

Mejores técnicas disponibles en la gestión ambiental de residuos de la producción intensiva de aves

Best available techniques in environmental management of waste from intensive poultry production

Emiliano Leonardi

Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa)

Resumen

La implementación de mejores técnicas disponibles en el tratamiento de residuos generados por la producción aviar intensiva exige la evaluación de los procesos y la identificación de oportunidades para minimizar la generación de residuos y emisiones, utilizar racionalmente la energía, disminuir los costos de operación, mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad. El proceso de reducción de la contaminación se realiza identificando acciones preventivas, de tratamiento y de disposición final. Este trabajo tiene por objeto repasar las técnicas actualmente disponibles y analizar someramente sus posibilidades de uso en nuestro país.

Palabras claves: Producción intensiva, Residuos pecuarios, Tratamiento, Mejores técnicas disponibles.

Abstract

The implementation of best available techniques for treating waste from intensive poultry production requires the evaluation of the processes and the identification of opportunities to minimize the generation of waste and emissions, to make a rational use of energy, to reduce operating costs, to improve control processes and to increase profitability. The process of reducing pollution is done by identifying preventive actions, treatment and final disposal. This paper aims to review the currently available techniques and briefly discuss their potential for use in our country.

Keywords: Intensive, livestock waste, Treatment, Best Available Techniques.

1. Introducción

¿Qué significa «mejores técnicas disponibles (MTD)»?

El concepto surge con las primeras regulaciones que limitaban las descargas de contaminantes y se refería a la estrategia de reducción de emisiones y/o efluentes al medio natural. La idea fundamental es la implementación de acciones, procedimientos y/o técnicas que permitan reducir los efectos negativos de la producción sobre el ambiente, en proporción la magnitud del emprendimiento.

La primera legislación en incorporar este concepto fue la estadounidense, mediante dos actas: *Clean Air Act* (CAA), de 1963, y *Clean Water Act* (CWA), de 1972. En ambas, «la aplicación de la mejor tecnología ambiental disponible debe ser económicamente alcanzable para cada categoría o clase regulada, partiendo de la idea general de que el mejoramiento paulatino se traducirá en un progreso razonable hacia el objetivo final de eliminar las emisiones y/o los efluentes de todos los procesos potencialmente contaminantes».

El concepto de *mejores técnicas disponibles que no impliquen costes excesivos* (BATNEEC, por sus siglas en inglés) fue retomado, en 1984, por la legislación europea en la directiva 84/360/CEE relativa a la lucha contra la contaminación atmosférica procedente de las instalaciones industriales. En 1996, esta fue reemplazada por la directiva 96/61/EC relativa a la prevención y el control integrados de la contaminación, la cual continuó aplicando el concepto de las *mejores técnicas disponibles*, pero en este caso profundizando el alcance del control ambiental.

¿Cuál es la situación del sector avícola en la Argentina y por qué es preciso hablar de mejores técnicas en materia ambiental para este sector productivo?

El Anexo I de la Resolución N.º 882 del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (Senasa), del 5 de diciembre de 2002, ya daba cuenta de la importancia del sector avícola en materia laboral, productiva y ambiental: «La avicultura es la segunda producción pecuaria del país, después de la producción bovina. La actividad alcanzó en el año 2001 un nivel de producción de UN MILLÓN CIENTO MIL TONELADAS (1.100.000 t) de carne de pollo, CUATROCIENTOS CINCUENTA MILLONES (450.000.000) de docenas de huevos, con una fuerza laboral de OCHENTA Y UN MIL (81.000) puestos de trabajo directo y TREINTA MIL (30.000) de trabajo indirecto».

En la misma línea, la Resolución N.º 542 del Senasa, del 11 de agosto de 2010, destaca el pujante crecimiento del sector y reconoce la necesidad de mejorar las herramientas de gestión para la habilitación sanitaria de granjas avícolas: «Que debido a la experiencia recogida en la aplicación práctica de las normas actualmente vigentes y al crecimiento y desarrollo de la producción avícola en la REPÚBLICA ARGENTINA se requiere modificar, a través de una nueva norma, los procedimientos, las exigencias y las metodologías establecidas para la habilitación y registro de granjas».

Este importante crecimiento implica una actualización en materia normativa sanitaria que incorpore los avances tecnológicos para la gestión ambiental de los residuos de la producción. El Anexo VI de la Resolución N.º 542 incluye, como requisito para la obtención del CERTIFICADO SANITARIO, la obligatoriedad de dar tratamiento adecuado a los residuos como guano, animales muertos y camas de pollos.

En este sentido, la implementación de mejores técnicas disponibles para la gestión ambiental en el sector avícola argentino exige la evaluación de los procesos productivos y la identificación de oportunidades para minimizar los residuos, utilizar racionalmente la energía, disminuir los costos de operación, mejorar el control de procesos e incrementar la rentabilidad. El proceso de reducción de la contaminación se realiza con acciones preventivas, de tratamiento y de disposición final. Un avance importante es lograr implementar mejores técnicas disponibles para sustituir prácticas obsoletas, incorporar nuevos métodos y procesos de gestión más eficaces en el cuidado del ambiente.

2. Categorización de los emprendimientos

En términos generales, las instalaciones en los emprendimientos avícolas pueden ser de diferentes niveles de tecnificación, desde la producción artesanal a la industrial totalmente automatizada. Es importante considerar este aspecto para la elección de las MTD.

Los siguientes son, de manera general, los diferentes procesos productivos del rubro avícola.

2.a. **Granjas de reproductoras:** suministran el material para reemplazo de las gallinas ponedoras y de pollos para la producción de carne. En este tipo de granjas, podemos hallar dos tipos de residuos: cama o pollinaza y cadáveres

2.b. **Planta de incubación:** el proceso consiste en incubar los huevos provenientes de las granjas reproductoras. En este caso, los residuos que se generan son: cáscaras de huevos y cadáveres.

2.c. **Granjas de postura comercial:** se dedican a la crianza de aves para la producción de huevos. Los residuos generados en este tipo de granjas son: efluentes líquidos de la limpieza de los galpones de crianza, guano de la etapa de producción, cáscaras de huevos y cadáveres provenientes de todo el proceso productivo.

2.d. **Granjas de Engorde:** aquí se reciben pollos de un día de vida y se engordan hasta los cuarenta y cinco días o más, hasta alcanzar el peso de mercado; luego se envían a faena. Los residuos de estas granjas son la cama y los cadáveres.

En cada uno de estos procesos productivos es importante diferenciar el estatus tecnológico, la infraestructura, la magnitud de la producción, el personal disponible, la capacidad de inversión y el nivel de profesionalismo, entre otros aspectos.

3. Identificación del residuo

En general, los residuos de la producción avícola son biodegradables y pueden aprovecharse como enmiendas orgánicas para el suelo, insumo de productos industriales o para la generación de energía. No obstante, por sus características fisicoquímicas y biológicas, deben diferenciarse cada uno de ellos a los fines de establecer las mejores técnicas aplicables en su adecuada gestión ambiental.

Podemos distinguir tres tipos de residuos, a saber:

3.a. **Guano:** en gallinas de postura, el guano es la mezcla de deyecciones, a las que se unen la porción no digerible de los alimentos, las células de descamaciones de la mucosa del aparato digestivo, microorganismos de la flora intestinal, diversas sales minerales, plumas y restos de huevos rotos.

3.b. **Cama de pollo:** en el caso de aves de producción a piso, la cama se define como la acumulación del guano mencionado anteriormente sobre un material absorbente como la cáscara de arroz o la de girasol, o bien la viruta de madera.

3.c. **Animales muertos:** cadáveres de aves resultantes de mortandad de rutina o catastrófica, o bien de sacrificio sanitario.

3.d. **Residuos varios:** efluentes de faena, envases de productos veterinarios, plumas, cáscaras de huevos y residuos líquidos de la limpieza de galpones.

4. Tecnología de tratamiento, utilización y disposición final

El manejo o el tratamiento que se realice de los residuos de la producción avícola debe garantizar la reducción del potencial impacto ambiental y sanitario.

Existen distintas técnicas aplicables basadas en procesos biológicos, físicos y químicos realizados en diversos escenarios de gestión (USDA - NRCS, 2008).

Los métodos que se describen a continuación están agrupados según el tipo de residuo:

4.a. Tratamiento, utilización o disposición de guano y camas de pollo

4.a.1. Deshidratación

En el caso del guano y la cama de pollo se reduce el contenido de humedad en un 80 a 90 % disminuyendo de modo significativo el volumen (USDA - NRCS, 2008). El procedimiento es muy sencillo, ya que la mayor parte del material se deseca por acción natural (del sol y/o del viento), aunque siempre puede acelerarse si se utilizan calefactores y/o ventiladores. Desafortunadamente, durante el proceso de secado las concentraciones de algunos nutrientes se reducen de manera sensible y pueden generarse emisiones gaseosas en niveles no aceptables para la legislación ambiental vigente.

4.a.2. Dispersión como abono orgánico

El guano puede aplicarse directamente al suelo de uso agrícola como abono orgánico a través de la técnica de dispersión (*spreading*), pero en estos casos es necesario acondicionarlo y realizar una serie de laboreos para su mejor incorporación. Asimismo, es imprescindible planificar el área en que se aplicará, considerando aspectos edafológicos, la dosis y el tiempo de repetición, el tipo de cultivo objetivo, la proliferación de vectores y las zonas aledañas que puedan ser afectadas directa e indirectamente (Environment Agency *et al.*, 2013a).

4.a.3. Compostaje

Se trata del proceso de descomposición biológica de la materia orgánica mejorado y acelerado por el diseño de la mezcla inicial con otros ingredientes en una dosis prescrita para el óptimo crecimiento microbiano.

El método exige diseño, planificación y manejo, pero es flexible en cuanto al área de trabajo y no requiere gran inversión en infraestructura y capacitación. Los tres elementos centrales para el buen funcionamiento del compost son la relación C:N de la mezcla inicial, la oxigenación y el contenido de humedad.

Alternativamente existe la posibilidad de agregar ciertos productos biológicos (microorganismos y enzimas) que permiten acelerar los procesos de degradación, disminuir olores y controlar la proliferación de insectos (Gabhane *et al.*, 2012).

4.a.4. Digestión anaeróbica

El digestor anaeróbico es un reactor biológico utilizado para la producción de biogás. La digestión anaeróbica es el proceso por el cual diversos microorganismos descomponen material biodegradable en ausencia de oxígeno. Este método genera distintos gases dependiendo del material degradado, entre los cuales, el dióxido de carbono y el metano son

los más abundantes. Para el proceso de transformación del guano en biogás se requiere el diseño de un sistema que integre el acondicionamiento previo del material orgánico y el tratamiento posterior del efluente (digestato) generado como subproducto (Beddoes *et al.*, 2007).

El biogás está compuesto principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y otros gases, como el ácido sulfhídrico (H₂S). La implementación de esta tecnología permite la obtención de energía eléctrica y/o térmica, con un rango de potencia eléctrica de alrededor de 0,3-10 MW. La eficiencia estimada de conversión puede alcanzar un 26 a 32 % (Beddoes *et al.*, 2007).

4.a.5. Conversión termoquímica

Es el proceso por el cual se aprovecha el potencial calórico de la biomasa utilizando presión y/o calor para producir energía. Entre los ejemplos de este método se incluyen la incineración, la pirólisis, la gasificación y la licuefacción.

4.a.1. La *incineración* implica la combustión directa de estiércol seco (15-20 % de humedad) para generar calor, tanto para calefaccionar los galpones como para generar energía. En el proceso las temperaturas oscilan entre 800 y 1500 °C y se requiere un abundante suministro de aire para asegurar una conversión máxima, en caso contrario la combustión incompleta puede producir contaminantes como el monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x) (USDA - NRCS, 2008).

4.a.2. La *incineración con cogeneración* es un proceso de combustión directa, pero en lugar de generar únicamente energía térmica también produce electricidad mediante la utilización de turbinas que aprovechan el vapor originado en la caldera, con un rango de potencia en general menor a 250 MW. El factor de eficiencia en la conversión depende del tipo de energía producida, sin embargo, al cogenerar la eficiencia se encuentra cercana al 80 % (USDA - NRCS, 2008).

4.a.3. La *pirólisis* es un proceso de combustión controlada con baja presencia de oxígeno en el cual se producen líquidos, gases y sólidos que pueden ser utilizados en una etapa posterior de incineración, lo que permite un mayor control sobre la generación de contaminantes, la eficiencia de la conversión termoquímica, el almacenamiento y la manipulación del combustible.

El método consiste en la descomposición térmica de la materia orgánica con nula o muy baja presencia de oxígeno y con temperaturas cercanas a 600 °C. Los productos resultantes de este proceso son gas de síntesis (SYNGAS), alquitrán y residuos carbonizados (*char*), los cuales poseen una densidad energética mayor que la biomasa común y pueden utilizarse para la obtención de calor o de electricidad en motores de combustión con potencias de hasta 10 MW y eficiencias de 60-70 %, o en turbinas de gas con eficiencias superiores y mediante ciclos combinados de alta eficiencia (USDA - NRCS, 2008).

4.a.4. La *gasificación* consiste en la conversión del residuo sólido en un gas combustible y reductor mediante la adición de gases reactivos en un proceso de pirólisis que permite optimizar la producción a temperaturas entre 600 y 1000 °C. Los subproductos principales son monóxido de carbono, metano, algunos hidrocarburos ligeros y cenizas (USDA - NRCS, 2008).

4.a.5. Finalmente, la *licuefacción* es un proceso de conversión de la materia orgánica en derivados de hidrocarburos y alquitranes utilizando presiones de hasta 200 atmósferas y temperaturas entre 200 y 500 °C (USDA - NRCS, 2008).

La conversión termoquímica puede integrar uno o varios de los procesos descritos, requiere una etapa previa de secado o deshidratación de la materia prima y exige una importante inversión en infraestructura, planificación, diseño y manejo profesional.

4.b. Tratamiento, utilización o disposición de cadáveres y restos orgánicos de la faena:

4.b.1. Renderizado

El renderizado (*rendering*) es un método que permite reciclar los nutrientes de los cadáveres, por lo general, como un ingrediente de otros productos agroindustriales, por ejemplo, en alimentos para mascotas. Las plantas de renderizado obtienen subproductos tales como harinas de hueso y de sangre, aceites, grasas comestibles y glicerina, entre otros.

Debido a la necesidad de minimizar los riesgos derivados de la descomposición de los animales muertos es necesario transportar el residuo a una instalación de procesamiento dentro de las veinticuatro horas o conservarlos en depósitos habilitados para tal fin.

4.b.2. Entierro.

Este es el método más común para la disposición final de residuos orgánicos. En la elección del sitio de entierro se deben considerar aspectos tales como las aguas subterráneas y las características edafológicas del suelo.

Es recomendable construir o recubrir la fosa con material aislante que retenga los lixiviados y limite el intercambio de nutrientes con el suelo durante el proceso de degradación. También lo es el empleo de óxido de calcio (cal viva) para favorecer la degradación de la materia orgánica, ya que permite controlar el volumen acumulado, los lixiviados, la proliferación de vectores y los olores (USDA - NRCS, 2008).

4.b.3. Compostaje

Las instalaciones de compostaje de animales muertos deben estar protegidas de precipitaciones, insectos y animales carroñeros, y deben contemplar la recolección y el tratamiento del lixiviado. La adición de agua por precipitación puede elevar el contenido de humedad y resultar en una mezcla anaeróbica, así como incrementar el tiempo de tratamiento y generar problemas de olor. La presencia de vectores zoonóticos es inaceptable.

Por su parte, el proceso de compostaje debe alcanzar una temperatura superior a los 60 °C durante un mínimo de cinco días para destruir los patógenos. Un proceso eficiente y rápido requiere un cuidadoso control de la relación C:N, el porcentaje de humedad, las condiciones aeróbicas y la temperatura interna de la mezcla (Barbaro *et al.*, 2011). Cualquier deficiencia en

alguna de estas áreas retarda y puede llegar a inhibir todo el tratamiento, al obtenerse temperaturas demasiado bajas para la destrucción de patógenos. La planificación cuidadosa y el control exhaustivo son necesarios para garantizar que el proceso avance según lo esperado (Larney y Hao, 2007).

4.b.4. Incineración

La incineración de cadáveres a temperaturas elevadas proporciona un método eficaz de eliminación de residuos (USDA - NRCS, 2008). Un incinerador que funciona correctamente no plantea problemas de contaminación u olores. Sin embargo, los costes de equipo y el combustible, además de las necesarias habilitaciones por parte de organismos ambientales, son importantes retos de diseño y de implementación.

4.c. Tratamiento, utilización o disposición de efluentes líquidos de faena

4.c.1. Existen diversos métodos para el tratamiento de efluentes, a modo ilustrativo se mencionan solamente los más difundidos en el sector agropecuario:

4.c.2. El tratamiento de efluentes por *lagunas facultativas*, tan difundido en nuestro país, es un sistema bioquímico con tres estratos de trabajo, de crecimiento suspendido, sin recirculación de sólidos sedimentados, simple y sencillo; pero de naturaleza compleja desde el punto de vista operacional para el desarrollo de los procesos responsables de su eficiencia.

4.c.3. Las *lagunas anaeróbicas* son un tipo de reactor biológico que busca estabilizar la materia orgánica mediante su transformación en dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). El proceso combina la sedimentación y la acumulación de sólidos en el fondo de la laguna, la flotación residual de materiales en la superficie del efluente y la intensa actividad microbiana, tanto en la biomasa suspendida como en la adherida a los lodos sedimentados.

Generalmente, las lagunas anaerobias son abiertas a la atmósfera para liberar los gases que se producen en su interior, aunque también pueden estar cubiertas para recoger el metano producido y utilizarlo como combustible o simplemente para controlar la emisión de olores. Aunque existe una transferencia de oxígeno en la capa superior, la laguna recibe cargas orgánicas tan altas que se dificulta su oxigenación. Sus dimensiones pueden variar según el volumen de tratamiento; para una laguna de profundidad promedio de 1,5 a 2 m, con pendientes laterales combinadas del terraplén en una relación de cinco a uno entre la horizontal y la vertical, la longitud debería ser 300 metros de largo por 45 metros de ancho, para un volumen de 40 metros cúbicos en rotación de 180 días (USDA - NRCS, 2008).

4.c.4. Las *lagunas aeróbicas* utilizan la aireación natural; el oxígeno es suministrado por el intercambio en la interfase aire-agua y, fundamentalmente, por la actividad fotosintética de las algas. La profundidad debe ser tal que no se alcancen a producir estratos sin oxígeno, sobre todo teniendo presente que la turbiedad impide el paso de la luz solar. Se suelen construir a profundidades de 30 a 45 centímetros, y los tiempos de retención hidráulicos teóricos (es decir, volumen de la laguna dividido por caudal medio tratado) son de diez a cuarenta días, por esa razón el principal inconveniente de este método es la dimensión de la superficie afectada (USDA - NRCS, 2008).

En esta línea se encuentran las *lagunas mecanizadas*, que trabajan bajo el mismo principio que una laguna aeróbica pero con dimensiones similares a aquellas de las anaeróbicas. En estos casos existe un importante consumo de energía para mantener en funcionamiento los aireadores el tiempo necesario.

5. Análisis de las técnicas

A modo de reflexión final, la tabla que figura a continuación fue confeccionada con el objeto de analizar la capacidad que tiene cada método y técnica descritos previamente de aportar una solución adecuada en términos de gestión ambiental.

Los parámetros utilizados para calificar cada método han sido los siguientes:

- Costo de implementación.
- Inversión en infraestructura.
- Inversión operativa.
- Complejidad operativa.
- Complejidad constructiva.
- Demanda de espacio.
- Existencia de *know-how* en nuestro país.
- Necesidad de supervisión profesional permanente.
- Existencia de casos exitosos.
- Requerimientos de legislación ambiental local, provincial y nacional.

Con estos elementos se realiza una clasificación cualitativa dentro de la escala «recomendable / no recomendable» para cada tipo de residuo generado en los diferentes procesos productivos.

En la categoría *Recomendable*, existen casos exitosos que avalan sus resultados, podemos incluir los métodos y las técnicas probadas y constatadas por experiencias, publicadas en revistas científicas o en manuales de procedimientos de organismos públicos reconocidos por su trayectoria en la temática (DEFRA, Departamento de Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales del Reino Unido; EPA, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos).

En la categoría *Recomendable o no según evaluación del caso*, se incluyen aquellos métodos y técnicas que teóricamente pueden ser útiles para el tratamiento de los residuos pero cuya implementación depende del análisis particular de cada caso práctico. Si bien existen casos probados y comprobados de aplicación exitosa, las condiciones en que se desarrollaron fueron tan específicas que no puede generalizarse ampliamente.

Finalmente, la categoría *No se recomienda / Impracticable / No se conocen casos exitosos* sirve como referencia para aclarar cuáles métodos y técnicas no pueden utilizarse para determinados residuos, ya sea por incompatibilidad o porque está probado técnicamente que el proceso de tratamiento no alcanza los estándares de sanidad y calidad ambiental.

Tabla 1: Métodos de tratamiento, disposición y utilización según tipo de residuo

Método \ Residuo	Guano	Cama de pollo	Cadáveres y restos de fauna	Efluentes
Tratamiento				
Deshidratación	++	+	-	N/A
Compost	++	++	+	N/A
Lagunas facultativas	-	N/A	N/A	+
Lagunas aeróbicas	-	N/A	N/A	++
Lagunas anaeróbicas	-	N/A	N/A	+
Lagunas mecanizadas	+	N/A	N/A	++
Disposición				
Spreading	+	-	N/A	+
Entierro	-	-	++	N/A
Utilización				
Rendering	-	-	++	N/A
Biogás	++	-	-	N/A
Incineración	++	++	+	N/A
Pirólisis	+	+	+	N/A
Gasificación	+	+	+	N/A
Licuefacción	+	+	+	N/A

Referencias:

++	Recomendable, existen casos exitosos que avalan sus resultados
+	Recomendable o no según evaluación del caso
-	No se recomienda / Impracticable / No se conocen casos exitosos
N/A	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

Agradecimientos

Agradezco la desinteresada participación de la Dirección Nacional de Sanidad Animal, especialmente al *Programa de enfermedades de aves y animales de granja* por su valiosa colaboración. Y en la misma línea deseo mencionar la importantísima asistencia del *Centro de Documentación e Información (CDeI)* en la obtención del material bibliográfico de consulta.

Bibliografía

Barbaro, L. A. (2011), «Compost de ave de corral como componente de sustratos», *Ciencias del suelo*, vol. 29, n. 1, pp. 83-90 [en línea]. ISSN 1850-2067. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672011000100009&lng=es&nrm=iso> [Consulta: 21 de mayo de 2013].

- Beddoes, J. C., Bracmort, K. S., Burn, R. B. & Lazarus, W. F. (2007), *An analysis of energy production costs from anaerobic digestion systems on US livestock production facilities. Technical Note N. 1*, United States Department of Agriculture - National Resources Conservation Service.
- Environment Agency, United Kingdom (2013a), *How to comply with your landspreading permit. TGN EPR 8.01* Version 2, Guidance [en línea]. Disponible en: <http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/LIT_5492_40c081.pdf> [Consulta: 20 de mayo de 2013].
- Environment Agency, United Kingdom (2013b), *Waste carriers, brokers and dealers: Registration and responsibilities*, Guidance [en línea]. Disponible en: <http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/LIT_7806_c01d03.pdf> [Consulta: 20 de mayo de 2013].
- Environment Agency, United Kingdom (2010), *How to comply with your environmental permit for intensive farming*. Version 2, Guidance [en línea]. Disponible en: <<http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/geho0110brsb-e-e.pdf>> [Consulta: 20 de mayo de 2013].
- Graves, R. E. y Hattemer, G. M. (2000), «Composting», Natural Resources Conservation Service (ed.) *Environmental Engineering National Engineering Handbook*, United States Department of Agriculture [en línea]. Disponible en: <<http://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21426>> [Consulta: 20 de mayo de 2013].
- Gabhane, J. et al. (2012), «Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost», *Bioresource Technology*, Volume 114, pp. 382-388, ISSN 0960-8524.
- Larney, F. J. y X. Hao. (2007), «A review of composting as a management alternative for beef cattle feedlot manure in southern Alberta, Canada», *Bioresource Technology*, Volume 98, pp. 3221-3227, ISSN 0960-8524.
- United States Department of Agriculture - National Resources Conservation Service (USDA - NRCS) (2008). *National Engineering Handbook, Part 651. Agricultural Waste Management Field Handbook* [en línea]. Disponible en: <<http://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=21430>> [Consulta: 20 de mayo de 2013].