Artículo de Revisión

Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos

Silvia María Puerta Echeverri [1]

[1] Bióloga. Especialista en Mercadeo Agropecuario. Especialista en Educación Ambiental. Candidata a Maestría en Biotecnología, UPB. Profesora Facultad de Industrias Pecuarias, Coordinadora del programa MIRS, Corporación Universitaria Lasallista,

Correspondencia: Silvia María Puerta Echeverri. e-mail: sipuerta@lasallista.edu.co

Línea de investigación: Bioprocesos. Semillero de Investigación sobre Materia Orgánica SISMO

Municipal Solid Wastes as Soil Conditioners

Resumen

El compostaje de residuos orgánicos municipales puede presentar riesgos y ocasionar daños al ser utilizado como acondicionador de suelos, por el exceso de materiales inertes, emisión de malos olores, salinidad elevada, toxicidad por contaminantes orgánicos, toxicidad por metales pesados, inmadurez del proceso y presencia de organismos patógenos. Por lo anterior, es necesario hacer evaluaciones de los parámetros físico–químicos y microbiológicos del proceso, teniendo en cuenta la normatividad vigente colombiana que regula los materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia: Norma Técnica Colombiana 5167 y la Resolución 00150 del 21 de enero de 2003 del ICA.

Palabras clave: Compostaje, compost, abono orgánico, residuos orgánicos municipales, acondicionador de suelos

Abstract

The compostation made from organic remains produced by municipals, can be a liability and cause damage when used as soil conditioners, because of the excess of inert materials, stinking emissions, high salinity levels, toxicity due to organic contaminants or heavy metals, immaturity of the process and the presence of pathogenic organisms.

Given all this factors, it is necessary to evaluate all of the physical, chemical and microbiological parameters of the process, keeping in mind the corresponding Colombian laws on the subject, which regulates the organic materials used as fertilizers and soil conditioners in Colombia: Colombian Technical norm 5167 and the resolution 00150 of January 21st of 2003, made by the Colombian Agro-Cultural Institute, ICA.

Key words: Compostation, compost, organic fertilizer, municipal organic remains, soil conditioner.

Introducción

A nivel mundial, los residuos sólidos han ocasionado impactos ambientales negativos por su disposición incorrecta y porque cada día aumentan, asociados al incremento de la población humana, los procesos de transformación industrial, agroalimentarios y a los hábitos de consumo de las personas.[1-6]

Actualmente se ha tratado de solucionar esta problemática implementado el Manejo Integrado de los Residuos Sólidos (MIRS), el cual implica la separación en la fuente de residuos reciclables, orgánicos y desechos o basura. A partir de la separación en la fuente se han buscado usos alternativos benéficos para la naturaleza, como el proceso de reciclaje para la trasformación de los residuos sólidos nuevamente en materia prima y el proceso de compostaje de los residuos orgánicos como biofertilizantes y acondicionadores de suelos.[3, 7-9]

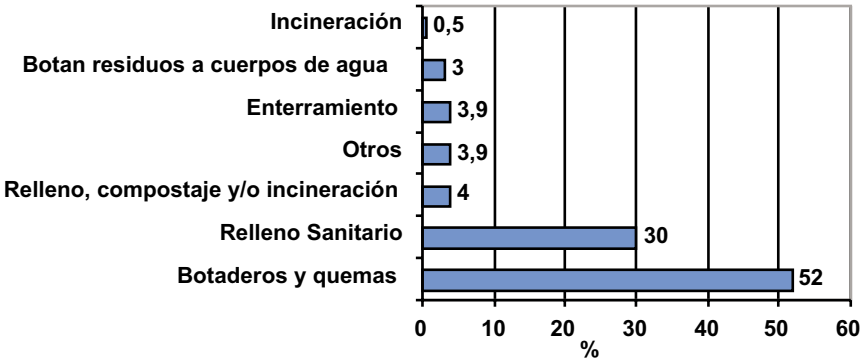
El compostaje es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Según el tiempo de descomposición, se da el grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, considerada ésta como la descomposición total de

las moléculas orgánicas en dióxido de carbono, residuos inorgánicos inertes o minerales que se incorporan a la estructura del suelo, de los microorganismos y de las plantas.[10-14]

La problemática de los residuos sólidos municipales

Desde los años 70 se comenzaron a evidenciar los impactos adversos sobre la salud y el medio ambiente que producen los residuos sólidos municipales, si no se realiza un control adecuado. Los problemas planteados por la generación, separación en la fuente, transporte, almacenamiento, tratamiento, eliminación e inadecuada disposición final principalmente debido a la falta de responsabilidad por parte de las instituciones generadoras de residuos, de las autoridades municipales y sus operadores de aseo en los procesos de disposición final y de los ciudadanos que no separan los residuos en la fuente, perdiéndose la oportunidad de darles un valor agregado como reutilización, reciclaje, compostaje, entre otros. El relleno sanitario y la incineración de los residuos sólidos peligrosos se han implementado como solución a esta problemática en la mayoría de los países.[1, 3, 15-17]

En Colombia la problemática de los residuos sólidos es grande porque la disposición final se realiza con poco control en la mayoría de los municipios, ocasionando contaminación ambiental. La producción per cápita (kilogramo/habitante/día) aproximadamente es de 0.5 Kg./hab./día, variando de 1 Kg./hab./día en las grandes ciudades hasta 0.2 Kg./hab./día en las poblaciones rurales. En su mayoría, son las empresas de aseo municipales las responsables de recolectar los residuos sólidos resultantes de las actividades domésticas, comerciales e industriales.[15,16,18] La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios[19] presentó un estudio en el 2002 sobre la disposición final de los residuos sólidos en los 1086 municipios, siendo las formas más frecuentes: la disposición en botaderos y quemas a cielo abierto (52%), el relleno sanitario (30 %), y el uso de varias alternativas como relleno, compostaje, y/o incineración (Veáse la Gráfica 1).



Gráfica 1. Disposición final de residuos sólidos en 1086 municipios colombianos. 2002[19].

El manejo integral de los residuos sólidos (MIRS)

El MIRS es un conjunto de actividades educativas, técnicas, operativas y administrativas relacionadas con la generación, separación en la fuente, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.[3, 15, 18, 20, 21] Este manejo se logra en las comunidades, con la implementación de la educación ambiental como proceso que le permite a la persona y a la comunidad comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, para que a partir de la apropiación de la realidad se generen actitudes de valoración y respeto por el ambiente que lleven al mejoramiento de la calidad de vida basadas en la relación sostenible entre individuo, sociedad y naturaleza.[38, 39]

Son muchas las clasificaciones que se han hecho de los residuos sólidos.[1,4,8,15,17,20,21] En la Tabla 1 pueden observarse las más utilizadas:

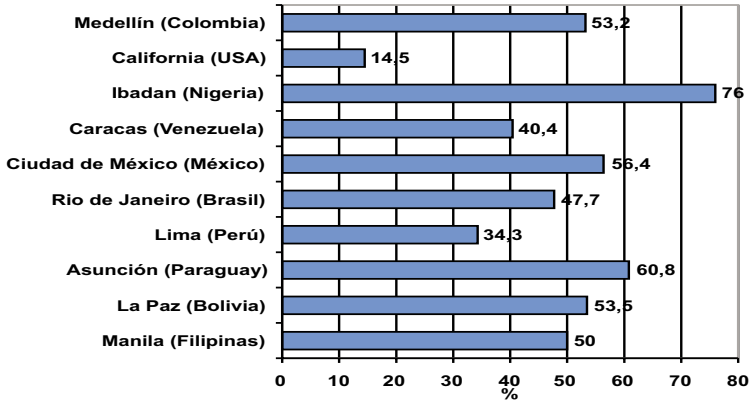
Tabla 1. Tipos de clasificación de los residuos sólidos

Tipo de clasificación	Tipo de residuos
Según su origen	Doméstico, comercial, institucional, construcción y demolición, servicios municipales, zonas de plantas de tratamiento, industriales y agrícolas.
Según su grado de descomposición	**Biodegradables:** Los microorganismos descomponedores de la naturaleza los transforman en micro nutrientes, como los residuos orgánicos, el papel y el cartón. Están formados por recursos naturales renovables.
	No biodegradables Los microorganismos descomponedores de la naturaleza no los pueden transformar en micro nutrientes porque están formados de recursos naturales no renovables que se formaron hace millones de años como los plásticos (derivados del petróleo), latas y chatarras (derivados de metales) y vidrio.
Según su uso y disposición final	**Residuos reciclables:** Se pueden volver a transformar en materia prima para nuevos productos como el papel, cartón, vidrio, plástico y objetos metálicos.
	Residuos orgánicos: Pueden ser transformados en abono orgánico por el proceso de compostaje o lombricultura como los residuos de alimentos, estiércol de animales, residuos de jardinería.
	Desechos: No puedenvolver a usarse, debido a que ya no tienen vida útil por su deterioro o contaminación y deben ir a un sitio de vertido o relleno sanitario como son el icopor, los pañales, papel higiénico, toallas sanitarias, empaques sucios de alimentos, barridos de calles, empaques de alimentos contaminados, entre otros.

Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos tiene varias alternativas como la alimentación animal, el compostaje y el lombricultivo, entre otros. En la Gráfica 2 se puede observar la proporción de residuos sólidos orgánicos urbanos generados en el mundo,[1,15,22] siendo las ciudades de Ibadan, Asunción y Ciudad de México las que tienen las mayores cifras con 76%, 60.8% y 56.4%, respectivamente.

La Subdirección Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá[15] presentó en el año 2003 el Plan Maestro de los Residuos Sólidos para el Valle de Aburrá, en el que recopila la información sobre la caracterización del material orgánico con un valor del 53,21% correspondiente a 296.540 toneladas de las 557.301 toneladas totales producidas en el año 2000, depositadas en el Relleno Sanitario La Curva de Rodas, de los cuales los residuos orgánicos del sector residencial constituyen la fracción más representativa, según el estudio realizado por las Empresas Varias de Medellín S.A. E.S.P. entre los años 1998 y 2000 con el proyecto: "Estudio, diseño y optimización del sistema de producción, caracterización, recolección y transporte de los desechos sólidos para el Municipio de Medellín y sus cinco corregimientos", el cual se denominó SIAM5.



Gráfica 2. Generación de los residuos sólidos orgánicos en el mundo [1, 3]

El compostaje

El compostaje es la transformación de estiércol animal, residuos de alimentos, frutas y jardín por acción de los microorganismos descomponedores en abono orgánico. Los residuos orgánicos se deben recolectar por separado en el sitio de origen o en la fuente. Son muchos los beneficios del compostaje: Es un acondicionador y recuperador de suelos por su alto contenido orgánico, sirve como fuente de nutrición natural para las plantas, mantiene la humedad del suelo, permite el desarrollo de los microorganismos benéficos, que a su vez ayudan a prevenir las plagas y enfermedades de las raíces, mejora las propiedades físicas del suelo como textura, estructura y porosidad, es más económico, se puede producir fácilmente y aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.[2,10,11,23]

El aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos en la agricultura como enmienda del suelo y su valor agrícola procede del contenido en materia orgánica y elementos fertilizantes.[10,13, 15 23 - 27]

Son múltiples los efectos del compost sobre el suelo. Los más importantes pueden ser observados en la Tabla 2.

Tabla 2. Efectos del compost sobre el suelo

Propiedades	Acción
Físicas	Mejora la estructura y estabilidad del suelo, incrementa la porosidad, la permeabilidad del aire y la retención del agua.
Químicas	Incremento de la capacidad tampón, aumento del intercambio catiónico y del contenido de materia orgánica, incremento de los niveles de macro y micronutrientes esenciales.
Biológicas	Favorece la coexistencia de diferentes especies de microorganismos, incrementa la microflora y la mesofauna como protozoos, rotíferos, nemátodos y artrópodos, estimula la actividad microbiana y reduce la producción de patógenos.

El compostaje de los residuos orgánicos se produce fácilmente con la presencia de los microorganismos apropiados, aireación adecuada, temperatura óptima, nutrientes necesarios, pH y humedad. Los agricultores han utilizado este método para aprovechar los residuos vegetales desde comienzos del siglo XIX, como desarrollo a nivel industrial para solucionar los problemas de disposición final de origen orgánico. En 1922, su utilidad como proceso de degradación se complementó al ser vista como alternativa de biorremediación. En 1951 se iniciaron estudios sobre el tratamiento aerobio de los desechos sólidos, que permitieron la dilucidación de las leyes que rigen el proceso y la determinación de la temperatura, el pH, la humedad y aireación como variables macroscópicas determinantes de la eficiencia. En la tercera y cuarta década del siglo XX una buena cantidad de plantas de compostación fueron desarrolladas en Europa y América del Norte. El desconocimiento de los procesos bioquímicos involucrados acarrearon serios problemas y muchas debieron ser cerradas.[13, 24, 27, 28, 40]

Los microorganismos descomponedores de la materia orgánica (bacterias, actinomicetos, hongos) se pueden clasificar de acuerdo a la manera de alimentarse (autótrofos, como fotosintetizadores o quimiosintetizadores y heterótrofos), a la temperatura óptima de crecimiento (psicrófilos –entre 0 y 20 °C-, mesófilos – entre 20 y 45 °C-, y termófilos entre 45 y 80 °C.), al pH (acidófilos, neutrófilos y basófilos), al contacto con el óxigeno (anaerobios -ausencia total de 0_2-, facultativos – crecen en ausencia o presencia de 0_2 y aerobios –crecen en presencia de 0_2). La anterior clasificación permite que exista una gran variedad de microorganismos, en especial en condiciones tropicales y en Colombia y con la diversidad de climas y suelos que posee, por lo que la relación interespecífica de las comunidades microbianas naturales, pueden verse alteradas por las condiciones bioclimáticas externas e internas del compostaje, lo que alterará significativamente las capacidades metabólicas para el proceso de descomposición de la materia orgánica.[23,29,31]

Las limitaciones y riesgos del uso agrícola de los residuos sólidos orgánicos urbanos [11,22,26,33-35] transformados en compost están principalmente relacionados con:

- Presencia de materiales inertes como trozos de vidrio, plásticos, metales, objetos punzantes y en general materiales no biodegradables. Su reducción se puede dar por la separación en la fuente, la recogida selectiva por parte de los operadores de aseo y cribado.

- La emisión de malos olores se presenta cuando hay ausencia de oxígeno (anaerobiosis) e inmadurez del compost (poco tiempo de descomposición). Este problema se soluciona al realizar volteos necesarios a las pilas para una correcta aireación y evaluar los parámetros físico–químicos y microbiológicos de madurez del compost.

- La salinidad elevada se puede presentar principalmente en los residuos orgánicos domésticos con alto porcentaje de cloruro de sodio. El exceso de salinidad aumenta el daño de la estructura del suelo, produce estrés hídrico y fitotoxicidad, baja germinación de las semillas, poco crecimiento de las plantas. El lavado de las pilas disminuye la salinidad al perderse por lixiviación gran parte de los iones. El conocimiento del contenido de sales permite controlar las cantidades que se pueden aportar al suelo.

- La toxicidad por contaminantes orgánicos depende de los residuos empleados en el proceso de compostación y pueden ser restos de pesticidas, productos farmacéuticos, pintura, tintas, derivados de petróleo, aceites, grasas, ceras, disolventes, productos de la industria de los plásticos, detergentes, entre otros. Estos niveles se pueden reducir por actividad microbiológica adaptada a cada contaminante.

- La toxicidad por metales pesados es el factor a tener más en cuenta como limitante en el uso agrícola por sus efectos negativos a largo plazo sobre los eslabones de la cadena trófica. La cantidad de metales pesados, que son aquellos que poseen una densidad superior a 5g/cm^3, puede variar de acuerdo a las características de los residuos, los cuales están estrechamente relacionados con actividades industriales y con la no separación en la fuente de los residuos orgánicos y metálicos como pilas usadas, recipientes de lata, tintes usados en el marcaje de cartones papeles y plásticos, entre otros. Los metales pesados más comunes son el Cobre, Zinc (necesarios como micronutrientes en las plantas), Cadmio, Plomo, Cromo, Niquel, Mercurio y Cobalto.

- La inmadurez del compost es la responsable de los efectos depresivos que se producen sobre las cosechas como la disminución de la concentración de oxígeno a nivel radicular; la inmovilización del nitrógeno por residuos con elevada relación Carbono/Nitrógeno generando una competencia por este elemento entre los microorganismos y la planta; el aumento de la temperatura del suelo que disminuye el desarrollo vegetal; la acumulación de ácidos orgánicos de bajo peso molecular de otros metabolitos orgánicos que son sustancias fitotóxicas y la presencia de organismos patógenos.

- La presencia de organismos patógenos se presenta en el compost de mala calidad como consecuencia de una excesiva aireación lo que conduce a reducir la temperatura. Las temperaturas altas en el compost permiten realizar un proceso de sanitización o pasteurización eliminando los agentes patógenos. Los microorganismos que indican la presencia de patógenos son las bacterias coliformes.

Los sistemas de compostaje más utilizados [12,36,37] en los países que han implementado procesos de compostaje son: la hilera, la pila estática y los reactores cerrados. Las hileras y las pilas estáticas son sistemas abiertos empleados en la descomposición de grandes cantidades de residuos orgánicos. La aireación de la hilera se realiza por medio de volteos manuales o mecánicos y la aireación de la pila estática se realiza por medio aire inyectado a través de un sistema de tubos perforados localizados en la base de la pila. En el sistema cerrado, la mezcla de compost se sitúa en un reactor cerrado y la mezcla y aireación se dan por medio de volteo y aireación forzada. El tratamiento mediante hileras es el más sencillo y el material se apila homogenizado y triturado sobre una plataforma, en grandes montones. El ancho de la pila debe ser entre 3 y 4 m con una altura aproximada de 1,5 m para permitir que el calor generado por los procesos metabólicos exceda a las pérdidas de calor de la superficie ex-

puestas. La temperatura y la aireación se controlan volteando la pila. Las pilas deben estar localizadas en un espacio cubierto para mantener la temperatura óptima en el interior de la pila, minimizar la erosión del viento y prevenir saturación originada por la lluvia.

Normatividad sobre residuos sólidos

Las normas colombianas relacionadas con el tema de los residuos sólidos orgánicos han sido pocas, aunque se ha reglamentado mucho en disposición final de los residuos sólidos en general. La primera legislación se originó en el Código de Recursos Naturales Renovables (Decreto 2811 de 1974) y luego se implementaron las siguientes normas:

- Decreto 2104 de 1983: Manejo de residuos sólidos.
- Resolución 2309 de 1986: Residuos sólidos especiales.
- Ley 142 de 1994: Ley de servicios públicos.
- Decreto 605 de 1996: Lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final.
- Comité técnico ICONTEC 000019 sobre gestión ambiental de residuos sólidos.
- Decreto 1716 de Agosto 2002 del Ministerio de Desarrollo Económico por el cual se reglamente la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. El artículo 8 se refiere al Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) que deben realizar los municipios y distritos, con un plazo máximo de 2 años a partir de la vigencia del decreto. El PGIRS debe ser diseñado en armonía y coherencia con lo dispuesto en los planes y/o esquemas de Ordenamiento Territorial y en los planes de Desarrollo de nivel municipal o distrital.

En relación con los residuos **sólidos orgánicos** para utilización como abonos o acondicionadores del suelo existen las siguientes normas:

- Norma Técnica Colombiana 1927: Fertilizantes y acondicionadores de suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de materias primas (3° actualización de 2001).
- Resolución ICA 2935 de octubre 23 de 2001: Sobre bioseguridad de organismos modificados genéticamente (OMG) de interés pecuario.
- Resolución 074 de 2002 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. El prefijo BIO únicamente puede ser utilizado en acondicionadores orgánicos registrados para agricultura ecológica, que involucren microorganismos en su composición.
- Acuerdo ICA 2 de febrero 25 de 2002: Modificación del Comité Técnico Nacional (CTN) para introducción, producción, liberación y comercialización de Organismos Modificados genéticamente (OMG) de uso agrícola, creado por el Acuerdo 00013 del 22 de diciembre de 1998.
- Resolución ICA 00150 del 21 de enero de 2003 por el cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia, por el cual se adopta el Reglamento Técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia como un sistema de registro y control adoptado con base en estándares internacionales para contribuir a mejorar las condiciones de su producción, comercialización, utilización y su disposición final, elevando los niveles de calidad, de eficacia y de seguridad para la salud humana y el ambiente.
- Norma técnica colombiana NTC 5167 del 28 de mayo del 2003: Productos para la industria agrícola, materiales orgánicos utilizados como fertilizantes o acondicionadores de suelos, donde se reglamentan los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico – químicos de los análisis de las muestras de materia orgánico, los límites máximos de metales pesados y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

Parámetros físico-químicos y microbiológicos óptimos del compost para ser utilizado como acondicionador del suelo, según la NTC [33,34]

Los parámetros físico-químicos del producto sólido obtenido por mezcla o combinación de abonos orgánicos de origen animal y/o vegetal o provenientes de residuos sólidos urbanos no separados en la fuente que contienen porcentajes mínimos de materia orgánica expresada como carbono orgánico y de los elementos que se indican:

Pérdidas por volatilización % *, contenido de cenizas %*, Contenido de humedad Máximo 15 %*, contenido de Carbono Orgánico Total >5 y <15%, N total+ P_2O_5 + K_2O min. 10%, riqueza mínima de cada elemento 2%, CaO + MgO + elementos menores mínimos. 10%, Densidad Mayor de 1 g/cc, pH reportarlo, residuo Insoluble Máximo 50% del contenido de cenizas = * La suma de estos parámetros debe ser 100.

Los límites máximos de metales pesados medidos en mg/Kg. para productos de mezcla con residuos de plantas de tratamiento de aguas residuales o residuos sólidos urbanos no separados en la fuente, son presentados en la Tabla 3. Siempre se debe indicar la materia prima de que procede el producto.

Tabla 3. Límites máximos permisibles de metales pesados residuos sólidos urbanos separados en la fuente.

Elemento	Límite máximo permisible mg/Kg.
Arsénico	15
Cadmio	0,7
Cromo	70
Mercurio	1
Níquel	25
Plomo	140

Los parámetros a garantizar en base húmeda son: Contenido de carbono:% C, humedad máxima: %, contenido total de nitrógeno: % Nt, el nitrógeno se expresará en forma orgánica y mineral: N org N- NH_4 y N- NO_3 ,contenido de Potasio: % K_2O, contenido de Fósforo: % P_2O_5, contenido de Calcio: % CaO, contenido de Magnesio: % MgO, contenido de elementos menores: %, densidad en g/cc y contenido en elementos pesados.

Si los productos presentan contenidos de metales pesados superiores a los máximos citados anteriormente, pero no exceden los siguientes límites establecidos en mg/Kg: Arsénico (54,0), Cadmio (18,0), Cromo (1200), Mercurio (5,0), Níquel (180,0), y Plomo (300.0) deberá proponerse su uso únicamente para recuperación de zonas erosionadas, zonas de destinación forestal o zonas de recreación: De igual manera, se establecen frecuencias de aplicación restringidas; en ningún caso pueden ser utilizados en cultivos comestibles.

Los límites máximos permitidos para macrocontaminantes presentes en productos sólidos son: Plástico, metal, Caucho > 2 mm, Vidrio>2 mm, Piedras> 5 mm, Vidrio >16 mm detección.

En relación con los análisis microbiológicos, el compost utilizado como fertilizante y acondicionador orgánico de origen no pedogenético, deberán demostrar que no superan los siguientes niveles máximos de microorganismos patógenos: Salmonella sp.: Ausentes en 25 gramos de producto final, Enterobacterias totales: Menos de 100 UFC/g de producto final. Para evaluar si el producto presenta contenidos de microorganismos benéficos, debe declararse el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, mohos y levaduras. También se puede determinar la presencia o ausencia de protozoos y nemátodos.

Conclusión

La evaluación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del proceso de compostaje permitirá comparar el compost elaborado a partir de residuos sólidos municipales con los parámetros de la normatividad colombiana y así tener la certeza de poder aplicarlo como abono, contribuyendo a disminuir la vida útil del relleno sanitario de los municipios en un 50% aproximadamente. Además, los municipios podrán certificar ante el ICA, el abono como acondicionador y recuperador del suelo con las ventajas que presenta como enmienda del suelo. También la utilización de estos residuos como acondicionadores de suelos, evita la mala disposición de los mismos, disminuyendo la contaminación del agua, suelo y aire, ahorrando recursos naturales.

Referencias

1. ACURIO, Guido et al. Diagnóstico de la situación de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana, 1997.

2. CONSEJERÍA DEL MEDIO AMBIENTE. .Proyecto Life medio ambiente. Procesos de compostaje y aplicación de sus productos en paisajismo, reforestación, cultivos forestales y agrícolas. Sevilla: Junta de Andalucía, 2003.

3. CONSELLERÍA DEL MEDIO AMBIENTE DE CATALUÑA. Programa de Gestión de Residuos Municipales 2001 – 2006. Barcelona: Generalitat de Cataluña, Noviembre de 2001.

4. EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN E.S.P. Manual del usuario del servicio integrado de aseo. Medellín: Impresos el Día Ltda., 2000.

5. LAGREGA M Et al. Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos. Mc Graw Hill, 1996.

6. NAGAO N et al. A novel hybrid system of solid state and submerged fermentation with recycle for organic solid waste treatment. Process Biochemistry . 2003. P. 1-7

7. RESTREPO F. Manejo de residuos sólidos en el suroeste antioqueño.[Memorias en CD – ROM]. En: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín y Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura. Medellín: Universidad Nacional, 2003.

8. SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE y UNICEF. Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales. Memorias en CD-Rom. Bogotá: SENA, 2001

9. SOUMARÉ M. et al. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilizacion on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. En: Bioresourse Technology. No.86 (2003); p.15-20.

10. ABAD, Manuel. Aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos en agricultura. En: Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Residuos orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 53 – 63.

11. CEGARRA J. Compostaje y lombricompostaje. Características de los compost. En: Residuos orgánicos. Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 39 – 50.

12. EWEIS J et al. Principios de Biorrecuperación. Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico – químicos. España: Edigrafos; 1999.

13. JARAMILLO M. Dinámica y producción de compost. En: Facultad de Ciencias Agrarias. Primer simposio sobre Biofábricas. Biología y aplicaciones sobre la célula cultivada [Memorias en CD ROM]. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

14. DELGADO S, HERNÁNDEZ M. Uso de los desechos domiciliarios para la obtención de abono orgánico. En: Revista Educación Costa Rica. Vol. 24 n.1 (2000). p.113 – 120.

15. ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ. Subdirección Ambiental. Plan

Maestro Para la Gestión Integral de los Residuos en el Valle de Aburrá (PMGIRS). Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2003.

16. EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN, E.S.P. Informe de gestión campaña "Juéguele al reciclaje". (abril 24 de 2003) Medellín: Auditorio de la ANDI en Medellín.

17. NORIEGA M. Gestión de los residuos industriales agroalimentarios. En: Alimentación: Equipos y Tecnología. Barcelona: Alción S.A, 2000. p.141 – 146.

18. PROMOTORA DE DESARROLLO CODESARROLLO. Manual técnico pedagógico de reciclaje. Hacia una gestión integral de los residuos sólidos. Medellín: Impresos Carie Ltda, 1997.

19. SUPERINTENDENCIA DE SERVICIO PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Estadísticas 2002 [On line]. Bogotá: Superservicios. [Acceso: 5 de mayo de 2004] URL disponible en: www.superservicios.gov.co.

20. PUERTA ECHEVERRI, Silvia María. Proyecto Educativo para el manejo de los desechos sólidos. [Cartilla]. Medellín: Colegio la Presentación, 1992.

21. REINOSO E. Qué hacer con los residuos sólidos?. En: ICONTEC. Responsabilidad social de las empresas. Bogotá, 1994, Normas & Calidad. No. 45. p. 14 – 15.

22. ABAD M. Limitaciones y riesgos del uso agrícola de los residuos orgánicos. En: Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Residuos orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p 9-19.

23. ABAD, Manuel. Influencia de las aplicaciones de compost de residuos sólidos urbanos sobre las propiedades físico-químicas de los suelos cultivados. En: Sociedad Colombiana de la Ciencias del Suelo. Residuos orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p 67 – 75.

24. HENAO C. Compostaje solarizado de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Cali. En: Curso de abonos y sustratos orgánicos. Palmira. 1996.

25. KÖRNER I. et al. Investigation and optimization of composting processes test systems and practical examples. En: Waste Management. No. 23 (2003); p.17-26.

26. TAMAYO A. Aplicación de materiales orgánicos en algunos cultivos del oriente antioqueño. [Memorias en CD – ROM]. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Marzo 27 y 28 del 2003.

27. UNIVERSIDAD JAVERIANA, FACULTAD DE CIENCIAS. El manejo de residuos para nutrición de suelos. Compostaje mejorado para producción de flores. En: Agricultura de las Américas. Bogotá: Medios y Medios, 2001. No. 301. p. 26 – 28.

28. PELAEZ C. et al. Evidencias estructurales de la estabilización de la materia orgánica (maduración en el proceso de compostaje [Memorias en CD – ROM]. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura. Medellín. Universidad Nacional de Colombia 2003.

29. BLANDÓN G et al. Caracterización microbiológica y físico-química de los subproductos del beneficio del café en proceso de compostaje. En: Cenicafé. Revista del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchiná, Caldas, Colombia. Vol. 49 n0.3 (Julio/Septiembre 1998).

30. COOPERATIVA DE INGENIEROS AGRÍCOLAS DE ANTIOQUIA, COOPIAGRAN. Agricultura Biológica. Medellín: Secretaría de Desarrollo Comunitario, 1999.

31. MONTOYA O. Aislamiento, purificación, caracterización y conservación de microorganismos de interés industrial [Memorias en CD ROM]. En: Facultad de Ciencias Agrarias. Primer simposio sobre Biofábricas. Biología y aplicaciones sobre la célula cultivada. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2002.

32. BARRETO REYES, Jairo Ricardo. Proyecto de Norma Técnica Colombiana Materiales Or-

gánicos utilizados como fertilizantes o acondicionadores de suelo. [Memorias en CD – ROM]. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Marzo 27 y 28 del 2003.

33. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5167: productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Bogotá: ICONTEC, 28 de mayo del 2003.

34. INSTITUTO TÉCNICO AGROPECUARIO. Resolución 00150: Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia. Santa Fe de Bogotá: ICA, Enero 21 de 2003.

35. PELAEZ, Carlos et al. Correlación de variables físico – químicas en el proceso de compostaje y su impacto en programas de fertilización. [Memorias en CD – ROM]. En: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Materiales Orgánicos en la Agricultura. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Marzo 27 y 28 del 2003.

36. GRAU J et al. Sistemas de compostaje en pilas volteadas. Estudio de la planta de compostaje de Jorba, Barcelona. Tratamientos de residuos. En: Ingeniería Química. Barcelona: Alción S. A. No. 374 (Diciembre 2002); p. 121 – 126.

37. INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS. Y MINISTERIO DE SALUD. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá: INVIMA, 1998.

38. MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL Y MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de Educación Ambiental SINA. Bogotá, D.C. Julio de 2002.

39. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Política Nacional de Investigación Ambiental. Bogotá D.C. Diciembre de 2001.

40. GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES – GIEM. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Antioquia. Producción de Compost en la Industria Avícola. Cuadernos Avícolas N° 11. FONAVI, 2000.