

PERSPECTIVAS DE APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE DE BIORRESIDUOS PROVENIENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES. UN ENFOQUE DESDE LO GLOBAL A LO LOCAL*

Ricardo Oviedo-Ocaña**
Luis Marmolejo-Rebellon***
Patricia Torres-Lozada****

Recibido: 01/03/2011

Aceptado: 11/05/2012

RESUMEN

De los residuos sólidos municipales (RSM), los biorresiduos son la fracción más alta y de mayor potencial de contaminación; el compostaje permite disminuir el impacto ocasionado por su manejo y contribuye con la sostenibilidad de la producción agrícola. Aspectos como el alto grado de contaminación de la materia prima, el uso de tecnologías inadecuadas, mínimas actividades operativas y de control del proceso, baja calidad del producto y la poca comercialización y mercadeo del mismo, han limitado la implementación del compostaje en mayor escala en países en desarrollo como Colombia. En este artículo se plantea una reflexión sobre las perspectivas de aplicación del compostaje en Colombia y se proponen estrategias como la separación en la fuente y recolección selectiva, el posicionamiento del aprovechamiento de biorresiduos en el marco político y normativo, la investigación aplicada sobre ciencia e ingeniería del compostaje, la capacitación profesional, técnica y operativa, y el establecimiento de alternativas para impulsar el producto.

Palabras clave: biorresiduos, compostaje, residuos sólidos municipales.

* Artículo desarrollado en el marco del proyecto de investigación de convocatoria interna de la Universidad del Valle: "Estrategias para el mejoramiento de opciones tecnológicas de aprovechamiento de residuos sólidos en cabeceras municipales del Valle del Cauca menores a 20.000 habitantes, con visión de sostenibilidad" y en el marco de la Formación Doctoral del Ing. Edgar Ricardo Oviedo O.

** Ing. MSc. Candidato a PhD Universidad del Valle. Grupo de Investigación Estudio y Control de la Contaminación Ambiental (ECCA), Ciudad Universitaria Meléndez. E-mail: edoviedo@univalle.edu.co.

*** Ing. PhD. Prof. Asistente Universidad del Valle. Grupo de Investigación Estudio y Control de la Contaminación Ambiental (ECCA), Ciudad Universitaria Meléndez. E-mail: luis.marmolejo@correounivalle.edu.co.

**** Ing. PhD. Prof. Titular Universidad del Valle. Grupo de Investigación Estudio y Control de la Contaminación Ambiental (ECCA), Ciudad Universitaria Meléndez. E-mail: patricia.torres@correounivalle.edu.co.

PERSPECTIVE OF APPLICATION OF BIOWASTE COMPOSTING FROM MUNICIPAL SOLID WASTES: AN APPROACH FROM GLOBAL TO LOCAL

ABSTRACT

Biowaste represents the highest proportion from municipal solid wastes (MSW) and its major pollution potential. Composting allows to reduce the impact of MSW management and contributes to sustainability in agricultural production. In developing countries such as Colombia, aspects such as the high pollution levels in raw materials, the use of inappropriate technologies, the minimum operational and process control activities, the low product quality and the scarce commercialization and marketing have represented limited possibilities for scaling up composting implementation. This paper provides a reflection on application perspectives for biowaste composting in Colombia. Strategies like: 1) source separation and selective collection, 2) inclusion of biowaste recovery within political and legal frameworks, 3) applied research about science and engineering of composting, 4) professional, technical and operational capacity development, and 5) setting options to product promotion, are also formulated.

Key word: Biowaste, composting, municipal solid waste.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos orgánicos de rápida degradación (biorresiduos) constituyen una fracción importante de los residuos sólidos municipales (RSM). Su manejo reviste mucha importancia tanto por su cantidad como por los impactos sanitarios y ambientales de su disposición, como la generación de lixiviados y de gases efecto invernadero (GEI). Para su disminución, en eventos de alcance mundial se ha adoptado una jerarquía para la gestión de los RSM que estimula la reducción de la disposición final de los biorresiduos y su aprovechamiento por medio de opciones de tratamiento biológico como el compostaje.

Con el compostaje se disminuye la cantidad de material enterrado, siendo un método económico y eficaz [1]. El producto es usado como acondicionador de suelos debido a que nutrientes y materia orgánica pueden potencialmente retornar a ellos [2]. Además, mejora la estructura del suelo y la fertilidad y el crecimiento de las plantas; de esta manera, se contribuye con la sostenibilidad de la producción agrícola y con la mitigación de los impactos generados por el manejo de este tipo de residuos.

En este artículo se analiza la aplicación del compostaje de los biorresiduos provenientes de RSM con un enfoque desde lo global a lo local, enfatizando en la evolución de su aplicación, su estado actual y sus tendencias de desarrollo. De igual manera, se discute la situación del compostaje desarrollado en las plantas de manejo de residuos sólidos (PMRS) en Colombia, señalando los elementos que han fundamentado su desarrollo. A partir de lo anterior, se plantean perspectivas de la aplicación del compostaje que permitan ofrecer una opción sostenible para el manejo de esta fracción de los RSM.

1 BIORRESIDUOS PROVENIENTES DE LOS RSM

Los biorresiduos provienen de residuos de jardín, comida pre y posconsumo de las viviendas y

de establecimientos comerciales como restaurantes y expendios de alimentos. Se excluyen residuos de agricultura, actividades forestales, estiércoles animales, biosólidos u otros como textiles, papel y madera procesada [3]. La tabla 1 muestra el porcentaje de biorresiduos en la composición física de los RSM de diversos países.

Tabla 1. Proporción de biorresiduos en la composición física en los RSM en diferentes países

Lugar	Bioresiduos (%)
Estados Unidos ¹	30
Países de la Unión Europea ²	40
Países en desarrollo ³	55

Fuente: ^{1,3} [4]; ²[5]

En América Latina y el Caribe (ALC), esta composición tiene un alto componente de residuos de alimentos (promedio 50% a 70% en peso-base húmeda) [6], los cuales son la fracción de los residuos residenciales con mayor potencial para contaminar el ambiente [7]. En Colombia, los biorresiduos representan alrededor de 65% de los RSM [8] y en cabeceras municipales del Valle del Cauca con PMRS (Alcalá, Bolívar, El Dovio, La Victoria, Versailles y Restrepo), representan entre 51 y 70%. Esta variación está influenciada tanto por los hábitos alimenticios como por las prácticas de manejo por los generadores [9]. Las restricciones para la disposición final de biorresiduos han permitido desarrollar tecnologías como el compostaje para el control y aprovechamiento de esta fracción.

2 APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE PARA EL MANEJO DE BIORRESIDUOS

2.1 Países desarrollados

En Europa, desde la década de los años 70 se instalaron plantas de compostaje de gran escala, las cuales estaban proyectadas para tratar aproximada-

mente el 35% de los RSM. Sin embargo, prevalecía el procesamiento de biorresiduos sin separación en la fuente y productos de baja calidad que dificultaban su uso en agricultura. Esto generó que un considerable número de plantas fueran cerradas en los años 80 y emergieran plantas que consideraban la separación en la fuente [7].

En la década de los 90, la Directiva 1999/31/CE de Disposición Final de la Unión Europea estableció la reducción de los biorresiduos que se disponen en rellenos sanitarios. Para su cumplimiento se adoptaron estrategias como la obligatoriedad de la separación en la fuente, la recolección selectiva y la implementación de opciones de aprovechamiento como el compostaje y la digestión anaerobia. Esta directiva, junto con los mayores estándares de calidad exigidos al compost ha permitido la evolución de las plantas de compostaje en Europa [7]. Actualmente, el 17% de los RSM generados son compostados [5], y en países como Austria, Alemania y Holanda tienen porcentajes de biorresiduos compostados superiores a los presentados en el resto de Europa.

En Estados Unidos, las primeras investigaciones desarrolladas desde los años 30 para entender el compostaje permitieron definir los criterios para el diseño de plantas, las cuales comenzaron a instalarse desde los 70 [10]. A principios de los 90 se procesaban para compostaje alrededor del 2,0% de los RSM, mientras que en 2008 se incrementó a 8,8% [11].

2.2 Países en desarrollo

En estos países, el compostaje es un sistema efectivo y simple para reducir la cantidad de residuos en disposición final y se genera un producto de valor para la aplicación en la agricultura. En India, durante la aplicación del compostaje de biorresiduos, se identificó que la interacción entre la calidad del producto, el precio y la demanda del cliente a veces son subestimadas, ocasionando fallas en los proyectos debido a la falta de mercado del producto [2]. Desde los años 70 se han

instalado plantas mecanizadas, pero han cerrado por problemas como i) tecnologías no adaptadas a condiciones locales; ii) excesiva mecanización y selección de tecnologías sin análisis de características de los residuos; iii) poca consideración de aspectos financieros y de mercado; iv) ausencia de soporte institucional y de marco político y normativo; y v) deficiente calidad del producto por mezcla de los RSM. Las perspectivas del compostaje incluyen mejorar la separación en la fuente y desarrollar el mercado del compost, para lo cual es necesario implementar la recolección selectiva y disminuir las subvenciones a los fertilizantes inorgánicos [12].

En China, de acuerdo con [13], la cantidad de RSM compostados es del 20%. El compostaje se ha aplicado por tres razones fundamentales: i) Los componentes de los RSM en China no se adaptan a opciones como la incineración; ii) El costo de inversión y operación del compostaje es inferior al de otros sistemas; iii) Los campesinos tradicionalmente han aplicado el compost como fertilizante en la agricultura. La integración de opciones de manejo de los RSM como el compostaje y el relleno sanitario es sostenible para medianas y pequeñas ciudades, y de acuerdo con la política nacional de residuos tendrá aplicación extensiva cuando la recolección selectiva se esté haciendo en el país.

En relación con la sostenibilidad financiera, en Rasth (Irán), las plantas centralizadas han operado efectivamente generando productos de buena calidad, pero los costos operativos son cubiertos con subsidios del gobierno local en un 33% y con ingresos por comercialización por el 67% restante [14]. En India, [2] plantean que esquemas descentralizados facilitan la recolección selectiva y tienen un efecto en la reducción de costos de transporte que pueden contribuir con esta sostenibilidad.

En países africanos como Tanzania, experiencias de compostaje a escala piloto demostraron su factibilidad y los requerimientos para su aplicación, permitiendo diseñar las rutas de recolección, desarrollar montajes experimentales, estudiar el mercado del producto y determinar su aceptación

por los potenciales usuarios [15]. Otros países como Kenia incluyen dentro de sus políticas de manejo el aprovechamiento de RSM a través de opciones como el reciclaje y el compostaje. Sin embargo, priorizan sus esfuerzos en aumentar las coberturas de recolección, disminuir la inadecuada disposición final y fortalecer la institucionalidad del servicio de aseo [16].

En ALC, la aplicación del compostaje se realiza en muy pequeña escala, alcanzando solamente el 0,6% de los biorresiduos. Desde principios de los 70 vienen aplicándose iniciativas orientadas a establecer plantas de compostaje con diversas tecnologías de importación, que en su mayoría han fracasado por factores relacionados principalmente con el deficiente mantenimiento de los equipos y tecnologías inadecuadas [6]. El problema no termina con la escasa aplicación de las tecnologías de aprovechamiento, sino que trasciende a la falta de confianza y al poco éxito logrado en el uso de las mismas.

Brasil es uno de los países de la región que mayor aplicación del compostaje de biorresiduos ha realizado. No obstante, de acuerdo con [17], durante los 90 se presentó un descrédito del compostaje ocasionado por la instalación de plantas con tecnologías no adaptadas a las condiciones y residuos locales, y problemas relacionados con su diseño y operación. En 1996 existían 74 plantas en todo el país, las cuales presentaban problemas de operación que ocasionaban diversos impactos ambientales y generaban productos de deficiente calidad y de poca comercialización que llevaron a que el 40% de las plantas se cerraran. A mediados de los 90 surgió la necesidad de incluir la separación en la fuente para mejorar la operación del proceso y la calidad de las materias primas y los productos. En [1] se encuentra que en 14 unidades de compostaje de São Paulo, los productos no presentaron buena calidad debido a la falta de volteos, el exceso de agua y la estabilización incompleta de la materia orgánica, comprometiendo su uso y poder de comercialización.

Un aspecto a considerar en la aplicación de las plantas de compostaje de biorresiduos de origen municipal en ALC es la implementación de la separación en la fuente y la recolección selectiva; estos dos procesos han limitado la sostenibilidad de los sistemas por la deficiente calidad de las materias primas y los productos, incidiendo en la baja comercialización del compost e incrementando los riesgos a la salud pública y la contaminación ambiental.

2.3 Colombia

En el país, la Política Nacional de Residuos Sólidos ubicó al aprovechamiento de residuos como una estrategia base en la jerarquía para la gestión de los residuos sólidos. En el caso de los RSM, su aplicación formal se ha venido materializando a través de PMRS cuyo funcionamiento se ha orientado hacia el aprovechamiento y valorización de la mayor cantidad posible de residuos.

En el caso particular del compostaje, en 2007 la SSPD [18] encontró que 24 de 33 PMRS compostaban los biorresiduos. El tiempo de degradación de la materia orgánica es variable en cada planta, predominan procesos con mínimas actividades de control, monitoreo y manejo de subproductos y se procesan en la mayoría de las plantas biorresiduos sin separación en la fuente. Las instalaciones no tienen información sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica que garantice la inocuidad del producto, el cual sin embargo, es utilizado por cultivadores sin conocer el riesgo sanitario que pueda representar.

En las PMRS regionales de La Plata, Garzón, Pitalito y municipales de Guadalupe y Tarqui, se manejan los biorresiduos a través de compostaje en pilas estáticas sin aireación que generan problemas de olores y vectores. Los tiempos de transformación y maduración son prolongados y afectan la disponibilidad de espacio y la calidad del producto y en ninguna de las plantas se controla el proceso ni la calidad del producto. Se destaca que en las localidades se han implementado acuerdos municipales

enfocados a reglamentar la separación en la fuente y la recolección selectiva. Entre las recomendaciones citadas se propone incluir aireación mecánica (forzada o por volteos) y acondicionamiento de la materia prima para disminuir el tamaño de la partícula [19].

En el Valle del Cauca, actualmente están en funcionamiento seis PMRS en cabeceras municipales, cuyos biorresiduos son sometidos a procesos que simulan el compostaje. Sin embargo, para su aplicación no se incluye un análisis que permita visualizar su viabilidad, el mercado del producto y criterios técnicos para su implementación. Además, no se consideraron variables como cantidad y características de las materias primas, requerimientos de calidad de los productos que satisfagan las condiciones de suelos y cultivos locales, necesidades operacionales y condiciones ambientales. La operación es incipiente debido a la poca capacitación de los operarios, que dejan de monitorear las

principales variables del proceso, lo que conlleva situaciones como estabilización incompleta de la materia orgánica, que incide en la baja calidad del producto, y compromete su uso y posibilidad de comercialización (ver tabla 2).

En relación con la calidad del producto se observa el bajo contenido de carbono y altos valores de cenizas y densidad aparente, lo cual puede estar asociado a la presencia de impurezas por la deficiencia en la separación en la fuente. Respecto de los nutrientes, es indispensable el mejoramiento del contenido de fósforo que permita incrementar el valor agronómico del producto. Estos elementos son aspectos comunes que muestran la necesidad de identificar alternativas de acondicionamiento para optimizar tanto los procesos de transformación como la calidad del producto. De otro lado, a pesar de que no se desarrolla separación en la fuente, en todos los casos el contenido de metales pesados no supera los límites indicados en la norma

Tabla 2. Calidad de los productos obtenidos en sistemas de compostaje en PMRS del Valle del Cauca

<i>Parámetro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Alcalá</i>	<i>Bolívar</i>	<i>El Dovio</i>	<i>La Victoria</i>	<i>Versalles</i>
Humedad	%	16,66	14	25,82	5,46	(25,3 - 37,4)
Cenizas	%	63,53	72	81,27	73,6	(36,7 - 64,1)
COT	%	12,43	16,26	7,1	11,65	(13,5 - 16,6)
N Total	%	1,74	1,74	0,66	2,22	(1,35 - 1,44)
P Total	%	0,65	0,4	0,62	0,31	(0,59 - 0,67)
K Total	%	3,19	1,42	0,79	1,75	(1,5 - 2,9)
CIC	meq/100 g	49,5	0,38	25,3	29,43	(35,8 - 40,2)
pH	unidades	8,67	7,02	7,75	7,42	(8,34 - 9,32)
Densidad	g/cm ³	0,90	0,72	0,82	0,69	(0,54 - 0,77)
As	mg/kg	0,29	0,26	6,2	0,3	(0,3 - 3,8)
Cd	mg/kg	ND < 1,21	ND < 3,6	ND < 1,78	ND < 3,6	ND < 3,6
Hg	mg/kg	ND < 0,04	ND < 0,15	ND < 0,15	ND < 0,15	ND < 0,15
Cr	mg/kg	30,44	46,59	58,63	45,16	(48,7 - 100,4)
Ni	mg/kg	18,69	93,39	28,92	44,1	(24,2 - 33,2)
Pb	mg/kg	68,39	62,14	41,51	53,81	(37,8 - 108,8)

Fuente: los autores.

colombiana. La vocación agrícola y pecuaria de la zona y las cantidades de biorresiduos generados muestran la necesidad de fortalecer la implementación de opciones como el compostaje.

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), [20] mostró que mientras en el 2005 se aprovechaba el 0,25% de los biorresiduos, a 2010 se aprovechaba el 7,4%; incremento que se debe a la aplicación de estrategias como la implementación de ecohuertas urbanas, el compostaje en unidades residenciales y zona rural de Medellín, así como en otros municipios como Sabaneta y Girardota. Se espera que la continuidad de estas estrategias permita alcanzar un aprovechamiento del 15% a 2020.

3 PERSPECTIVAS PARA POSICIONAR EL COMPOSTAJE EN EL PAÍS

De acuerdo con lo analizado, se observa que la aplicación del compostaje de biorresiduos de origen municipal muestra diferentes alcances en los países desarrollados y en desarrollo. En Colombia, el posicionamiento del compostaje requiere avanzar en temas que ya han sido abordados en países desarrollados. Los aspectos que se consideran estratégicos son los siguientes:

- Separación en la fuente y recolección selectiva. Es indispensable la instauración de prácticas que reduzcan la contaminación de los biorresiduos, previa al proceso. El establecimiento de estrategias educativas de carácter nacional y local y la incorporación en la normativa de la obligatoriedad tanto de la separación en la fuente para los usuarios como de la recolección selectiva para los prestadores del servicio podrían aumentar las posibilidades de éxito en la implementación de estas prácticas. El desarrollo de programas a escala piloto y el reconocimiento económico al usuario dentro de la tarifa por el servicio de aseo también pueden ser efectivos en estas acciones.
- Posicionamiento del aprovechamiento de biorresiduos en el marco político e institucional.

La reglamentación sobre políticas de reducción de biorresiduos a ser dispuestos en rellenos sanitarios, la aplicación de mayores tarifas para la disposición de los mismos y el reconocimiento del costo del aprovechamiento en el marco tarifario, podrían estimular el desarrollo de opciones como el compostaje.

- Investigación aplicada sobre ciencia e ingeniería del compostaje. Debido a que uno de los problemas más críticos con la gestión de los RSM en países en desarrollo está relacionado con el uso inapropiado de tecnologías y tendencias a importar equipos, se requiere desarrollar investigación aplicada (proyectos a escala de laboratorio, piloto y real en las localidades) acorde con las necesidades y contexto del país, la cual podrá suministrar información base que permita definir reglamentos de diseño y de operación del proceso, normativa que considere requerimientos de calidad del producto en función de diferentes usos, identificación de alternativas para mejorar las condiciones de la materia prima, la operación y el monitoreo y el mercadeo del producto.
- Capacitación profesional, técnica y operativa. Es recomendable la introducción de cátedras específicas de compostaje en las áreas de ingeniería relacionadas con el tema. De igual manera, el desarrollo de eventos (conferencias, seminarios, talleres, simposios) pueden contribuir a aumentar el conocimiento de operarios, prestadores del servicio, instituciones ambientales, profesionales y consultores en el tema.
- Estrategias para impulsar el producto. Se deben establecer estrategias locales, regionales y nacionales que permitan el uso del compost en diversas actividades (agricultura, recuperación de suelos, paisajismo, horticultura). El estímulo al consumo de productos cultivados con materiales orgánicos puede seguirse incrementando y fomentar la aplicación del compost para este propósito.

4 CONCLUSIONES

Los biorresiduos son la fracción de los RSM con mayor potencial de contaminación. Opciones como el compostaje han sido estudiadas y aplicadas en diversos países tanto para disminuir el impacto ocasionado por su manejo como para contribuir con la sostenibilidad de la producción agrícola.

Aspectos como el alto grado de contaminación de la materia prima, el uso de tecnologías inadecuadas para los contextos locales, mínimas actividades operativas y de control del proceso, baja calidad del producto y poca comercialización y mercadeo del mismo han limitado la implementación del compostaje en mayor escala en países como Colombia, lo que es común con otros países en desarrollo.

Las perspectivas que se plantean para consolidar en Colombia y los países en desarrollo la opción del aprovechamiento de los biorresiduos a través de procesos biológicos como el compostaje incluyen aspectos como la separación en la fuente y la recolección selectiva, el posicionamiento del aprovechamiento de biorresiduos en el marco político e institucional, la investigación aplicada sobre ciencia e ingeniería del compostaje, la capacitación profesional, técnica y operativa y el establecimiento de estrategias para impulsar el producto.

5 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad del Valle, por la financiación del proyecto de investigación en el marco del cual se desarrolló este artículo. E. R. Oviedo agradece al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia – COLCIENCIAS por la beca otorgada para sus estudios doctorales.

REFERENCIAS

- [1] L. Barreira et al., "Usinas de compostagem do estado de Sao Paulo qualidade dos compostos e processos de produção," *Eng. Sanit. Ambient.*, vol. 11, no. 4, pp. 385-393, 2006.
- [2] C. Zurbrügg et al., "Decentralised composting in Bangladesh a win - win situation for all stakeholders," *Resources Conservation & Recycling*, vol. 43, pp. 281-292, 2005.
- [3] CEC. "Communication of the Commission COM (2008) 811 final. Green Paper on the management of biowaste in the European Union," [En línea], acceso febrero 2011; Disponible: http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/green_paper_en.pdf, 2008.
- [4] A. Troschinetz, y J. Mihelcic, "Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries," *Waste Management*, vol. 29, pp. 915-923, 2009.
- [5] Eurostat. "Municipal waste half a ton of municipal waste generated per person in the EU27 in 2007, Statistical Office of the European Communities," [En línea], acceso enero 2011; Disponible: http://www.ede-destatis.de/en/press/download/09_03/031-2009-03-09.pdf, 2009.
- [6] Organización Panamericana de la Salud. "Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe," [En línea], acceso febrero 2011; Disponible: http://www.bvsde.paho.org/curso_mrsm/e/fulltext/informe.pdf, 2005.
- [7] R. A. Slater, y J. Frederickson, "Composting municipal waste in the UK: some lessons from Europe," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 32, pp. 359-374, 2001.
- [8] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "Evaluación de las cadenas de reciclaje. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. República de Colombia," MVADT, 2007.
- [9] E. R. Oviedo, "Funcionamiento de los sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos en localidades menores a 20.000 habitantes del Valle del Cauca," tesis de MSc, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, 2010.

- [10] C. G. Golueke, y L. F. Diaz, "Historical review of composting and its role in municipal waste management," en *The Science of Composting, Part 1*, M. de Bertoldi et al., eds., pp. 3-14, Glasgow: Blackie, 1996.
- [11] Environmental Protection Agency. "Municipal solid waste in the United States: 2007.Facts And Figures," [En línea], acceso enero 2011; Disponible: <http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/pubs/mswchar05.pdf>, 2008.
- [12] K. Joseph, "Experiencias de tratamiento de residuos sólidos urbanos en India," *Residuos: La Revista Técnica del Medio Ambiente*, vol. 97, pp. 24-30, 2007.
- [13] Y. S. Wei et al., "Composting and compost application in China," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 30, pp. 277-300, 2000.
- [14] M. R. A. Moghadam et al., "Municipal solid waste management in Rasht City, Iran," *Waste Management*, vol. 29, pp. 485-489, 2009.
- [15] S. Embuligwe et al., "Potential and constraints of composting domestic solid waste in developing countries: findings from a pilot study in Dar es Salaam, Tanzania," *Resources Conservation and Recycling*, vol. 36, pp. 45-59, 2002.
- [16] H. Rotich et al., "Municipal solid waste management challenges in developing countries - Kenyan case study," *Waste Management*, vol. 26, pp. 92-100, 2006.
- [17] J. T. Pereira-Neto, "Composting: Experiences and perspectives in Brazil," en *The Science of Composting, Part 1*, M. de Bertoldi et al., eds., pp. 729-735, Glasgow: Blackie, 1996.
- [18] Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. "Diagnóstico sectorial. Plantas de aprovechamiento de residuos sólidos," [En línea], acceso enero 2011; Disponible: http://www.superservicios.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=73cfd722-c46e-4caf-b03f-486810f6536c&groupId=10122, 2008.
- [19] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "Informe Visita Técnica a Plantas de Aprovechamiento de Residuos Sólidos - Manejo y Aprovechamiento de Residuos Sólidos - Departamento del Huila," MAVDT, 2009.
- [20] D. F. Castro, "El aprovechamiento de residuos orgánicos en el área metropolitana del Valle de Aburrá: avances y aprendizajes," presentado en Seminario Internacional Estrategias y Acciones para el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos en el Valle de Aburrá, Medellín, 2010.