

EVALUACIÓN DEL COMPOSTAJE DE SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL SACRIFICIO Y FAENADO DEL GANADO

RESUMEN

Como uno de los resultados propuestos dentro del proyecto de investigación “Propuesta Para la Producción Más Limpia en los Centros de Beneficio de Ganado en Risaralda”, auspiciado por COLCIENCIAS y la Universidad Tecnológica de Pereira, se implementó y evaluó a nivel piloto, el compostaje de subproductos derivados de las actividades productivas del Centro de Beneficio Animal “Guayabito” de Santa Rosa de Cabal, lo que permitió obtener como resultado, la generación de un fertilizante compuesto rico en N y P, de acuerdo a las características físico-químicas y bacteriológicas del compost obtenido.

PALABRAS CLAVES: Centros de Beneficio de Ganado, Compostaje.

ABSTRACT

As a result of the investigation project “Proposal for the Cleaner Production for the slaughterhouses of Risaralda”, supported by COLCIENCIAS and the Universidad Tecnológica de Pereira, a pilot composting process of the by-products generated in the slaughterhouse “Guayabito” of Santa Rosa de Cabal, was effectuated and evaluated, obtaining a compound fertilizer rich in N and P, according with the physical, chemical and bacteriological characteristics of the compost obtained.

KEYWORDS: Slaughterhouses, Composting process.

1. INTRODUCCIÓN

Los impactos ambientales que ocasionan los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda, están asociados principalmente al inadecuado manejo y disposición de los subproductos (estiércol, sangre, contenido ruminal y decomisos), los cuales son (con pocas excepciones) enterrados o dirigidos a los sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), ocasionando el colmatado de los mismos y una alta carga contaminante en las aguas residuales generadas durante las labores productivas, las cuales son vertidas a fuentes hídricas cercanas a estos centros. Razones como éstas, han ocasionado el cierre de varios de los centros de beneficio animal presentes en el departamento de Risaralda, por parte de las autoridades ambientales y organismos de control y vigilancia [9].

Por este motivo, es necesario desarrollar programas y proyectos que apunten a identificar sistemas de gestión ambiental que permitan a este tipo de empresas, obtener soluciones socioeconómicamente viables a su situación ambiental, tales como la implementación de procesos de compostaje de los subproductos generados durante sus actividades productivas. Para ello, es indispensable evaluar la calidad del compost obtenido a partir de dichos subproductos, que es precisamente el objetivo central que se buscó con la implementación a nivel piloto, del compostaje en el Centro de Beneficio Animal

JHONIERS GUERRERO E.

Ingeniero Sanitario, M.Sc, Dr.-ing.
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica de Pereira
jhguerre@utp.edu.co

JAIME A. MONSALVE P.

Administrador del Medio Ambiente
Joven investigador de Colciencias
Universidad Tecnológica de Pereira
monsalve_jaime@yahoo.com

Grupo de investigación en Producción Más Limpia

“Guayabito” de Santa Rosa de Cabal, cuyos resultados son expuestos en el presente artículo.

2. METODOLOGÍA

El sitio donde se llevó a cabo el estudio de caso e implementación piloto de compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado (estiércol, contenido ruminal, sangre y decomisos), fue la infraestructura (estercolero) donde se realiza el manejo del rumen en el Centro de Beneficio Animal “Guayabito” (figura 1), el cual está emplazado en el municipio de Santa Rosa de Cabal.



Figura 1. Sitio de realización del compostaje.

En la infraestructura mencionada se inició el proceso de compostaje el día lunes 11 de septiembre de 2006.

Para llevar a cabo el montaje a nivel piloto se realizaron dos pilas de compostaje, las cuales fueron elaboradas con la mezcla de los subproductos generados por aproximadamente 15 reses, adicionando además, 180 kilogramos de aserrín (el mismo que es empleado como

tendido en los carros que transportan a los animales hasta la planta de sacrificio, para recibir las excretas sólidas y líquidas de los mismos)¹, buscando obtener unas condiciones ideales de humedad y relación C/N para el arranque del proceso.

En este orden de ideas, las cantidades de los subproductos empleados en el compostaje piloto fueron las siguientes (tabla 1).

SUBPRODUCTO	CANTIDAD (Kg)
Rumen y decomisos	480
Estiércol	30
Sangre	142,5
Aserrín (tendido)	180
TOTAL	832,5

Tabla 1. Parámetros para determinar la calidad del compost obtenido.

El objetivo central de la realización de las dos pilas de compostaje era evaluar los requerimientos de mano de obra, como una actividad fundamental para la estandarización del proceso. Por este motivo, y con el fin de suministrar oxígeno a los microorganismos encargados del proceso de degradación, se efectuaron dos volteos semanales a la pila 1, mientras que a la pila 2 sólo se le practicó un volteo semanal, y se la dotó con un orificio central, el cual fue practicado con una guadua. En este orden de ideas, la realización de las labores del tratamiento ofrecido a la pila de compostaje 1 requirió una mayor cantidad de mano de obra que la efectuada para la pila 2. Sin embargo, sólo durante el control del proceso y con los resultados de los análisis finales (patógenos, macro y micronutrientes) se pudo determinar cuál de los dos tratamientos permitió obtener un producto de mejor calidad.

Los parámetros de control aplicados a ambas pilas de compostaje fueron la Temperatura, el pH y la Humedad, los cuales fueron medidos con una frecuencia diaria para el caso de la Temperatura y semanal para el pH y la Humedad, durante doce semanas de proceso.

La Temperatura fue medida de manera puntual, por medio del empleo de un multivoltímetro con termocupla, abriendo un orificio a cada pila para tomar el dato en la zona media de la misma (área donde se da la mayor actividad de degradación de los residuos). Además, se tuvo en cuenta el registro de la temperatura ambiente. Estas temperaturas fueron tomadas siempre a una hora comprendida entre las 8:00 am y 9:00 am.

Por su parte, la medición de la humedad y del pH se efectuó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad

Tecnológica de Pereira, para lo cual se tomaron muestras representativas de cada pila todos los lunes durante doce semanas del proceso de compostaje.

Una vez culminado el proceso de compostaje se tomó una muestra a cada pila, con el fin de determinar el contenido de patógenos, macro y micronutrientes, análisis que ofrecieron una idea de la calidad del compost obtenido. Estas pruebas incluían los siguientes parámetros (tabla 2).

PARÁMETRO	UNIDAD	METODOLOGÍA
Humedad	%	Gravimétrico (24 horas a 105°C)
pH	Unidad	Potenciométrico
M.O.	%	Walkley-Black Fotométrico
C org	%	Matemático
N org	%	Matemático
C/N	Unidad	Matemático
N total	%	Semimicro-Kjeldhal
P	%	Fotométrico
K	%	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Ca	%	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Mg	%	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Fe	ppm	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Mn	Ppm	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Zn	Ppm	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Cu	ppm	Espectrofotometría de Absorción Atómica
Cenizas	%	5 horas a 475°C
Coliformes Fecales	bacterias/gr	Número más probable
Salmonella sp.	Ausencia/25 gr	Enriquecimiento selectivo

Tabla 2. Parámetros para determinar la calidad del compost obtenido.

Las pruebas para determinar los parámetros anteriores fueron realizadas en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira, a excepción de Salmonella y Coliformes Fecales, las cuales se llevaron a cabo en el Laboratorio de Alimentos de esta misma institución de educación superior.

3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las prácticas de manejo para la realización del compostaje, deben crear condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de los microorganismos que intervienen en él. Los condicionantes que favorecen el crecimiento de los microorganismos son: Relación Carbono / Nitrógeno, Humedad, Temperatura, Oxígeno,

1. Este aserrín además de constituir uno de los residuos que se generan en los centros de beneficio animal, puede ser empleado en las pilas de compostaje como fuente de carbono y regulador de humedad, ya que los demás materiales son ricos en nitrógeno pero pobres en carbono y presentan una alta humedad.

pH, Tamaño de la partícula, Tamaño del montón y Tiempo, cuyos valores ideales se resumen en la tabla 3.

PARÁMETRO	RANGO ACEPTABLE	CONDICIÓN ÓPTIMA	FUENTE
Relación C/N	20/1 – 40/1	25/1 – 30/1	[17] y [21]
Humedad	40 – 65%	50 – 60%	[17], [19] y [21]
Temperatura	55 – 75° C	65 – 70° C	[3] y [21]
Volteo	Cada semana	Depende de T° y humedad	[1], [4] [18] y [19]
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0	[17] y [21]
Tamaño de la partícula	0.3 – 5 cm	0.5 - 1 cm	[3] y [21]
Tamaño del montón	0.8 -1.2 m	≈ 0.8 m	[1], [2] y [18]
Tiempo	2 – 3 meses	1 – 2 meses	[1], [17] y [21]

Tabla 3. Condiciones ideales para el desarrollo del proceso de compostaje.

Fuente: [8]

Los parámetros anteriormente descritos, ofrecen una idea de la necesidad de realizar una estandarización de los procesos de compostaje, entendiéndose ésta como la identificación de las actividades que se deben llevar cabo para obtener un producto (compost) de buena calidad, lo que implica la elaboración de análisis químicos, físicos y bacteriológicos de los residuos a ser tratados, además de la realización del cálculo de la Relación C/N y la Humedad iniciales de la mezcla de residuos a tratar, cuyas fórmulas fueron mostradas en el artículo titulado “El Compostaje Como una Estrategia de Producción Más Limpia en los Centros de Beneficio Animal de Risaralda” publicado en la revista SCIENTIA ET TECHNICA Año XII, No 32 de diciembre de 2006.

Al realizar los cálculos mencionados, la relación C/N y la humedad teóricos resultantes de la mezcla de subproductos a compostar fue de 24,72 y 56,96% respectivamente, valores que están dentro del rango aceptable para la realización del compostaje (entre 20/1 y 40/1 para la relación C/N, y entre 40% y 65% para la humedad como se mostró en la tabla 3). En este sentido, se puede afirmar que el total de subproductos generados durante las actividades de sacrificio y faenado del ganado pueden ser mezclados y empleados para la realización del proceso de compostaje.

3.1 Características Físicas de los Compost Obtenidos

Los resultados de las características físicas de los productos obtenidos mediante el proceso de compostaje de subproductos se presentan en la siguiente tabla.

PARÁMETRO	COMPOST	
	Pila 1	Pila 2
Olor	Inofensivo, similar al olor a tierra	Inofensivo, similar al olor a tierra
Color	Café oscuro	Café oscuro
Consistencia	Suelto	Suelto

Tabla 4. Características físicas de los compost obtenidos.

De la tabla 4 se puede concluir que el producto obtenido mediante el compostaje de subproductos en ambas pilas, presenta buenas características físicas, teniendo en cuenta que según [21], un compost de buena calidad debe presentar un color café oscuro, un olor agradable parecido a tierra y desmenuzarse fácilmente. Lo anterior, sugiere que este producto es un material estabilizado dado que su color, olor y consistencia son apropiados.

Sin embargo, estas características son insuficientes para determinar a ciencia cierta cuál es la calidad del compost obtenido. Es así como, los siguientes análisis entran a complementar de manera más precisa la discusión que se está desarrollando.

3.2 Análisis Químicos y Bacteriológicos

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de los análisis químicos y bacteriológicos efectuados a las muestras de compost y los valores ideales para cada uno de los parámetros evaluados.

PARÁMETRO	RANGO O VALOR IDEAL	FUENTE	RESULTADO OBTENIDO POR PILA DE COMPOSTAJE	
			Pila 1	Pila 2
pH	4 - 9	[15]	7,5	8
Humedad	< 20%	[15]	55,19	63,19
Cenizas	< 60%	[15]	21,11	18,18
N Total	≥ 1%	[15]	2	1,49
P	≥ 1%	[15]	25,3	23,56
K	≥ 1%	[15]	0,7	0,6
C	≥ 15%	[15]	14,5	14,2
M.O.	25 %	[20]	24,94	24,41
Relación C/N	15 - 18	[20]	18,13	17,75
Zn	<7000 mg/Kg	[15]	44	54
Cu	<4300 mg/Kg	[15]	12	11
Mg	0.57 %	[4]	0,1	0,1
Fe	7563 ppm	[4]	1373	1980
Mn	414 ppm	[4]	568	591
Ca	0.6 – 13.5 %	[5]	0,6	0,8
Coliformes Fecales	<1000 NMP/gr	[6]	43	43
Salmonella	<3 NMP/4 gr	[6]	0	0

Tabla 5. Resultados y valores ideales de los análisis químicos efectuados a los compost obtenidos.

De la tabla 5 se puede realizar las siguientes observaciones.

El pH obtenido con ambos tratamientos (pilas de compostaje 1 y 2) cumple con los valores estipulados por la normatividad sobre abonos orgánicos. Cabe resaltar que, según [5] el pH posee gran importancia en la medida que este parámetro puede afectar la producción de los cultivos cuando es aplicado al suelo, ya que altera el pH del suelo e influencia la absorción de metales pesados

tanto por el suelo como por las plantas. En este sentido se puede afirmar, que con el compost obtenido no se generará ninguno de los inconvenientes mencionados.

Por otra parte, ninguno de los dos tratamientos permitió obtener un compost con una adecuada humedad. Esto posiblemente se debió a varias razones, entre éstas, la alta humedad inicial de la mezcla a compostar, la insuficiente aireación de las pilas (en estos casos es aconsejable realizar los volteos de las pilas de compostaje con una mayor frecuencia), la alta humedad relativa que se da en la zona de estudio y al techo del sitio donde se llevó a cabo el proceso investigativo, ya que éste por ser de zinc no permite una adecuada radiación solar sobre las pilas, lo que dificulta la disminución de humedad y se desaprovecha dicha radiación como fuente activadora de los microorganismos responsables de la biooxidación de los materiales.

En lo concerniente al contenido de cenizas, ambos tratamientos permiten obtener un compost que cumple con el límite máximo para un abono orgánico.

Por su parte, los contenidos de N, P y K son aceptables para los dos tratamientos. Cabe aclarar que estos nutrientes poseen una importancia significativa toda vez que representan el grupo de los macronutrientes, es decir, aquellos que son esenciales para el desarrollo de las plantas, motivo por el cual, son los componentes primordiales de la gran mayoría de los fertilizantes.

Aunque los contenidos de K para ambos tratamientos son inferiores al valor mínimo recomendado para abonos orgánicos, este parámetro está estipulado en [15], en donde se menciona que valores inferiores al 1% de contenido de K no se reportan en el empaque. Pese a este hecho, no existe causal de abolición de los compost obtenidos como fertilizantes, toda vez que en [16] se define como fertilizante, todo “producto que aplicado al suelo o a las plantas, suministra a éstas uno o más nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo”, y además, en la misma NTC se define como fertilizante compuesto, “los fertilizantes con un contenido garantizado de al menos dos de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio”. En este orden de ideas, se puede afirmar que los compost resultantes de los tratamientos aplicados, se clasifican como fertilizantes compuestos, ricos en N y P.

Por otro lado, el compost obtenido con ambos tratamientos presenta un contenido de materia orgánica (M.O.) recomendado para los abonos orgánicos, resultados que reflejan la presencia de “un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono” [14] que pueden ser aportados a los suelos, generando un impacto positivo.

Los compost obtenidos presentan una Relación C/N cercana al valor máximo, lo que da pie para pensar que éstos son maduros, ya que, como lo afirma [13], un

compost cuya relación C/N esté comprendida entre 15 y 18 se puede considerar maduro².

Diversos autores como [22] y [12], entre otros, afirman que los metales pesados Zn y Cu representan uno de los mayores limitantes para la utilización de los fertilizantes naturales en la agricultura. Para el caso de este estudio, los compost obtenidos poseen una concentración baja de metales como se observa en la tabla 4, lo que representa un indicador positivo de la calidad de los materiales obtenidos.

El análisis de coliformes fecales indica la efectividad del proceso de compostaje, toda vez que como lo argumenta [24] uno de los propósitos de los tratamientos de desechos es reducir los patógenos capaces de causar enfermedad humana, y por esto es recomendable realizar análisis de organismos indicadores de contaminación bacteriológica como los coliformes fecales. Cabe resaltar que el grupo coliforme fecal no es el único indicador de contaminación por patógenos. Es así como [6] dentro de los criterios que establece para la descripción de patógenos, incluye además de los coliformes fecales otros indicadores como salmonella, virus y huevos de helmintos. Sin embargo, para efectos de este proyecto de investigación sólo se determinaron dentro de los patógenos los grupos Coliformes Fecales y Salmonella, basándose en la importancia de estos grupos como indicadores de contaminación por patógenos y debido a la insuficiencia de recursos económicos.

En la tabla 5 se puede apreciar que aunque los compost obtenidos tienen presencia de Coliformes Fecales, su concentración es inferior al máximo permitido para abonos orgánicos, lo cual es un indicador de la efectividad del tratamiento ofrecido (compostaje) a los subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado, toda vez que dos de los residuos tratados, el estiércol y el contenido ruminal, dada su naturaleza y procedencia intestinal, tienen una concentración elevada de este tipo de contaminación bacteriológica, la cual probablemente fue reducida mediante el proceso de compostaje.

3.3 REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS MEZCLADOS

En la tabla 6 se presentan las cantidades iniciales y reducciones de los residuos mezclados para la realización de las dos pilas de compostaje piloto de subproductos provenientes del sacrificio y faenado del ganado.

2. Sin embargo, el autor también advierte que aún no se ha desarrollado un método totalmente satisfactorio para definir el punto en que la materia orgánica se convierte en compost.

PILA DE COMPOSTAJE	CANTIDAD INICIAL	CANTIDAD FINAL	REDUCCIÓN DE RESIDUOS
1	378,5 Kg	300 Kg	20,74 %
2	438,6 Kg	370 Kg	15,64 %

Tabla 6. Cantidad y reducción de los residuos compostados.

De la tabla 6 se puede concluir que la pila de compostaje 1 presentó la mayor reducción de los residuos mezclados, debido a que ésta fue la pila que recibió un mayor número de volteos durante el proceso de compostaje, lo que también permitió obtener un compost con una menor humedad como se observa en la tabla 5.

3.4 DETERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO MÁS ADECUADO

Con base en el análisis de todos los parámetros de calidad evaluados a los compost obtenidos con las dos pilas de compostaje realizadas para efectos de este proyecto de investigación, se puede asegurar que la pila 1 permitió obtener un compost con una mejor calidad que el obtenido con la pila 2, dado que al comparar ambos compost, el obtenido con la pila 1 presenta un pH más neutro, una menor humedad, una mayor concentración de los macronutrientes N, P y K, y un mayor contenido de materia orgánica.

Sin embargo, de acuerdo a la normatividad existente sobre abonos orgánicos, con ninguna de las dos pilas se alcanzó la humedad ideal del 20%, lo que permite indagar acerca de la necesidad de realizar los volteos a las pilas de compostaje con una mayor frecuencia, y la de mejorar el sitio en donde se realizó la investigación, cambiando el techo de zinc que actualmente cubre a los estercoleros, por un material transparente que permita el ingreso de radiación solar sobre las pilas, como por ejemplo techo de teja transparente o plástico de invernadero calibre 7.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Algunos de los centros de beneficio animal de Risaralda han sido cerrados, y otros están en riesgo de cierre por parte de las autoridades ambientales y organismos de control y vigilancia, debido a que éstos llevan a cabo actividades que impactan negativamente al ambiente, lo que está especialmente relacionado con el inadecuado manejo y disposición de los subproductos generados durante el proceso de sacrificio y faenado del ganado (estiércol, contenido ruminal, sangre y decomisos), que ocasionan a su vez, una alta carga contaminante en las aguas residuales generadas durante las labores productivas.

El proceso de compostaje ofrece una solución técnicamente pertinente a los impactos ambientales

ocasionados por el inadecuado manejo y disposición de los subproductos generados en los centros de beneficio animal, ya que éste, permite el tratamiento conjunto de dichos subproductos, y al mismo tiempo obtener un producto denominado "compost", que puede ser aprovechado como fertilizante compuesto rico en N y P, de acuerdo a las características físico-químicas y bacteriológicas que se obtuvieron durante la fase experimental en el centro de beneficio animal "Guayabito" de Santa Rosa de Cabal.

Con la realización del proceso investigativo e implementación del proceso de compostaje, se logró llevar a cabo a nivel piloto una estandarización del mismo, generando de este modo, un marco de referencia para todos los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. COGGER, Craig; SULLIVAN, Dan and KROPF, James. *Cómo hacer y usar el compost*. Oregon State University: Extensión Service, 2001.
- [2]. DICKERSON, George. *Backyard Composting (Guide H-110)* [online]. Las Cruces: New Mexico State University. College of Agriculture and Home Economics, 2000. Revised August 2003. This publication is scheduled to be updated and reissued 4/05. [Cited: 10 may 2003]. Available from the World Wide Web: <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/H-110.pdf>.
- [3]. Description and use of municipal solid waste composts in New Mexico [online]. New Mexico State University: College of Agriculture and Home Economics, 1999a. [Cited: 20 October 2002]. Available from the World Wide Web: <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_circulars/circ562.pdf>.
- [4]. *Vermicomposting* [online]. New Mexico State University: College of Agriculture and Home Economics, 1999b. Reprinted March 1999. This publication is scheduled to be updated and reissued 3/04. [Cited: 20 October 2002]. Available from the World Wide Web: <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-164.pdf>.
- [5]. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). Chapter 4: Characteristics of sewage sludge. *En: Land application of sewage sludge and domestic septage*. Washington: EPA. Office of research and Development, 1995.
- [6]. Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge. *En: Part 503 Rule*. Washington: EPA, 1993.

- [7]. GARCÍA ROSERO, Álvaro Jaime. Evaluación de una tecnología de reutilización de lodos mediante el proceso de compostaje. Tesis (Magíster en Ingeniería Sanitaria y Ambiental). Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Cali, 2000.
- [8]. GRAJALES MESA, Sandra Johana y MONSALVE PESCADOR, Jaime Andrés. Programa de Manejo Integral de los Lodos Generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad Tecnológica de Pereira. Tesis (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira. 2005.
- [9]. GUERREO ERAZO, Jhoniers y MONSALVE PESCADOR, Jaime Andrés. Propuesta Para la Producción Más Limpia en los Centros de Beneficio de Ganado en Risaralda. COLCIENCIAS y Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. 2007.
- [10]. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO - ICA-. Resolución 150. Bogotá. Enero 21 de 2003.
- [11]. Resolución 991. Bogotá. Junio de 2001.
- [12]. JOHNSON, Carla and VANCE, George. Long term land application of biosolids: soil and plant trace element compositions. University of Wyoming: Cooperative Extension Service. College of Agriculture, 1998.
- [13]. LÓPEZ MACÍAS, Piedad. Compostaje de Residuos orgánicos. Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, 2002.
- [14]. MELÉNDEZ, Gloria. Residuos orgánicos y material orgánica del suelo. En: Memorias Taller de Abonos Orgánicos. Costa Rica: CATIE, GTZ, UCR, CANIAN, 2003.
- [15]. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC) 5167. Materiales Orgánicos Utilizados como Fertilizantes o Acondicionadores de Suelos. Bogotá, 2004.
- [16]. NTC 1927. Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos. Definiciones, Clasificación y Fuentes de Materias Primas. Bogotá. Mayo de 2001.
- [17]. PACE, Michael; MILLER, Bruce and FARELL-POE, Kathryn. The Composting Process [online]. Utah State University: Cooperative Extension Service, 1995. [Cited: 15 september 2002]. Available from the World Wide Web: <<http://extension.usu.edu/files/agpubs/agwm01.pdf>>.
- [18]. RÖBEN, Eva. Manual de compostaje para municipios. Loja, Ecuador: DED, Ilustre Municipalidad de Loja, 2002.
- [19]. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.
- [20]. SORLI, Ana. Uso de fertilizantes orgánicos en la Agricultura. En: XVI Encuentros Estatales de amantes de la basura. Valladolid, España: Coordinadora de organizaciones Agrícolas y Ganaderas (COAG), 2001.
- [21]. SOTO, Gabriela y MELENDEZ, Gloria. Compost: Abono o enmienda? Cómo medir la calidad de un compost? En: Memorias Taller de Abonos Orgánicos. Costa Rica: CATIE, GTZ, CANIAN, 2003.
- [22]. THE NATIONAL ACADEMIES (Estados Unidos). Biosolids applied to land: advancing standards and practices [online]. Washington: Broad on Environmental Studies and [23] Toxicology, 2002. [Cited: 2 November 2002]. Available from the World Wide Web: <http://dels.nas.edu/rpt_briefs/biosolids_final.pdf>.
- [23]. URIBE LORÍO, Lidieth. Inocuidad de Abonos orgánicos. En: Memorias Taller de Abonos Orgánicos. Costa Rica: CATIE, GTZ, UCR, CANIAN, 2003.