

# Compostaje de lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas

Montserrat Soliva y Oscar Huerta.  
Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. UPC.  
[montserrat.soliva@upc.es](mailto:montserrat.soliva@upc.es)

## 1. Resumen

El aprovechamiento agrícola de lodos, al igual que el de otros residuos orgánicos, debe realizarse en un marco global de gestión de materia orgánica y fitonutrientes, teniendo muy presente la protección de recursos: suelo, agua y aire.

El suelo es un ecosistema capaz de degradar residuos y reciclar elementos nutritivos a través de los vegetales, siempre que no se abuse de su poder depurador. Para evitar que la aplicación agrícola de lodos se convierta simplemente en un vertido encubierto que pueda generar: problemas en los cultivos y dispersión de nutrientes (en exceso) y de contaminantes en el entorno, es necesario fijar las condiciones de aplicación, realizando un trabajo coordinado e interdisciplinario.

Debe tenerse en cuenta:

- La legislación vigente en el ámbito europeo, estatal y autonómico, respecto a la gestión, aplicación y vertido de los distintos tipos de residuos, así como a la protección de las aguas.
- La producción y composición de residuos orgánicos de distintos orígenes (estiércoles, lodos, compost de lodos, o de residuos municipales, residuos de la industria agroalimentaria...) que en ciertas zonas llegan a generar problemas graves de excedentes y de competencia.
- La protección del suelo y las necesidades de los cultivos
- La situación de la agricultura española
- La necesidad de mejora de las características de suelos con usos distintos al agrícola, que permita la diversificación del destino de residuos orgánicos

A partir del conocimiento serio y objetivo de la situación y de los condicionantes, debe plantearse la coordinación entre las distintas etapas que integran la gestión agrícola de los residuos orgánicos y, en particular la de los lodos, determinando en que casos sería posible una aplicación directa y en cuales deben estabilizarse a través de un tratamiento de compostaje.

En la actualidad se da mucha importancia a los temas ambientales aunque los que están relacionados con los residuos y la agricultura no siempre se tratan con el rigor y la seriedad necesarios.

## 2. Introducción

Durante años y debido al incremento de población y del uso de agua, se ha provocado la pérdida de capacidad autodepuradora de muchos cauces públicos. La depuración de las aguas residuales urbanas es uno de los logros de los últimos años que gracias a la Directiva 271/CEE 1991 y al interés y preocupación de distintos estamentos de la sociedad por el entorno han propiciado que la calidad del agua de algunos cauces públicos empiece a mejorar.

En el proceso de depuración se genera un producto, el lodo, que puede contener a la vez componentes muy valiosos, como materia orgánica y fitonutrientes (macro y micro), y componentes problemáticos, como metales pesados, contaminantes orgánicos y patógenos. Esta composición no sorprende dado su origen, pero es evidente que con un mejor control de las aguas vertidas y de los

métodos de depuración, se puede potenciar el valor de los componentes útiles y disminuir la peligrosidad de los otros.

No es ninguna novedad que los lodos resultantes de la depuración de aguas residuales urbanas pueden ser aplicados en agricultura. Existe mucha bibliografía sobre su composición y sobre la manera de reutilizarlos adecuadamente; pero muchas veces las investigaciones se han realizado alejadas de la realidad del problema. Llegado el momento de la producción de lodos en gran cantidad, los responsables de las depuradoras o incluso los agricultores no toman las suficientes medidas para su aplicación y evitar los posibles riesgos. No tendría sentido que por una parte se depuren las aguas residuales y por otra no gestionasen correctamente los lodos

El suelo puede ser un buen receptor de residuos orgánicos: tiene capacidad de transformar algunos de los componentes, o de inmovilizar a otros, pero también de transportar; tiene un límite una capacidad, de la que no se puede abusar. El uso indiscriminado de lodos en suelos agrícolas puede llevar a la alteración de sus características, a la contaminación de las aguas subterráneas, de ciertos cultivos o de la cadena trófica.

No es correcto potenciar el uso agrícola de los lodos obviando:

- las necesidades de suelos y cultivos
- los demás residuos orgánicos que se generan
- la existencia de otros tipos de suelos que sin ser agrícolas también pueden aprovechar los lodos
- las características de lodos según tipo de tratamiento aplicado y por tanto la posibilidad (o la obligatoriedad) de escoger el destino más adecuado (aplicarlos, directamente, COMPOSTARLOS, incinerarlos, verterlos....)

Hay distintos intereses involucrados en la gestión de lodos. Es difícil alcanzar acuerdos entre ellos, llegar a un ajuste entre distintas opciones; al final, el acuerdo siempre se hace en momentos de crisis. Seguramente, en el campo de los residuos, se está llegando a esta crisis que favorece la aparición de nuevas legislaciones, preocupaciones y responsabilidades .

Es necesario, conservando el espíritu de la legislación actual y acercándose a su cumplimiento, no sobrepasar la capacidad de nuestros suelos para reciclar materia orgánica y nutrientes y llegar a plantear una “guerra” de residuos y de intereses

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos orgánicos (RO) que puede tener un determinado interés en el aprovechamiento de los lodos .

Los objetivos del compostaje pueden ser:

- ✓ obtención de abono orgánico (compost) que permita el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la producción de cultivos de calidad y la conservación del entorno
- ✓ facilitar la gestión de los residuos orgánicos procedentes de distintas actividades, reduciendo su peso y volumen, a la vez que estabilizarlos y generar un producto útil
- ✓ producir materiales alternativos a los sustratos tradicionales, utilizados en horticultura y jardinería.
- ✓ o simplemente tratar un residuo para reducir la humedad, peso y volumen y facilitar así un destino finalista (vertido o incineración)

## 2. Composición de los lodos

Se trata poco este tema dado que ya hay exposiciones dedicadas a este aspecto. Sólo se hace una mención rápida a ciertas características que son significativas para justificar la necesidad de compostar los lodos en determinadas situaciones.

En la tabla 1 se compara la composición de distintos lodos con la de un estiércol de vacuno típico. El lodo presenta valores más elevados de humedad, nitrógeno amoniacal y orgánico, y también de ciertos metales.

En la tabla 2 se incluyen las características de distintos tipos de compost (dos de ellos procedentes del tratamiento de lodos). Aunque presentan diferencias entre ellos se pueden considerar materiales más estabilizados que los lodos y por tanto tendrán una distinta evolución en los suelos y unas posibles aplicaciones más diversificadas.

Aplicar un lodo con un contenido elevado de MO, poco estable, producirá un crecimiento rápido de los vegetales, pero no dejará un efecto duradero sobre las características del suelo y, podría generar excesos de nitrógeno y fósforo. Contenidos elevados de nitrógeno amoniacal o fácilmente degradable favorecerá pérdidas por amoníaco, malos olores y desequilibrio en la nutrición de las plantas.

En la tabla 3 se indica la cantidad de nutrientes que acompañan a 1000 Kg de algunos de los materiales que aparecen en las tablas 1 y 2 (se puede tomar como otra manera de expresar la composición); esta tabla es útil para ver que al aplicar lodo compostado con el manejo de una misma cantidad de material se está aplicando además de mayor cantidad de nutrientes una mayor cantidad de materia orgánica resistente (estabilizada) que tendrá un efecto más duradero; también será así con el nitrógeno orgánico. Por contra estaremos aplicando mayor cantidad de metales debido tanto al mayor contenido en materia seca, como al hecho que durante el compostaje se concentran relativamente los componentes minerales.

## 3. Compostaje de lodos

Uno de los tratamientos que desde siempre se ha aplicado para estabilizar la materia orgánica es el compostaje. Es un sistema de fundamento sencillo, versátil y puede aplicarse a diferentes tipos de materiales; se le considera económico y ecológico. Se ha comprobado que existe el peligro de confundir sencillez con descontrol o improvisación. El compostaje exige unas condiciones de trabajo que deben cuidarse y unas señales de alerta que tienen que saberse interpretar; en caso contrario deja de ser económico y ambientalmente aceptable.

Aunque la mayoría de materiales orgánicos se puedan compostar, frecuentemente no se aplica el proceso adecuadamente, o no se hace sobre los materiales convenientes para el producto que se pretende obtener. En otras ocasiones, cuando una prueba de compostaje o un tratamiento realizado durante cierto tiempo funciona, se decide variar la escala de trabajo (trabajar con cantidades mucho mayores) sin tomar precauciones ni variar los controles, provocando una disminución de la calidad del producto.

Cuando se quiere aplicar el compostaje es necesario preparar las condiciones para que, gracias a una actividad microbiana compleja, el residuo (o mezcla de residuos) se transforme en un producto estable, aplicable al suelo, sobre el que producirá un efecto beneficioso. Que se consiga con una tecnología sencilla, o compleja, dependerá de las cantidades de residuo a tratar y de la disponibilidad de espacio y tiempo.

Es un sistema productivo como cualquier otro, en el que se deben controlar los materiales de entrada, la evolución del proceso y las características del producto final. Las limitaciones de su aplicación pueden dividirse en extrínsecas y intrínsecas: en el primer grupo incluiríamos las de tipo político, social, económico y tecnológico; integrarían el segundo grupo las limitaciones del propio proceso ( pH, temperatura, equilibrio aire/agua, de nutrientes y de biopolímeros) y de los materiales susceptibles de ser compostados (características físicas, contenido en agua, materia orgánica, nitrógeno y contaminantes).

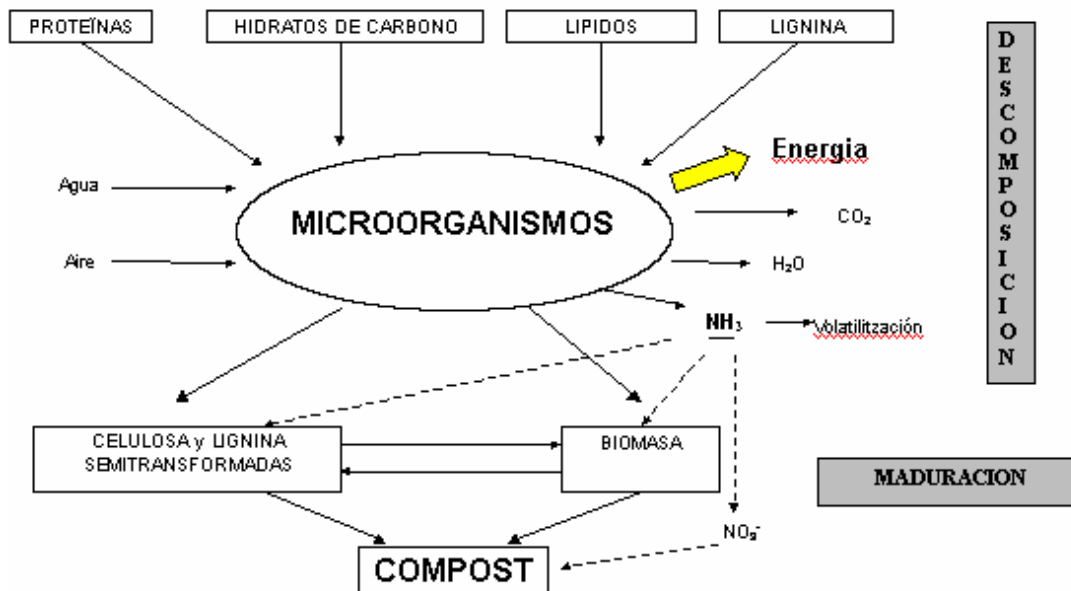
### 3.1. Definiciones del compostaje

Existen múltiples definiciones del compostaje , aunque muchas de ellas incompletas

- ✓ Proceso biológico controlado de transformación y valorización de sustratos orgánicos en un producto estabilizado, higienizado, parecido a tierra vegetal y rico en sustancias húmicas.
- ✓ Descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos en las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultado de una generación de energía calorífica de origen biológico, de la que se obtiene un producto final suficientemente estable para el almacenamiento la utilización en los suelos sin impactos negativos sobre el entorno.
- ✓ Técnica de estabilización y tratamiento de RO biodegradables, dirigida con prioridad a los sólidos y semisólidos; destruye, por temperatura, gérmenes y parásitos vectores de enfermedades y semillas de malas hierbas.
- ✓ Es el resultado de una actividad microbiológica compleja a partir de unas condiciones particulares, que puede considerarse una biotecnología según la definición de la *Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique (D.G.R.S.T.)*: "Explotación industrial del potencial de los microorganismos, de las células vegetales o animales, y de los residuos que producen".
- ✓ Es un proceso basado en una actividad biológica gracias a que una fase sólida orgánica:
  - sirve de soporte físico y de matriz de intercambio de gases
  - facilita los nutrientes orgánicos e inorgánicos y el agua
  - aporta microorganismos endógenos
  - recoge los residuos metabólicos generados y actúa como aislante térmico.
- ✓ Compostar (transformación biológica de los residuos en condiciones controladas) es gestionar los residuos orgánicos de una manera respetuosa con el entorno, involucrando y responsabilizando a la sociedad que los produce y dando al compost el destino adecuado.

### 3. Fases del compostaje

El compostaje se desarrolla en dos fases (descomposición y maduración) que deben diferenciarse, claramente y tenerse en cuenta en el diseño de una planta por sencilla que sea , estableciendo, para cada una de ellas, dinámicas de control adecuadas. (figura 1)



**Figura 1. Esquema del proceso de compostaje**

La fase de descomposición depende totalmente del tipo de material a tratar y de las características del sistema a aplicar. Puede dividirse en tres etapas: una inicial mesofílica durante la cual diversas familias de microorganismos inician la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, provocando un incremento de la temperatura y en la que el pH desciende debido a la formación de ácidos orgánicos. La etapa termofílica en la que van apareciendo los microorganismos termofílicos y en la que la temperatura supera los 40°C. Si se alcanza los 60°C los hongos se inactivan y la descomposición es llevada a cabo por actinomicetos y bacterias formadoras de esporas. Las sustancias fácilmente degradables, como azúcares, grasa, almidón y proteínas, son rápidamente consumidos y la mayoría de patógenos humanos y vegetales son destruidos; el pH se va alcalinizando al liberar amoníaco las proteínas; a su vez la celulosa y ligninas son parcialmente alteradas. En la tercera etapa, la temperatura empieza a disminuir, hongos termofílicos reinvasen el material a compostar y la celulosa y hemicelulosa siguen sufriendo cierta transformación. Estas tres etapas duran de unas pocas semanas a varios meses dependiendo del material a compostar y de las condiciones de trabajo. La fase de descomposición es la más exigente del proceso y el no realizarla en condiciones adecuadas condiciona la continuación del proceso, la aparición de problemas de lixiviados y malos olores, además de influir en la calidad del producto final.

La maduración depende del tipo de material que se ha tratado, pero su duración y las condiciones en que se deba llevar a cabo dependerán mucho del destino final del producto (en particular en el caso de fabricación de substratos) y como se hayan desarrollado las etapas anteriores. Requiere de pocas semanas a varios meses; en ella se genera mucho menos calor y el pH se mantiene ligeramente alcalino. En esta fase los microorganismos mesófilos, al igual que diversos tipos de microfauna colonizan el compost medio maduro. Se genera una intensa competición por los alimentos, formación de antibióticos y aparición de antagonismos; obteniéndose al final un producto, más o menos estable, según la duración de la última fase.

#### 4. Condicionantes del proceso

De hecho los condicionantes del proceso se refieren a aquellos que afectan a "los actores principales" (microorganismos: bacterias, hongos y actinomicetos) a los que, simplemente, en el diseño de una planta de tratamiento se les tiene que facilitar las condiciones de trabajo. Estos condicionantes biológicos junto con los físicos (transferencia de masa y energía) son los principios básicos que gobiernan el proceso. (Tabla 4)

**Los lodos tienen una composición y unas características físicas poco adecuadas para el compostaje** (exceso de agua y de nitrógeno; muy pastoso). **Deben mezclarse con otros materiales de características complementarias:**

- menor contenido en humedad y nitrógeno
- mejor estructura
- relación C/N equilibrada
- proporción adecuada en biopolímeros

Es aconsejable mezclarlos con materiales residuales ricos en celulosa y ligninas. En algunas plantas se mezcla con trozos de madera grandes que, aunque teóricamente dan una relación C/N teórica correcta, no lo es en la práctica debido a que en realidad el carbono que contiene no es asimilable (dificultad en ser atacado por los microorganismos), y, por tanto, la relación C/N real es mucho menor; esto provoca fuertes desprendimientos de amoníaco y una incompleta transformación de la mezcla. El producto obtenido puede tener ciertos usos pero no se le puede considerar un material bien estabilizado. En otros casos los lodos se mezclan con serrín u otros restos carbonados de tamaño de partícula muy pequeño; en este caso la mezcla equilibra bien el contenido en agua y la relación C/N, pero carece de la suficiente aireación y pueden crearse problemas de anaerobiosis

Lo más ventajoso sería poder mezclar con restos vegetales de distintos tamaños y composición, lo que permitiría por una parte, mejorar la aireación de la mezcla y, por otra, aportar el equilibrio en biopolímeros y relación C/N necesarias.

En la tabla 5 se da la composición de distintos compost preparados con el mismo lodo, en la misma planta de compostaje pero con cantidades distintas de restos vegetales.

#### *4.1. Justificación de los parámetros a controlar*

**El agua** es esencial para favorecer la migración y colonización microbiana apropiada para cada fase del proceso, así como para la difusión de los residuos metabólicos. Los contenidos aconsejables para poder alcanzar y mantener un buen equilibrio con el contenido en aire varían según los materiales a tratar y sus características físicas.

Al ser aeróbico el tipo de metabolismo dominante, el aporte **de oxígeno** tiene una gran importancia; puede ser suministrado por difusión pasiva o por convección, favorecida por las diferentes temperaturas inducidas por la actividad microbiana. Ya que esta consume oxígeno, este debe reponerse. Volteando el material se consigue en parte; pero, para asegurar una buena aireación, es necesario forzar la entrada de aire en la matriz o asegurar unas adecuadas características físicas de la misma.

Aunque se consiga una mezcla inicial autoaireante o se disponga de un sistema de aireación forzada, el volteo no debe eliminarse ya que tiene otros efectos beneficiosos como: reducir el tamaño de las partículas, homogeneizar el material y redistribuir los microorganismos, la humedad y los nutrientes; a la vez que expone nuevas superficies al ataque microbiano.

La aireación, a su vez, está muy relacionada con la temperatura: produce enfriamiento del material al favorecer la renovación del aire y la evaporación; incrementa la actividad de los microorganismos y por tanto el desprendimiento de energía, pero también puede provocar una excesiva pérdida de humedad y frenar el proceso provocando una disminución de la temperatura.

Los residuos orgánicos, prácticamente en todos los casos, están colonizados por diversos microorganismos indígenas que al disponer de las condiciones adecuadas se reproducen, favorecen la

aparición de una sucesiva diversidad microbiana (mesófila y termófila) con multiplicidad de funciones y actividades sinérgicas. El incremento de la actividad biológica, genera calor que, al considerarse los residuos una masa auto aislante, es retenido provocando un incremento de **temperatura**. La fase termogénica ha de optimizarse para maximizar la higienización que ha de alcanzar tres objetivos: prevenir el crecimiento y diseminación de patógenos durante el compostaje, destruir los inicialmente presentes y producir un producto final no recolonizable por patógenos.

La autolimitación microbiana, por generación de calor y elevación excesiva de la temperatura, también debe evitarse. Así, la aireación tiene otra función además de aportar oxígeno: disipar energía calorífica a través del calor latente de vaporización del agua. Se necesita más volumen de aire para mantener la temperatura dentro de los niveles aconsejables que para mantener el nivel de oxígeno necesario para un proceso aeróbico. El aumento excesivo de la temperatura puede disminuir el ritmo de transformación del material y aparece en aquellos casos que se trata material muy energético y degradable y/o cuando se tratan grandes cantidades. Evitarlo tiene valor para no disminuir el ritmo de trabajo de los microorganismos y, también, para mantener unas determinadas condiciones de trabajo que sean controlables y repetibles; y permitir obtener un producto final con unas características más constante o dentro de unos determinados márgenes.

El compostaje como proceso dinámico y complicado desde el punto de vista de la sucesión de los microorganismos que actúan, presenta una temperatura, pH, asimilabilidad de los nutrientes y actividad biológica en constante cambio, pero deben conocerse muy bien las posibles variaciones de cada parámetro para interpretarlas correctamente. Podría decirse, de una manera general, que el **pH inicial** de la mezcla no tiene que ser un impedimento para el proceso; pero si es verdad que un valor extremo, aparte de indicar algún problema en el origen del residuo, puede limitar el tipo de actividad biológica y por tanto influir en el desarrollo (velocidad, tipo de reacciones) del proceso. Puede ser más problemático un pH extremo en la zona básica, debido a que, además de afectar al tipo de microorganismos, afecta a los equilibrios ácido base que influyen en la conservación del nitrógeno.

El **equilibrio de nutrientes y biopolímeros** en la mezcla inicial debe cuidarse para ajustar la nutrición de los microorganismos y dar las condiciones físicas y físico químicas necesarias en la matriz. La **relación C/N** es uno de los parámetros más utilizados para valorar este equilibrio, aunque no siempre se hace de la manera más adecuada. Los materiales carbonados tienen tres funciones: constituyentes de los materiales celulares, participantes activos en el metabolismo energético y, a su vez, ya que muchos de los materiales que lo contienen son ricos en celulosas y ligninas presentan unas características importantes como estructurantes y como base de la formación de moléculas estabilizadas parecidas a las sustancias húmicas. Por esta razón es conveniente controlar, a la vez, el equilibrio de biopolímeros y la relación C/N <sup>1</sup>, conociendo el grado de resistencia (GE)<sup>2</sup> a la degradación que presentan.

El **nitrógeno** es fundamentalmente un constituyente de los materiales celulares, puede participar en el intercambio de electrones en el metabolismo energético y en condiciones anaerobias puede actuar como aceptor cuando se encuentra en forma de nitrito y/o nitrato.

---

<sup>1</sup> En ciertos co-compostaje es un error hablar de que los restos vegetales actúan solamente como estructurante; siempre debe tenerse en cuenta que han de aportar carbono (materiales de composición y tamaño que favorezcan la descomposición) y estructura (podrían ser sustituidos por cualquier material que sin ser problemático para el proceso y el producto final permitiese una autoaireación del material a compostar)

<sup>2</sup> GE representa el grado de estabilidad química de la muestra; corresponde al porcentaje de materia orgánica resistente a la hidrólisis ácida en unas determinadas condiciones, respecto al contenido total de MO.

Las proporciones de C/N y biopolímeros influyen de una manera muy destacable en la velocidad del proceso, en la generación de malos olores i lixiviados, en la pérdida de nitrógeno y en las características del producto final.

A lo largo del compostaje hay , **las características de la mezcla que se trata, sufren una serie de transformaciones importantes para su gestión:**

- Se reduce la humedad y el contenido en MO
- Varían los contenidos en las distintas formas de nitrógeno
- Aumenta la estabilidad de la MO y se incrementan relativamente todos los componentes minerales que no puedan ser perdidos por lixiviación o volatilización.
- Algunos fitonutrientes se vuelven más difícilmente asimilables
- Aumentan el pH , la conductividad eléctrica y las densidades aparente y real.

## BIBLIOGRAFIA

- ADEME. 1993. La végétalisation de sites dégradés avec utilisation de déchets organiques: l'expérience savoyarde. N° 2523. Septembre 1996.
- ADEME. 1993. Les différents procédés de stockage des boues d'épuration avant valorisation en agriculture.
- ADEME. 1994. Les germes pathogènes dans les boues résiduaires des stations d'épuration urbaines.
- ADEME. 1996. Le valeur azotée des boues résiduaires des stations d'épuration urbaines.
- ALMANSA, M. 1999. Estudio de la mineralización de residuos orgánicos en pruebas de laboratorio y de campo. PFC. ETSEA. Lleida
- AMORENA, A. 1995. Plan integral de reutilización de lodos de depuradora en la comarca de Pamplona. En el libro: Gestión y utilización de residuos orgánicos para la agricultura . I.S.B.N. 84-7664-503-1 Fundación La Caixa/ AEDOS
- ARBOL, M. P. BENITO, M. SOLIVA, D. VILLALVA, N. MOLINA 1993 Pruning residues and sewage sludge co-composting. en el vol 2 dels proceedings de "International Conference on environmental pollution" ISBN 0 9521673 0 1.
- BOE nº 131.1998 Orden de 22 de mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines. pp 18028-18072.
- CLARK, C.S., BJORNSON, H.S., SCHWARTZ-FULTON, J., HOLLAND, J.W., GARDSIDE, P.S. 1984. Biological health risks associated with the composting of waste water treatment plant sludge. *Jornal water Pollution*, 56.
- FERNANDEZ, M. 2000. Mineralización de residuos orgánicos ; tasa de liberación de nitrógeno en relación con la estabilidad. TFC. ESAB. Barcelona
- GARAU, M.A.M.T. FELIPÓ, M.C. RUIZ DE VILLA. 1986. Nitrogen mineralization of sewage sludges in soils. *Journal Environmental Quality*, V15.
- HAUG, R.T. 1993 *The practical handbook of compost engineering*. Lewis Publishers.
- HOITINK, H.A.J.; H.M. KEENER. 1993. *Science and Engineering of Composting: Design, environmental, Microbiological and Utilization Aspects*. The Ohio State University. En *Agricultural utilizations of urban and industrial by-products*. Editat per KARLEN, D.L. et al. ASA Special Publication Number 58.
- MARTÍNEZ, F.X. 1995. Posibles usos de los residuos urbanos en agricultura: abono, enmienda orgánica y sustrato de cultivo. En el libro: Gestión y utilización de residuos orgánicos para la agricultura . I.S.B.N. 84-7664-503-1 Fundación La Caixa/ AEDOS



- MILLNER,P.D., BASSET, D.A., MARSH,P.B. 1992. Dispersal of *Aspergillus Fumigatus* from sewage sludge copost piles subjected to mechanical agitation in open air. Applied Environmental Microbiology, 39.
- MUSTIN,M. 1987 Le compost. Gestion de la matiere organique. Editions François Dubusc. Paris
- ROMERO,R.; J.SAÑA I T. BALANYÀ. 1989.Manual d'utilitats dels fangs de depuradora com a adob. Quaderns de divulgació del'IRTA.
- SAÑA,J. M.SOLIVA. 1987. El compostatge: procés, sistemes i aplicacions. Quaderns d'Ecologia Aplicada N11. Servei del Medi Ambient.Diputació de Barcelona.
- SOLIVA,M. D.VILLALVA,B.VILARASAU, M.ARBIOL.1993.Characterization of composted pruning materials from urban gardens. Acta Horticulturae 342.
- SOLIVA.M.1993 Propuesta de metodologia para el control de un proceso de compostaje dirigido a la obtención de sustratos. Actas de Horticultura 11.
- SOLIVA, M. 1998. Tecnologia del compostaje: efectos de la propuesta de Directiva CEE 97/C 156/08en Jornadas sobre tratamientos biológicos integrados, BIOMETÀ 98. Area Metropolitana de Barcelona. Entitat del Medi Ambient.
- Soliva, M., 2001b. *Compostatge i Gestió de Residus Orgànics*. Estudis i monografies nº 21. 111 pp. Diputació de Barcelona. Àrea de Medi Ambient. Barcelona.
- STENTIFORD,E.I. 1993 Diversity of composting systems. En HOITINK,H.A.J.; H.M.KEENER. 1993. Science and Engineering of Composting: Design, environmental, Microbiological and Utilization Aspects. The Ohio State University. Varis autors. 1998. Aprofitament agronòmic de residus orgànics. 4t Curs d'Enginyeria Ambiental Universitat de Lleida.
- VOGTMANN,H., FRICKE,K. 1992. Organic chemicals in compost: How relevant are they for the use of it? En "Composting and compost quality assurance criteria" Editat per JACKSON,D.V., MERILLOT,J.M. i L'HERMITE,P.