cada piso presenta una sección perforada. La materia a compostar se coloca en el piso más alto y mediante dispositivos mecánicos se voltea la masa a la vez que se desplaza. Cuando la materia orgánica llega a la sección perforada, cae al piso inferior. El proceso se repite hasta que la materia orgánica alcanza la planta baja donde concluye la fermentación, y el compost es conducido al parque de maduración. Los parámetros del compostaje se regulan adecuadamente a lo largo del fermentador. El tiempo de residencia en el fermentador es de una semana.

g) Compostaje en túnel

La primera fase del compostaje se realiza en un recinto cerrado o túnel, donde se controlan y optimizan los parámetros del proceso. Posteriormente, la fase de maduración, se realiza en el interior de otro túnel o en el exterior del mismo. Este proceso presenta una importante reducción del impacto por olores desagradables, que se filtran y necesita una menor superficie para realizar el compostaje, debido a la reducción del tiempo de compostaje como consecuencia de una mejor optimización de parámetros. Por el contrario son sistemas caros de instalación y mantenimiento.

El compostaje en túneles está indicado para plantas de fermentación situadas en la proximidad de núcleos habitados, o cuando se disponga de poca superficie para la planta de tratamiento de RU y se quiera fabricar un buen compost.

Según el borrador de directiva antes indicada, la localización de una planta de tratamiento biológico deberá tener en cuenta requisitos relacionados con:

- Los residuos a tratar y la tecnología a emplear
- La distancia de la planta a áreas recreativas y residenciales, zonas húmedas, cursos fluviales y otras zonas agrícolas o urbanas.
- La existencia de aguas superficiales, subterráneas, costeras o zonas de protección de naturaleza en el entorno de la planta
- La protección de la naturaleza o patrimonio cultural del entorno

Se tomarán medidas apropiadas, con respecto a las condiciones meteorológicas predominantes y las características de los biorresiduos a tratar, para recoger las aguas contaminadas y los lixiviados procedentes de la planta. Estas aguas, en caso de ser vertidas a aguas superficiales, deberán ser tratadas previamente para que cumplan la legislación vigente.

Se tomarán medidas para controlar la emisión de olores procedentes de plantas de tratamiento biológico cercanas a viviendas y que produzcan más de 500 toneladas de residuos verdes y de madera tratados al año o 250 toneladas de biorresiduos tratados al año. Además, se minimizarán las molestias y peligros causadas por la planta debidas a:

- Emisiones de polvo
- Materiales arrastrados por el viento
- Ruido y tráfico
- Aves, insectos, plagas
- Formación de aerosoles
- Fuego

3.3.- Proceso mecánico de depuración

En el proceso de preparación de la materia orgánica fermentable a partir de los RU, se han separado productos como plásticos, vidrios, metales etc., pero sin embargo permanecen, todavía numerosos inertes de tamaño medio, estos sólo se podrán separar después del proceso biológico de fermentación, en el cual la materia orgánica se ha estabilizado y entonces se desprende de los inertes. El proceso mecánico de depuración es un conjunto de operaciones encaminadas a reducir el contenido de inertes como vidrio, plástico, metales, etc. y a obtener una granulometría adecuada que facilite su aprovechamiento en los suelos agrícolas.

El proceso mecánico depende de la composición de la materia orgánica fermentable y, más concretamente, de la presencia de inertes no orgánicos, fenómeno que se da en la fermentación de los residuos sólidos urbanos o en sus mezclas con lodos de depuradoras. Se distinguen dos procesos según el tipo de materia fermentable.

- Depuración de lodo compostado, sólo o en mezclas con agentes orgánicos.
- Depuración de compost de RU o de mezclas con lodo urbano.

3.3.1.- Depuración de lodo compostado

El lodo, compostado después de un proceso de desecación sin mezclas, o en los casos de compostaje de lodo mezclado con astillas y otros residuos orgánicos, se somete a un proceso muy sencillo de cribado y/o molienda. Este proceso se realiza por medio de un trómel o criba giratoria, y a veces, con un molino.

Al final de este proceso de depuración, se obtiene un compost con una granulometría inferior a 15 mm. La fracción gruesa está integrada básicamente por rechazos o por los productos usados como agentes de mezcla. Los rechazos se retirarán a vertedero y los agentes usados como mezcla tales como astillas se volverán a reutilizar como nuevo agente o producto de mezcla.

3.3.2.- Depuración de compost de RU

El compost obtenido por la fermentación de los RU o por mezclas con lodos, posee gran cantidad de inertes que es preciso eliminar. Existen numerosos sistemas de depuración de estos inertes, pero por su importancia se describe, a continuación, el proceso desarrollado por la empresa nacional Adaro, en su planta de reciclaje de Valdemingómez (Madrid).

Concluida la fermentación, el compost es conducido a la planta depuradora de compost. La masa fermentada se deposita en la tolva dosificadora y homogeneizadora. Desde allí, a través de una cinta transportadora, el compost llega al separador balístico, donde se eliminan los inertes, en razón de su forma redondeada. El separador balístico consta de una cinta inclinada, con movimiento ascendente, donde cae el producto a depurar. Los productos inertes de forma esférica, rodarán y se separarán de la otra fracción orgánica que se fija a la cinta y que ascenderá siguiendo el proceso. A continuación, la fracción orgánica sufre un cribado a través de un trómel de 25 mm de luz de paso. Los rechazos de este trómel están integrados por tejidos y productos plásticos, así como por trozos de maderas y vidrios. La fracción inferior a 25 mm pasará por una malla elástica de 10 mm de luz, obteniéndose un rechazo, de granulometría comprendida entre

25 y 10 mm. La fracción fina pasará por la deschinadora donde se extraerán los inertes vidrio, cerámica, tierra, etc., y se obtendrá el compost de alta calidad. Otra fracción de compost se obtiene en el ciclón de la deschinadora. En efecto, la eliminación del chinarro se efectúa en un proceso de flotación con aire de la fracción fina que llega de la malla elástica. Este aire, que arrastra polvo y partículas sólidas, se deposita, y por tanto el aire se depura de estos sólidos, en el ciclón, antes de salir al exterior, obteniéndose una fracción fina o polvo. Esta fracción fina de compost tiene un excelente aspecto, quizás mejor que el compost, sin embargo, hay que indicar que en su composición se aprecia un mayor contenido de polvo mineral.

- Características de los productos obtenidos y destino de los mismos.

En el proceso mecánico de depuración del compost, se han obtenido una serie de productos que se pueden agrupar en dos grandes bloques: rechazos y compost depurado.

Algunos rechazos pueden tener una utilización o aprovechamiento como es el caso del rechazo de la criba elástica. Estos, después de una eliminación de vidrio, pueden aprovecharse como combustibles. Los rechazos del trómel están integrados por trozos de tejidos sintéticos, plásticos, maderas y otros compuestos combustibles, pero sin embargo, también contienen productos inertes como vidrio, metales, cerámica y otros. El aprovechamiento energético de estos rechazos sólo se podrá realizar en hornos de parrilla móvil, que permita eliminar la formación de escorias durante el proceso de combustión. Los rechazos de la deschinadora, compuestos por vidrio, cerámica y otros inertes, pueden usarse en la consolidación de terraplenes. Por último, los rechazos del equipo balístico, no tienen posibilidad de aprovechamiento, por lo cual, habrá que depositar en un vertedero controlado. Las dos fracciones de compost, la obtenida en el ciclón y la de la deschinadora, tienen un aprovechamiento agrícola como enmienda o abono orgánico de los suelos.

Características del Compost

La composición de un compost varía en función de los residuos y éstos, a su vez, dependen de la época del año, del nivel socioeconómico de la comunidad etc.,. Además, como queda expuesto, el proceso de compostaje influye sobre la calidad del compost. El compost es un producto orgánico estable con una granulometría inferior a 15 mm., con bajo contenido en inertes y moderado valor como fertilizante agrícola. Se dan unos valores medios extraídos de la

bibliografía disponible y se comparan con algunos valores obtenidos de diferentes estiércoles. En el párrafo 5.4 se comentan las características del compost para su uso agrícola.

Características de interés agrícola del compost comparado con estiércoles

Producto orgánico	Humedad %	N ₂ %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Compost	30	0,4-3,5	0,3-3,5	0,5-1,8
Estiércol bovino	80	0,33	0,22	0,11
Estiércol caballar	75	0,50	0,28	0,31
Estiércol porcino	82	0,67	0,56	0,45

El reglamento 1774/2002 exige, para el compost obtenido de la fermentación de subproductos animales, garantizar las siguientes características microbiológicas:

Las muestras de compost tomadas durante el almacenamiento o en el momento de la salida de compostaje deberán cumplir las normas siguientes:

Salmonella: ausencia en 25 g: $n = 5$, $c = 0$, $m = 0$, $M = 0$

Enterobacteriaceae: $n = 5$, $c = 2$, $m = 10$, $M = 300$ en 1 g

donde:

n = número de muestras que deben analizarse,

m = valor umbral del número de bacterias, el resultado se considera satisfactorio si el número de bacterias en todas las muestras no es superior a m ,

M = valor máximo del número de bacterias, el resultado se considera insatisfactorio si el número de bacterias en una o más muestras es igual o superior a M , y

c = número de muestras cuyo contenido bacteriano puede estar entre m y M ; la muestra se seguirá considerando aceptable si el contenido bacteriano de otras muestras es igual o inferior a m .

Criterios de calidad

La propuesta de directiva antes mencionada indica que, tanto el compost como el material digerido se producirá, importará, comercializará y venderá en la UE según una de las clases de calidad medioambiental establecidas en la tabla 1 adjunta

Tabla 1: Clase de calidad medioambiental del compost

Parámetro	COMPOST/MATERIAL DIGERIDO*	
	Clase 1	Clase 2
Cd (mg/Kg ms)	0,7	1,5
Cr (mg/Kg ms)	100	150
Cu (mg/Kg ms)	100	150
Hg (mg/Kg ms)	0,5	1
Ni (mg/Kg ms)	50	75
Pb (mg/Kg ms)	100	150
Zn (mg/Kg ms)	200	400
Impurezas > 2mm	< 0,5% en peso	< 0,5% en peso
Grava y piedras > 5 mm	< 5% en peso	< 5% en peso

*Normalizado a un contenido en materia orgánica del 30%

Los límites se aplican al compost/ material digerido justo después de la fase de tratamiento y previo a cualquier mezcla con otros materiales. El compost/ material digerido pertenecerá a una clase especificada si, para cada parámetro relevante considerado individualmente:

Se deben desarrollar los estándares comunitarios para el proceso de control de validación, para los requisitos de higienización del producto final y para el muestreo. Hasta que éstos sean aprobados, los Estados miembro deben aplicar estándares o procedimientos nacionales.

Análisis de productos

El anexo VI del Real Decreto 824/2005, esta dedicado a Métodos analíticos.

En el párrafo 1 figuran las normas de acreditación para laboratorios y

En el párrafo 3 los Métodos oficiales de análisis de productos fertilizantes orgánicos y organo-mineral

4.- TRATAMIENTO ANAEROBIO: BIOMETANIZACIÓN

Los tratamientos biológicos anaerobios se usan en numerosos procesos de las industrias que tratan productos orgánicos biodegradables. Estos procesos suelen ser muy eficaces y presentan un interesante balance energético. Dentro de estos tratamientos, la biometanización se usa con preferencia en procesos de depuración orgánica de aguas residuales con carga orgánica biodegradable, por medio de digestores o fermentadores. Existe un gran número de técnicas de metanización, desde las más lentas como los digestores de contacto, hasta las más rápidas como lechos fluidizados o los de soporte, que se aplican al tratamiento de un amplio número de vertidos residuales como, lodos de depuradora de agua residual, vertidos de la industria de extracción de aceites o alpechines, vertidos de la industria derivada de la obtención de azúcares y alcoholes, como las vinazas, vertidos con elevada carga orgánica de la industria agroalimentarias o residuos ganaderos.

La biometanización se está usando con éxito, recientemente en plantas de tratamiento de residuos urbanos orgánicos, aunque no se tiene gran experiencia.

4.1. Proceso biológico

La biometanización se basa en un proceso biológico, anaerobio. La materia orgánica, actúa como nutriente de microorganismos anaerobios, que la descomponen y dan como producto final una mezcla de gases, denominada biogás compuesto básicamente por metano y por anhídrido carbónico.

En la descomposición de la materia orgánica se distinguen tres grandes fases:

- **Hidrólisis.** Se realiza principalmente por enzimas excretadas por bacterias y actúan sobre las diversas moléculas orgánicas de los productos compuestos (polisacáridos, proteínas, lignina...), rompiendo las cadenas de las moléculas y obteniéndose compuestos con moléculas más sencillas solubles (azúcares, aminoácidos, ácidos grasos...) aptas para un tratamiento posterior y utilización por microorganismos.
- **Acidogénesis y acetogénesis.** Las moléculas orgánicas solubles generadas en la fase anterior son atacadas por diversos microorganismos generando compuestos de cadena corta, como acético, fórmico, láctico, etanol, propiónico ...que tienen que ser

oxidados por bacterias acetogénicas.

- **Metanogénesis.** Las bacterias metanogénicas, actúan sobre los productos orgánicos mas simples generados en la fase anterior y se obtienen productos con un solo átomo de carbono como metano y anhídrido carbónico.

El biogás generado es una mezcla de metano, anhídrido carbónico (éste energéticamente inerte), principalmente, aunque pueden estar presentes otros gases como sulfhídrico. El poder calorífico del biogás depende, fundamentalmente, de su concentración en metano. En el biogás generado en los procesos de digestión de residuos urbanos suelen encontrarse valores en torno a 5.500 Kcal/ N m³

4.2.- Preparación de la materia orgánica fermentable

El proceso biológico actúa sobre la materia orgánica de los residuos urbanos, pero dado que en los residuos urbanos existen otros compuestos no biodegradables, la primera tarea que se presenta en planta es la preparación de la materia orgánica y su enriquecimiento. Posteriormente esta materia orgánica habrá que prepararla, normalmente realizando una mezcla, lo mas homogénea posible, con agua para facilitar su fermentación anaerobia en el digester.

La concentración en materia orgánica fermentable de los residuos urbanos españoles, es del orden del 50%, cantidad que puede superar el 60% en los casos de presencia de papel cartón.

Con la aplicación de la legislación sobre envases y embalajes y el establecimiento de la recogida selectiva, se esta consiguiendo la retirada de numeroso envases del caudal de los residuos municipales, no obstante, la retirada de estos envases es todavía mejorable y numerosos envases e inertes aparecen en el contenedor de color marrón, que es el punto de partida de las plantas de tratamiento específico municipales, independientes de las plantas de clasificación de envases a donde llega el otro gran caudal originario en nuestros domicilios.

Los residuos urbanos del contenedor marrón, desprovistos de un gran numero de envases, presentan una elevada humedad, que a veces supera el 65 %. Con estos valores y con vistas a un compostaje, como técnica mas extendida, se exige unos sistemas de reducción de humedad antes

de someterlos a fermentaciones anaerobia. Este fenómeno, junto a otros, está favoreciendo la aplicación de la biometanización.

4.3 Proceso en Planta industrial.

En la mayoría de las instalaciones que existen en la actualidad, se procesan residuos urbanos sólidos del contenedor marrón, es decir donde no se han depositado envases ni papel y cartón. Las plantas tienen las siguientes fases.

- Recepción de residuos. Donde se realiza, en primer lugar, un triaje de voluminosos. Posteriormente los residuos atraviesan un “rompebolsas” y son conducidos a un tromel con luz de malla de 70-80 mm donde se retienen los de tamaño mayor que normalmente son conducidos a un proceso de recuperación de materiales reciclados.
- Retirada de metales El material, principalmente orgánico, que pasa por la malla del tromel, es conducido a través de una cinta transportadora a un electroimán donde se separan los materiales ferricos, y posteriormrnte a un separador de corrientes de Foucault para retirar los metales de aluminio presentes así como pequeños briks.
- Depuración de inertes. En primer lugar un separador balístico inclinado elimina inertes en función de su forma redondeada, como pequeñas botellas de plástico, vidrio, pilas etc. Posteriormente una malla elimina pequeñas impurezas pesadas como arena, tierras, vidrio roto o cerámica. Por último una aspiración automática, retira los materiales ligeros, fundamentalmente plásticos.
- Mezcla con agua. La materia orgánica depurada es triturada y mezclada con agua al 90% en un pulper, realizándose una eliminación de inertes pesados por sedimentación y de ligeros por flotación.
- Digestor. La mezcla de orgánicos con agua, entra en el digestor donde se producirá la fermentación anaerobia en fase mesofílica (en torno a los 35°C) con un tiempo de retención de unos 15 días. El gas obtenido, después de su depuración es conducido a motores de cogeneración para producción de energía eléctrica. El efluente del digestor será tratado.
- Tratamiento del efluente. Una vez finalizado el proceso de digestión, el efluente es deshidratado, en equipos como centrífuga, obteniéndose un lodo con una humedad del 65%. El liquido se recircula para preparar la mezcla de una nueva carga al

digestor y el excedente es tratado en una EDAR, para posteriormente las aguas poder ser reutilizadas en la propia planta y en riego agrícola.

- Tratamiento del fango deshidratado. El Fango o lodo deshidratado es tratado posteriormente mediante compostaje, previa desecación o mezcla con otros residuos como astillas de madera.

5.- UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS

5.1.- Exigencias legales

Como se ha indicado La Comisión Europea ha redactando un borrador de una directiva que pretende armonizar las diferentes legislaciones sobre la recogida y el tratamiento de los biorresiduos.

Se van a comentar las exigencias legales que pueden afectar, por una parte a las plantas de compostaje y por otra al producto en si, es decir al compost. De acuerdo con la directiva IPPC se deberán utilizar la mejores técnicas disponibles (MTD) en las plantas industriales cuya actividad sea la gestión de compost y de lodos.

Con relación al producto, entendemos que existe una legislación distinta que regula la utilización agrícola, por una parte del compost obtenido por fermentación de los residuos urbanos y por otra la legislación aplicable a la utilización agrícola de lodos obtenido en las estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR). Dentro de dicha legislación estaría el compost obtenido por fermentación de los lodos de las EDAR. De hecho el RD 824/2005 sobre fertilizantes, que regula el compost, como se comentará, excluye de su ámbito de aplicación “los lodos de depuradora previstos en el RD 1310/1990..” (art.3,3 f)

En la aplicación agrícola de compost y de lodos hay que tener en cuenta, además, la Ley 10/98 de Residuos y el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

5.1.1. Aplicable a las plantas de fermentación

La construcción de una planta de fermentación de productos orgánicos, como cualquier otra actividad industrial, está sometida a las licencias, autorizaciones o permisos correspondientes. Es de esperar que con la aplicación de la Ley 16/2002 de Prevención y control Integrados de la Contaminación, a través de la Autorización Ambiental Integrada, se facilite estas gestiones administrativas, en beneficio de la actividad empresarial y de una mayor eficacia ambiental. No obstante se aportan algunas ideas que pueden ser de utilidad.

Las plantas de compostaje, ni en general de fermentación de productos orgánicos, no figuran en la lista de las 21 categoría de proyectos o instalaciones industriales que deberán someterse a una evaluación del impacto ambiental según la Ley 6/2001, de 8 de mayo de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de evaluación de impacto ambiental (BOE 9 de mayo 2001). Es de interés recordar que puede necesitarse Evaluación de Impacto Ambiental para la ejecución de vertederos de residuos no peligrosos. Estos vertederos pueden ser el destino de los materiales de rechazo de las plantas de refinado y depuración del compost y de productos orgánicos. Además deberá consultarse la legislación autonómica correspondiente.

Las plantas de compostaje figuran en el "Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera" en el anexo II del Decreto 833/1975, de 6 de febrero por el que se desarrolla la Ley 38/1972 de 22 de diciembre, de protección del ambiente atmosférico. En el anexo IV de dicho Decreto, se exponen los "Niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera para las principales actividades industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera".

Las plantas de compostaje de restos de animales tienen unas exigencias de ubicación y equipamiento, que se van a comentar:

Ubicación

La planta de compostaje deberá estar situada a una distancia adecuada de la zona en la que se encuentran los animales y, en cualquier caso, deberá haber una separación física total entre la planta y los animales, su pienso y sus camas, con vallas si es necesario.

Equipamiento

1 La planta de compostaje deberá estar equipada con:

- a) un reactor de compostaje cerrado de paso obligatorio, con instalaciones para comprobar la evolución de la temperatura y su registro a lo largo del tiempo,
- b) instalaciones adecuadas para la limpieza y desinfección de los vehículos y contenedores que transporten subproductos animales no transformados.

No obstante, se permitirá el uso de otros tipos de sistemas de compostaje, siempre que:

- i) garanticen que los parásitos no tengan acceso a ellos,

ii) se manejen de manera que todo el material del sistema alcance los parámetros de tiempo y temperatura exigidos,

2. La planta de compostaje deberá disponer de su propio laboratorio o recurrir a un laboratorio externo.

5.1.2. Aplicable al compost y a su aprovechamiento agrícola

El tratamiento de residuos urbanos y las estaciones de depuración urbana, son actividades que pueden generar residuos peligrosos, según el Real Decreto 833/1988. Esto exige un análisis e identificación de las características del compost, lo que conducirá a definir si se trata o no de un residuo peligroso. En caso afirmativo, el compost deberá gestionarse adecuadamente según la Ley de Residuos. En el caso que el compost no sea identificado como residuo peligroso, podrá destinarse a aprovechamiento agrícola.

a) Compost obtenido por fermentación de los RU.

El *Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes* (BOE 19 julio 2005), es la principal norma básica española en materia de productos fertilizantes y por tanto la que regula el aprovechamiento agrícola del compost. Además hay que consultar dos normas de la UE: El Reglamento (CE) n.º 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, relativo a los abonos, y el Reglamento (CE) n.º 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.

Se resumen a continuación, los datos más destacados de los textos legales.

En el Real Decreto 824/2005, se relacionan, en el anejo 1 y en el grupo 6, dedicado a “Enmiendas Orgánicas”, tres tipos de compost, definidos como “Producto higienizado y estabilizado obtenido mediante descomposición biológica aerobia (incluyendo fase termofílica)...”:

- a) *Enmienda orgánica Compost*. Obtenido por la descomposición de materiales orgánicos biodegradables, bajo condiciones controladas.
- Se exige: Una materia orgánica total del 35%.

Humedad entre 30 y 40%

C/N inferior a 20

Piedras, de $\varnothing > 5$ mm, no superarán el 5%

Metales, vidrios y plásticos, de $\varnothing > 2$ mm no superarán el 3%

El 90% de partículas pasará por la malla de 25mm

- Se informará sobre: pH, Conductividad Eléctrica (CE), C/N, humedad máxima y mínima, materia prima utilizada y proceso de elaboración.
- Se declarará y garantizará: m.o. total

C orgánico

N total (si supera el 1%)

N orgánico (si supera el 1%)

N amoniacal (si supera el 1%)

P₂O₅ total (si supera el 1%)

K₂O total (si supera el 1%)

Acidos húmicos

Granulometria

b) *Enmienda orgánico Compost vegetal* Obtenido por la descomposición aerobia exclusivamente de hojas, hierba cortada y restos vegetales o de poda bajo condiciones controladas.

- Se exige: Una materia orgánica total del 40%.

Humedad entre 30 y 40%

C/N inferior a 15

No podrá contener impurezas ni inertes como piedras, metales, vidrios o plásticos.

- Se informará sobre: pH, CE, C/N, humedad máxima y mínima y proceso de elaboración.
- Se declarará y garantizará los mismos nutrientes y granulometria que en el caso anterior.

c) *Enmienda orgánica. Compost de estiércol.* Obtenido mediante descomposición biológica aerobia exclusivamente de estiércoles (o excretas de animales), bajo condiciones controladas

- Se exige: Una materia orgánica total del 35%.
Humedad entre 30 y 40%
C/N inferior a 20
No podrá contener impurezas ni inertes de ningún tipo como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos.
- Se informará sobre: pH, CE, C/N, humedad máxima y mínima y proceso de elaboración.
- Se declarará y garantizará los mismos nutrientes y granulometría que en los casos anteriores.

Además deberá tenerse en cuenta lo dispuesto en el anexo V del citado RD 824/2005 dedicado a “Criterios aplicables a productos fertilizantes elaborados con residuos y otros componentes orgánicos” donde exige para los abonos orgánicos:

1.- Porcentaje de nitrógeno orgánico

El contenido en nitrógeno orgánico, deberá ser, al menos, un 85% del N total

2.- Granulometría

De forma general el 90%, deberá pasar por una malla de 10 mm.

3.- Límite máximo de microorganismos

Cuando la materia prima sea de origen orgánico, deberá acreditar que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos:

- Salmonella: Ausentes en 25 gramos de producto elaborado
- Escherichia Coli < 1000 Número mas probable NMP por gramo de producto elaborado.

4.- Límite máximo de metales pesados

- Los productos fertilizantes elaborados con materia prima de origen animal o vegetal no podrán superar el contenido de elementos pesados indicado en el cuadro siguiente, según su clase A, B o C:

METAL PESADO	LIMITE DE CONCENTRACIÓN		
	Sólidos: mg/kg de m.s. Líquidos: mg/kg		
	Clase A	Clase B	Clase C
CD	0,7	2	3
Cu	70	300	400
Ni	25	90	100
Pb	45	150	200
Zn	200	500	1.000
Hg	0,4	1,5	2,5
Cr (total)	70	250	300
Cr (VI)	0	0	0

Siendo productos fertilizantes de Clase A, B y C los que presentan una concentración en elementos pesados que no superan ninguno de los valores indicados en las columnas correspondientes.

5.1.3.- Limitaciones de uso

- 1.- Se aplicarán al suelo siguiendo los códigos de buenas prácticas agrarias.
- 2.- Los productos de clase C no podrán aplicarse en suelos agrícolas en dosis superiores a 5 toneladas de materia seca por ha y año. En zonas de especial protección, a efectos del cumplimiento del RD 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad de agua de consumo humano, las CCAA modificarán la dosis anterior.

El reglamento 1774/2002, exige garantizar que el compost obtenido por fermentación de restos de animales, cumplan las siguientes normas microbiológicas.

Las muestras de compost tomadas durante el almacenamiento o en el momento de la salida de compostaje deberán cumplir las normas siguientes:

Salmonella: ausencia en 25 g: $n = 5$, $c = 0$, $m = 0$, $M = 0$

Enterobacteriaceae: $n = 5$, $c = 2$, $m = 10$, $M = 300$ en 1 g

donde:

n = número de muestras que deben analizarse,

m = valor umbral del número de bacterias, el resultado se considera satisfactorio si el número de bacterias en todas las muestras no es superior a m ,

M = valor máximo del número de bacterias, el resultado se considera insatisfactorio si el número de bacterias en una o más muestras es igual o superior a M , y

c= número de muestras cuyo contenido bacteriano puede estar entre m y M; la muestra se seguirá considerando aceptable si el contenido bacteriano de otras muestras es igual o inferior a m.

b) Lodos de las EDAR.

Según la Ley 6/2001, de 8 de mayo de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986 de 28 de junio de evaluación de impacto ambiental (BOE 9 de mayo 2001), los depósitos de lodos no figuran en el anexo I donde se relaciona la lista de las 21 categoría de proyectos o instalaciones industriales que deberán someterse a una evaluación del impacto ambiental, pero figuran en el grupo 9 del anexo II de proyectos que podrán someterse a una evaluación de impacto ambiental cuando lo decida el órgano ambiental.

En el ámbito de aplicación del RD 824/2005 se excluyen:

“ f) Los lodos de depuradora previstos en el Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario”.

La Directiva (86/278/CEE) del Consejo de 12 de junio de 1986, "relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura", es el marco legal para la aplicación de lodos a los suelos cultivados. La transposición de esta norma comunitaria a la legislación española se hace por el "Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuradora en el sector agrario". (BOE nº 262 de 01-11-90) y por la Orden Ministerial de 26 de octubre de 1993 (BOE de 05-11-93) que añade algunos requisitos, tales como la obligación del suministro de información de la estación depuradora de una ficha semestral elaborada por la entidad que gestiona los lodos de uso agrícola de forma que permita controlar las cantidades dedicadas a fines agronómicos. Además de las exigencias de documentación y de fijar la metodología de análisis, la aplicación de lodos deberá cumplir las siguientes especificaciones técnicas que se exponen en el mencionado Real Decreto y Orden ministerial.

En relación con el suelo

Los suelos sobre los que podrán aplicarse los lodos tratados deberán presentar una concentración de metales pesados inferior en (mg/Kg.) a:

PARÁMETRO	VALORES LIMITE (mg/Ks)	
	suelos con pH < 7	suelos con pH > 7
Cadmio	1	3'0
Cobre	50	210'0
Níquel	30	112'0
Plomo	50	300'0
Zinc	150	450'0
Mercurio	1	1'5
Cromo	100	150'0

EN RELACIÓN CON LOS LODOS

a) Sólo podrán ser utilizados en la actividad agraria lodos tratados, es decir, por vía biológica, química o térmica, o por cualquier otro procedimiento que reduzca, de forma significativa, su poder de fermentación y los inconvenientes sanitarios de su utilización. En la Directiva se contempla también el almacenada a largo plazo, sin embargo en España no está autorizada esta aplicación

b) El contenido en metales pesados no superarán los valores límites (en mg/K) siguientes:

PARÁMETRO	VALORES LIMITE (mg/Ks)	
	suelos con pH < 7	suelos con pH > 7
Cadmio	20	40
Cobre	1.000	1.750
Níquel	300	400
Plomo	750	1.200
Zinc	2.500	4.000
Mercurio	16	25
Cromo	1.000	1.500

EN RELACIÓN CON LOS CULTIVOS

a) Se prohíbe aplicar lodos tratados en pradera, pastizales y demás aprovechamientos a utilizar en pastoreo directo por el ganado, con una antelación menor de TRES SEMANAS respecto a la fecha de comienzo del citado aprovechamiento directo.

b) Se prohíbe aplicar lodos tratados en cultivos hortícolas y frutícolas durante su ciclo vegetativo, con la excepción de los cultivos de árboles frutales, o en un plazo menor de DIEZ MESES antes de la recolección y durante la recolección misma, cuando se trate de cultivos hortícolas o frutícolas cuyos órganos o partes vegetativas a comercializar y consumir en fresco estén normalmente en contacto directo con el suelo.

DOSIS DE APLICACIÓN

Las cantidades máximas de lodos que podrán aportarse al suelo por hectárea y año serán las que, de acuerdo con el contenido en metales pesados de los suelos y lodos a aplicar, no rebasen los valores límites de incorporación de los metales siguientes:

PARÁMETRO	VALORES LIMITE (kg/Ha/año)
Cadmio	0'15
Cobre	12'00
Níquel	3'00
Plomo	15'00
Zinc	30'00
Mercurio	0'10
Cromo	3'00

Los Estados miembro asegurarán que el uso sobre el terreno de biorresiduos tratados o no resulten en beneficio agrícola y mejora ecológica. Cuando las condiciones lo exijan, los Estados miembro podrán tomar medidas más restrictivas para el uso de biorresiduos en el terreno. Cuando esté justificado asegurar un mayor nivel de protección ambiental o de mejora de la calidad y las características del suelo, la autoridad competente decidirá, caso por caso, sobre la admisión de mayores o menores cantidades de compost en suelo de las indicadas en el documento. Estas cantidades son, a saber:

El compost o material digerido de clase 1 será usado de acuerdo a los códigos de buenas prácticas agronómicas sin restricciones específicas.

El compost o material digerido de clase 2 no será usado en cantidades superiores a 30 toneladas de materia seca por hectárea en un período de tres años.

a) Compost obtenido por fermentación de los restos de animales.

Es de aplicación el Reglamento CE N° 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 3 de octubre de 2002 por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano (DOCE L 273 de 10-10-2002) y sus posteriores modificaciones y medidas transitorias, principalmente el Reglamento CE N° 808/2003 de la Comisión de 12 de mayo de 2003 por el que se modifica el Reglamento CE N° 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano y el Reglamento CE N° 809/2003.

A lo largo de los capítulos anteriores se han comentado las principales exigencias de esta normativa comunitaria, que deberá consultarse para una mayor información.

5.1.4.- Etiqueta Ecológica Comunitaria

Dentro de una nueva filosofía medioambiental de promover la fabricación de productos respetuosos con el medio ambiente, se quiere destacar la iniciativa de fabricación de productos con Etiqueta Ecológica. Son productos que "desde la cuna a la tumba" originan un menor impacto negativo al medio natural que los fabricados por medios convencionales. La Comisión redactó el Reglamento (CEE) n° 1.980/2000, relativo a un sistema comunitario revisado de concesión de etiqueta ecológica y posteriormente se están aprobando los criterios ecológicos de algunos productos y que serán las normas o condiciones para que un producto pueda exhibir el logotipo de la etiqueta ecológica.

Dado que los consumidores cada día están demandando más productos respetuosos con el medio ambiente, se impone atender a esta demanda, para lo cual se deberá realizar un esfuerzo

para fabricar productos que merezcan exhibir el logotipo de la margarita. Uno de los primeros productos seleccionado ha sido "las enmiendas del suelo y los sustratos de cultivo", que posteriormente se ha dividido en dos grupos de productos: las enmiendas del suelo, cuyos criterios ecológicos figuran en el anejo de la Decisión (2006/799/CE) y los sustratos de cultivo, cuyos criterios figuran en la Decisión 2007/64/CE. Los criterios ecológicos hacen referencia a los siguientes aspectos:

a). Procedencia del producto. Los criterios de las dos etiquetas (enmiendas y sustratos) exigen que sólo se admiten productos orgánicos derivados del tratamiento o reutilización de residuos, pero no deberán contener lodos de depuradora. Tampoco se admiten minerales que se hayan extraído de lugares de importancia comunitaria relativos a la conservación de los habitat naturales, red Natura etc.

b). Limitación de sustancias peligrosas. Para ambas etiquetas, en el producto final, el contenido de los siguientes elementos será inferior a los valores indicados, medidos en peso de materia seca:

Elemento	mg/kg de m.s.
Zn	300
Cu	100
Ni	50
Cd	1
Pb	100
Hg	1
Cr	100
Mo (*)	2
Se (*)	1,5
As (*)	10
F (*)	200

(*) Solo será preciso indicar la presencia de estos elementos cuando se trate de productos que contengan materias procedentes de un proceso industrial

c). Contaminantes físicos. Para productos con etiqueta sobre enmienda de suelos, se exige que en el producto final (con una granulometría > 2 mm), el contenido de vidrio, metal y plástico deberá ser inferior al 0,5 %, medido en peso de materia seca.

d). Carga de nutrientes Para productos con etiqueta sobre enmienda de suelos, se exige que la concentración de nitrógeno en el producto no deberá superar el 3 % del N total (en materia seca); el N inorgánico no deberá superar el 20% del N total.

e). Características del producto

Para ambas etiquetas se exige que los productos no afectarán de manera adversa a la germinación o el crecimiento de las plantas.

Solo para el caso de etiqueta de enmienda de suelos se exige además:

- Todos los productos se presentarán en estado sólido y contendrán, como mínimo, un 25 % en peso de materia seca y un 20 % de materia orgánica en peso de materia seca

f). Salud y seguridad Para las dos etiquetas se exige que:

Los productos no superarán los niveles máximos de patógenos primarios que se indican a continuación:

- *Salmonella*: ausente en 50 g,
- *E. coli*: < 1 000 MPN/g (MPN: número más probable).
- Huevos de helmintos: ausentes en 1,5 g

g) Semillas/propágulos viables. Para las dos etiquetas se exige que en el producto final, el contenido de semillas de malas hierbas y de materiales de reproducción vegetativa de hierbas agresivas no deberá superar las 2 unidades por litro.

h). Información proporcionada con el producto

Deberá proporcionarse con el producto (envasado o a granel) la información que estará impresa en el envase o en una ficha descriptiva, con:

- Información general.
- Información sobre el empleo del producto:
- Información relativa a las enmiendas del suelo:
- Información detallada

5.2.- El compost en España

La cantidad de R.U destinada a compostaje en España, en el año 2004 fue de 7.108.705 toneladas, lo que representa el 31,27 % de los R.U generados en España. Existen 54 plantas de

compostaje con una cantidad de tratamiento variable y que oscila entre 5,8 y 1.509 toneladas/día. La cantidad de RU tratado por compostaje en España ha generado unas 476.274 toneladas de compost anuales. La mayoría de las plantas se sitúan en el área levantina, donde la demanda de compost para uso agrícola es (consultar tabla adjunta extraída de la publicación del Ministerio de Medio Ambiente titulada Medio Ambiente en España 2002)

Existe una importante demanda de productos orgánicos, fundamentalmente por la agricultura de cultivos intensivos. Cada vez más se está exigiendo un compost de calidad que deberá fabricarse para atender las exigencias de la demanda. Por otra parte se considera que la mejora de la calidad y una política adecuada de precios son la base del futuro del compost con destino a la agricultura.

5.3.- El lodo de las estaciones depuradoras

Según datos del Registro Nacional de Lodos de Depuradora del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, la cantidad de lodos generados en 2005 fue de 1.119.741 toneladas de materia seca de Lodos. De estos 729.433 t de materia seca se aprovecharon en el la Agricultura, es decir, el 65,14 %, incluyendo los lodos comportados. aprovechado en agricultura, el 22 % se depositaron en vertedero, el 4 % se incineraron y el 23 % restante se destinó a otros usos.

PLANTAS DE FABRICACIÓN DE COMPOST EN ESPAÑA (2001)

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Provincia	Municipio	Empresa	Año instalación	Cantidad t/día	Residuos t/año	Compost producto	Rendimiento compost R.S.U.
ANDALUCÍA	CÓRDOBA	Córdoba	SADECO	2001	12,41	4.530	718	15,85
		Montalbán		2001	5,87	2.144	35	1,63
	HUELVA	Villarrasa	Edifesa- Aborgase- Berabon	1995	554	202.326	31.395	15,51
	GRANADA	Vélez de Benaudaya		1996	172	62.793	7.560	12,04
		Loma de Manzanares		1999	874	318.838	15.300	4,80
	SEVILLA	Alcalá de Guadaira			1427	520.778	79.475	15,26
	MÁLAGA	Alcalá del Río	U.T.E. La Vega	2000	184	67.190	12.700	18,90
		Casares	Placosol		1999	593	216.437	3.585
		Málaga		2000	162	59.301	7.116	12,00

BALEARES	MENORCA	Mahón	Juan Mora, S.A.	1995	160	58.344	7.007	12,01	
CANARIAS	TENERIFE	Arico	VERTRESA	1993	115	42.033	4.461	10,61	
CASTILLA-LA MANCHA	CIUDAD REAL	Alcazar de San Juan	Ingenieria Urbana	1974	158	57.539	11.508	20	
CATALUÑA	BARCELONA	Almagro		1999	95	34.599	4.191	12,11	
		Torrelles de Llobregat	Supramunicipal	1996		1.867 F.O. 437 F.V.	134		
		Castelldefels	E.M.S.H.T.R.	1993		7.104 F.O. 6.547 F.V.	1.909		
		San Cugat del Valles	Ayto. de Sant Cugat del Valles	2000		8.314 F.O. 1.345 F.V.	1.842		
		San Pere de Ribes	Mancomunidad Intermunicipal de Penedés y Garrat	2000		4.705 F.O. 1.857 F.V.	606		
		Granollers	Consell Comercial del Vallés oriental	1999		8.927 F.O. 1.933 F.V.	365		
		Manresa	Mancomunidad de municipios del Bages	2001		150 F.O. 85 F.V.	0		
		Barcelona	E.M.S.H.T.R.	2001		7.226 F.O. 1.240 F.V.	0		
		Jorba	Consell Comarcal de L'Anoia	1998		2.055 F.O. 461 F.V.	1.075		
		GIRONA	Santa Coloma de Farnes	Consell Comarcal de La Selva	1998		5.032 F.O. 652 F.V.	75	
			LLEIDA	Montoliu de LLEIDA	Consell Comarcal del Segria	2000		911 F.O. 844 F.V.	37
		TARRAGONA	La Seu D'Urgell	Mancomunidad de Recogida de Escombrerías de L'Urgellet	2001		1.035 F.O. 141 F.V.	17	
			Botarell	Consorcio para la Gestión de los Residuos del Baix Camp	1997		12.178 F.O. 5.440 F.V.	7.540	
			Más de Barberá	Consorcio para la Gestión de R.S.U. del Montsiá	2001		558 F.O. 167 F.V.	0	
CASTILLA Y LEÓN	SORIA	Golmayo		88	28.344	2.834	10,00		
EXTEMADURA	CÁCERES BADAJOZ	Mirabel		2001	69	25.298	1.595	6,30	
		Mérida		2001	59	21.682	1.224	5,64	
		Talarrubias		2001	14	4.935	148	3,00	
MADRID	MADRID	Madrid	TGM, S.A.	1981	385	306.133	20.860	6,81	
		Madrid	TIR MADRID	1993	671	437.386	41.400	9,46	
		Madrid	UTE Vertresa. Rwe Proces	2000	420	153.376	24.385	15,90	

COMUNIDAD AUTÓNOMA	Provincia	Municipio	Empresa	Año Instalación	Cantidad t/día	Residuos t/año	Compost producido	Rendimiento compost R.S.U.
MURCIA	MURCIA	Jumilla	Manuel Valenzuela	1989	92	33.500	11.200	33,43
		Murcia	Ingenier. Urbana, S.A.	1995	435	158.890	17.477	11,00
		Cartagena	Cycsa-Madrid	1985	190	69.360	8.733	12,59
		Alama de Murcia		1997	38	14.000	4.500	32
		Lorca		1999	73	26.600	5.465	20,54
NAVARRA	NAVARRA	Carcar	Manc. Montejurra	1993	48	17.433	1.030	5,91
VALENCIA	ALICANTE	Alicante	FCC, S.A.	1972	521	190.000	3.000	1,58

	Campello	BOYHUMUS S.L.	1970	392	143.150	53.966	37,70
	Crevillente	ABONARSA	1974	298	108.742	15.057	13,85
	Villena	Reciclado Servicios del Mediterráneo, S.L.	1981	165	60.233	10.533	17,49
VALENCIA	Elx			18	6.483		
	Quart Poblet	FERVASA	1969	1.509	550.706	19.501	3,54
	Guadasuar	C.G.T.R., S.A.	1989	628	229.089	33.400	14,58
	Ador	Dragados y Construcciones Reciplasa	1991	299	109.179	13.438	12,31
CASTELLÓN	Onda			362	132.032	3.138	2,38
TOTAL				12.420	4.533.465	491.535	10,842

FUENTE: Medio Ambiente en España 2002. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Características agrícolas de los lodos de las EDAR españolas.

Con relación a los parámetros de interés agrícola, los lodos españoles tienen las siguientes características:

- La materia orgánica total, o volátiles, oscila en la mayoría de los casos en torno al 50%, el pH suele oscilar en torno al valor de 7 y la salinidad suele ser inferior a 2,5 milimhos por centímetro. Sin embargo, valores más desfavorables se obtienen cuando en la EDAR se ha empleado como floculante de los lodos, cal y cloruro férrico, subiendo el pH a valores por encima de 11,4, reduciéndose el contenido de la materia orgánica total y aumentando considerablemente la salinidad.
- Los valores clásicos de fertilidad (N, P, K) presentan valores en torno a : el nitrógeno total varía entre 1,1 y 4,4%, el P₂O₅ entre 0,64 y 4% y en menor concentración el K₂O con valores que varían de 0,05 al 1%.
- La concentración en elementos pesados, se ha reducido significativamente desde 1999. Cuando las producciones de lodos de la EDAR son pequeñas, unas cinco toneladas/día, el agricultor de la zona suele llevárselo y lo aplica preferentemente a cultivos de huerta, jardinería urbana, monte, etc. sin ningún tipo de tratamiento previo.

El máximo consumo de lodo, así como de otros productos orgánicos se presenta en la agricultura intensiva y en el viñedo. Se aplica lodo en la zona de Jerez de la Frontera para uva de vino, en la uva de mesa de Málaga y Almería, así como en los cultivos hortícolas bajo plástico y en el cultivo de flor, en los cítricos y frutales de Valencia y Murcia, en los frutales de Lérida y en los cultivos forzados de Canarias y Cataluña. También fuera de esta zona clásica se encuentran algunos núcleos de interés en los cultivos frutales y espárrago de Cáceres y en el viñedo de La Mancha. Las dosis de aplicación son muy variadas en función de los cultivos y de la frecuencia de la aplicación.

En el cuadro siguiente, se expone la composición de los lodos de depuradora en elementos esenciales según SOMMERS, 1977.

COMPOSICIÓN DE LOS LODOS DE DEPURADORA

<i>Elemento</i>	<i>Intervalo</i>	<i>Mediana</i>	<i>Media</i>
<i>Nitrógeno</i>	<i>(%) 0,10 - 17,60 (a)</i>	<i>3,30</i>	<i>3,90</i>
<i>Fósforo</i>	<i>(%) 0,10 - 14,30</i>	<i>2,30</i>	<i>2,50</i>
<i>Potasio</i>	<i>(%) 0,02 - 2,64</i>	<i>0,30</i>	<i>0,40</i>
<i>Calcio</i>	<i>(%) 0,10 - 25,00</i>	<i>3,90</i>	<i>4,90</i>
<i>Magnesio</i>	<i>(%) 0,03 - 1,97</i>	<i>0,45</i>	<i>0,54</i>
<i>Sodio</i>	<i>(%) 0,01 - 3,07</i>	<i>0,24</i>	<i>0,57</i>
<i>Azufre</i>	<i>(%) 0,60 - 1,50</i>	<i>1,10</i>	<i>1,10</i>
<i>Hierro</i>	<i>(ppm) 1000 - 153.000</i>	<i>11.000</i>	<i>13.000</i>
<i>Cinc</i>	<i>(ppm) 101 - 27.800</i>	<i>1.740</i>	<i>2.790</i>
<i>Manganeso</i>	<i>(ppm) 18 - 7.100</i>	<i>260</i>	<i>380</i>
<i>Cobre</i>	<i>(ppm) 84 - 10.400</i>	<i>850</i>	<i>1.210</i>
<i>Boro</i>	<i>(ppm) 4 - 760</i>	<i>33</i>	<i>77</i>
<i>Molibdeno</i>	<i>(ppm) 5 - 39</i>	<i>30</i>	<i>28</i>

(a) Referidos a materia seca

Fuente: SOMMERS, 1977

5.4.- Características del compost

5.4.1. - Características de interés agrícola del compost

Materia orgánica

El contenido en materia orgánica del compost oscila entre el 20 y el 60% correspondiendo los valores más altos al compost de lodos. La descomposición del compost en el suelo varía en función de factores como el grado de madurez, la relación C/N, las características edafoclimáticas, etc. La relación C/N es condicionante de la mineralización del compost.

Otros factores de interés son la dosis de aplicación y la localización del lodo en el suelo. En efecto, la degradación será mejor para dosis bajas y para aplicaciones superficiales,

frente a degradaciones más lentas cuando la dosis se hace más alta o se incorpora el lodo en profundidad en el suelo de la parcela. De los factores edafoclimáticos, la temperatura tiene más incidencia que la humedad, pH o textura en la degradación de la materia orgánica.

Nutrientes

En el compost de R.U y de lodo EDAR, se encuentran presentes los nutrientes esenciales para los cultivos: nitrógeno, fósforo y potasio y los micronutrientes.

Nitrógeno

Su concentración varía entre 0,1 y 17%. El compost más rico en N, se obtiene en compost de lodo, cuando este lodo se obtiene en plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas y no de aguas industriales. En las plantas españolas la riqueza en N, varía entre 0,5 y 4,4%.

En el compost obtenido a partir de R.S.U, la mayoría del nitrógeno se encuentra en formas orgánicas, mientras que gran parte del nitrógeno está en forma amoniacal en el compost de lodo. Una parte del amonio se fija en la materia orgánica y en el complejo de cambio del suelo y así se protege del ataque microbiano. Otra gran parte se pierde por volatilización del amonio de la superficie. Estas pérdidas superan el 50% en seis días de aireación.

La mineralización del nitrógeno orgánico, por descomposición microbiana, en nitrógeno mineral, es función de factores edafoclimáticos. En trabajos de laboratorio se ha comprobado que del 4 al 50% del nitrógeno orgánico fue mineralizado en forma de nitrato en 16 semanas. Esta mineralización es mayor cuanto menor es la concentración en nitrógeno orgánico.

La desnitrificación del nitrógeno de forma nitrato o nitrito a forma gaseosa, ocurre en suelos en condiciones para favorecer la actividad biológica.

Fósforo

La concentración de fósforo en los compost varía entre 0,1 y 14,3%. Los valores más altos se obtienen en el compost de lodo y su origen está en los detergentes y en las excretas humanas. En las plantas depuradoras españolas, el fósforo inorgánico puede representar entre el 65 y el 85% del fósforo total y se encuentra en forma de óxidos e hidróxidos de aluminio, hierro o calcio, o formando precipitados de fosfatos de diversos metales pesados.

El fósforo añadido al suelo tiene una gran importancia para los cultivos. En efecto, una parte del fósforo asimilable añadido al suelo es absorbido directamente por las plantas. Según algunos autores, entre el 3 y el 30% del fósforo total suministrado. Otra parte sufre una serie de reacciones en el suelo y puede ser precipitado en forma de compuestos poco solubles o insolubles. Igual que en el caso del nitrógeno orgánico, el fósforo orgánico se mineraliza lentamente y puede ser absorbido por las plantas. El fósforo en el suelo no presenta la movilidad del nitrógeno y se fija en el horizonte superficial. El único riesgo de alta movilidad puede presentarse en suelos arenosos y cuando además, se realizan grandes cantidades de lodo líquido. No existen los riesgos de contaminación de acuíferos, como en el caso del nitrógeno. Sin embargo, el fósforo fijado en la superficie del suelo, puede ser arrastrado con la erosión y concentrarse en depósitos o contaminar las aguas superficiales.

Potasio

Todos los residuos urbanos sólidos y lodos, tienen unas concentraciones bajas en potasio, que suelen variar entre 0,02 y 2,6%. Corresponde a lodos españoles valores de potasio (K_2O) comprendidos entre 0,005 y 1%. La casi totalidad del potasio se encuentra en forma mineral, que al llegar al suelo se fija en el complejo de cambio de donde lo toman las plantas.

Microelementos

Los compost de R.S.U, pero sobretodo, los compost de lodos de las aguas residuales, contienen una abundancia de elementos traza de los cuales, unas son necesarios para el crecimiento de las plantas, tales como Cu, Fe, Mn y Zn y otras no, como por ejemplo Cd, Cr, Hg, Na, Ni y Pb. En los últimos trabajos sobre el tema, se insiste sobre la importancia de estos micronutrientes en las necesidades nutritivas de las plantas. Sin embargo, debido al incremento progresivo de metales pesados en los lodos, de áreas industriales, se han originado excesos de concentración en el suelo, lo que ha producido síntomas de toxicidad en las plantas.

5.4.2.- Características desfavorables para uso agrícola de los compost

Salinidad

La concentración de sales solubles en los compost está en función de numerosos parámetros; en los lodos, algunos parámetros son la procedencia de las aguas residuales industriales o urbanas y, sobre todo, el compuesto floculante empleado en la planta depuradora para facilitar el desecado del lodo. En los lodos obtenidos en las EDAR españolas, los valores más bajos de salinidad, por debajo de 2,5 milimhos/cm, se obtienen cuando se emplea como floculante polielectrolito. Cuando se usa cal y cloruro férrico el valor del pH sube por encima de 11,4 y la salinidad alcanza valores de 12,8 milimhos/cm.

A pesar de la diferentes sensibilidades de las plantas cultivadas a la salinidad, de forma general, se pueden establecer los siguientes intervalos de respuesta de los cultivos frente a la salinidad.

- a) Salinidad inferior a 2 milimhos/cm. Los cultivos apenas se resienten.
- b) Salinidad comprendida entre 2 y 4 mmhos/cm. Se reduce el rendimiento en el cultivo de las plantas muy sensibles.
- c) Salinidad comprendida entre 4 y 8 mmhos/cm. Todos los cultivos reducen su rendimiento.
- d) Para concentraciones salinas en el suelo, superiores a 8 mmhos/cm., sólo puede esperarse el desarrollo de plantas tolerantes.

Elementos pesados

Las plantas cultivadas necesitan una serie de nutrientes como N, P y K y otros micronutrientes para satisfacer sus necesidades fisiológicas. El aumento sensible en la concentración en el suelo de estos elementos químicos, puede originar diversos daños no sólo en el suelo y en las plantas, sino además llegar al hombre. Dentro de estos elementos se deben estudiar los elementos pesados y otros elementos que están presentes en las aguas industriales y que pueden originar daños en los cultivos como Ar, B, Se, etc.

Se van a considerar los elementos pesados que pueden llegar al suelo agrícola con las aguas y compost. Sólo se considera que unos doce de estos elementos están presentes en los vertidos en cantidades que pueden doblar o multiplicar las concentraciones normales presentes en los suelos. Estos son: Cd, Cu, Mn, Ni, Cr, Fe, Hg, Sn, Co, Pb, Mo y Zn. De éstos, se prestará

especial atención a cuatro: Cd, Cu, Zn y Ni, por presentar un riesgo más elevado a la cadena alimenticia humana.

El Fe y Mn están presentes en los suelos con concentraciones más elevadas de las normales de los residuos. Por otra parte, otros de estos elementos están presentes o se convierten en forma que permanecen inmóviles sin entrar en soluciones en el ciclo vegetal, tal es el caso del Cr con forma de óxido Cr_2O_3 insoluble. La incorporación al suelo de Pb y Hg no parece repercutir sensiblemente en los cultivos ni en las aguas de drenaje. Este hecho contrasta con el medio acuático donde el Hg puede encontrarse en partículas muy finas en suspensión e incluso unirse a la sal marina. El plomo puede contaminar y dañar a los cultivos pero no a través del suelo, sino por contaminación aérea. Es decir, no son contaminantes a través del suelo. El estaño, cuya química en el suelo no es tan bien conocida como en el caso del Pb, no parece entrar en la relación suelo-planta.

El cobalto aunque es un elemento tan tóxico como el Ni, las concentraciones en las que se encuentra en los vertidos industriales suelen ser inferiores a los límites de toxicidad. El Mo no parece representar un daño elevado en los cultivos. Sólo se han encontrado algunos suelos en los que se han contaminado por las concentraciones tóxicas, pero no se tiene referencia de contaminación de Mo vía lodos industriales.

De esta forma y pensando en la contaminación a través de aguas o lodos de origen industrial, los elementos más contaminantes serían: Cd, Cu, Ni y Zn, además de otros como Ar, Se, B y Mn y de los compuestos orgánicos.

Mecanismos de regulación

Si se analizan los medios de entrada de estos elementos hacia los cultivos, se ven tres medios: el agua o el compost, el suelo y los cultivos. Los tres disponen de mecanismos que pueden defendernos de un exceso en la concentración de elementos pesados. El agua y más aún, el lodo de aguas residuales, puede inactivar la acción de

los elementos contaminantes de dos formas: a través de los componentes inorgánicos y en segundo lugar, por su concentración en fósforo inorgánico. La formación de fosfatos de estos elementos pesados inmoviliza estos elementos y suponen una defensa para los cultivos.

El suelo dispone también de dos armas de interés; el pH y el contenido en coloides. Los suelos ácidos presentan un mayor riesgo que los básicos o neutros. Dentro de los cuatro elementos pesados de mayor atención el Zn y el Cd permanecen más solubles en el suelo que el Cu y Ni.

Las plantas son una tercera barrera de defensa. La capacidad de absorción de estos elementos varía según las especies y, dentro de cada una de éstas, según variedades. Unas pueden ser tolerante y otras sensible a un determinado elemento pesado. Dentro de cada individuo existe a veces una concentración distinta en diversos órganos de la planta.

La tolerancia relativa de algunos cultivos a la toxicidad por presencia de metales en los compost, se resumen en el siguiente esquema:

Muy sensibles:	Cultivos de raíz (remolacha azucarera, remolacha de mesa), mostaza, tomate, nabo.
Sensibles:	Alubia, coles, berza y otros cultivos de huerta.
Moderadamente tolerante:	Maíz y cultivos de grano.
Tolerantes:	La mayoría de las plantas forrajeras, festuca, pasto de Bermuda y ryegrass.
Muy tolerantes:	Ecotipos forrajeros.

Fijación de los elementos en el suelo

De forma general se puede decir que, en la mayoría de los suelos, todos los elementos pesados, con excepción del Mo, se encuentran en forma catiónica. El Mo está en forma de MoO_4^{2-} . El Cr se suele añadir con el lodo al suelo en forma de cromato, pero no puede permanecer así en un medio vivo de elevada oxidación.

Riesgos para la salud

La aplicación del compost y su manejo, puede representar un riesgo para la salud por cuanto supone una posible vía de entrada de elementos químicos y de patógenos.

- Por elementos químicos

A pesar de los mecanismos de defensa o barreras frente a la contaminación, se pueden presentar daños a las personas, al pasar todas esas barreras algunos contaminantes.

La contaminación en los seres vivos puede realizarse por varias vías que van desde la ingestión directa de suelo o de forraje con partículas de suelo, hasta los medios fisiológicos de la planta. En niños también se ha observado la ingestión directa del suelo o del polvo que introducirán en casa como consecuencia de la actividad de sus padres o del medio en que viven, así se ha detectado la contaminación de niños hijos de mineros

5.5.- Cultivo de mayor interés para aplicar compost

CULTIVOS DE TIPO INTENSIVO

Los cultivos de tipo intensivo son los que presentan mayores necesidades en abonos orgánicos y minerales. El uso del compost se está extendiendo ante la carencia de estiércol y los elevados costos de turba importada. Considerable importancia adquieren en el Levante español y en Canarias, destacando sobre todo los cultivos protegidos o de invernadero en Canarias y Almería, y dentro de éstos los cultivos de exportación. Por otra parte, estos abonos orgánicos elevan la temperatura del suelo y contribuyen a adelantar la maduración de las cosechas, fenómeno de gran interés en el mercado internacional. En Francia, el cultivo del champiñón ocupa el segundo lugar como consumidor de compost. En este tipo de cultivo se emplea compost, o mejor dicho la fracción orgánica de los residuos sólidos orgánicos antes de haber sufrido la fermentación (normalmente con menos de 8-10 días de fermentación) con el fin de obtener el máximo de bacterias termófilas. Este incipiente compost se destina a favorecer el comienzo de la fermentación y sobre todo a desecar el substrato del cultivo. A este fin se utiliza un compost de textura gruesa, normalmente de granulometría inferior a 30 mm, y desprovisto de

cristales y fragmentos metálicos. Normalmente, el compost se añade a los otros materiales del substrato en proporciones que oscilan entre el 15-20% en peso.

CULTIVO DE LA VID

Los resultados de algunas experiencias desarrolladas con la aplicación del compost a cultivos de la vid en la zona andaluza y en la zona centro son optimistas, alcanzándose un incremento superior al 35% en la producción de uva, además de un incremento del grado alcohólico.

En Francia, en las viñas de la zona de Champaña, se realizan aportes de compost de unas 100 t/ha cada 3 años. En la zona francesa de Pirineos Orientales, se realizan aportes masivos de 150 a 200 t/ha en el momento de realizar la plantación, sobre todo con vistas a luchar contra la fuerte acidez de los suelos ricos en Mn y Al de cambio.

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008

BIBLIOGRAFÍA

BELL, R.G.- *The role of compost and composting in modern agriculture. Compost Science.

BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO. * Varios números reseñados en el texto

CLUB ESPAÑOL DE LOS RESIDUOS.

*The use of sewage Sludge in Agricultura Madrid 2001

*Aprovechamiento de Biorresiduos: "El Compost como producto". Febrero 2001

COSTA, F.y al.-*Residuos Orgánicos urbanos. Manejo y utilización. CSIC Murcia 1991.

DIARIO OFICIAL DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS.

*Reglamento CE N° 1980/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de julio de 2000 relativo a un sistema comunitario revisado de concesión de etiqueta ecológica.

* Decisión de la Comisión 2001/688/CE de 28 de agosto de 2001 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica comunitaria a la enmiendas del suelo y los substratos de cultivo.

DIRECCION GENERAL DE LA PRODUCCION AGRARIA del MAPA.-

* Proyecto para la obtención del compost y aplicación en cultivos agrícola. 1985

* Evaluación de la producción de lodo de origen urbano para su aprovechamiento agrario. 1987.

EVANS, J.O.- Soils as sludge assimilators. Compost Science.

GARCIA IZQUIERDO, C.J.- Estudio del compostaje de residuos orgánicos. Valoración agrícola. 1990.

GOLUEKE, C.- Composting. A review of rationales principles and public health. Compost Sc.

MARTEL, J-L.- Economics and marketing of urban sludge composting in the EEC .Alternative uses for sewage sludge. 1991.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Medio Ambiente en España 2002. Madrid 2003

PATTERSON, J.C.- Enrichment of urban soil with composted sludge and leaf mold. Constitution gardens. Compost Sc. 1975.

ZUCCONI, F.-Specifications for solid waste compost. Biocycle. 1987



Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008

eoi



eoi

©: *Quedan reservados todos los derechos. (Ley de Propiedad Intelectual del 17 de noviembre de 1987 y Reales Decretos).
Documentación elaborada por la EOI.
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización escrita de la EOI.*