

EL COMPOSTAJE COMO UNA ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LOS CENTROS DE BENEFICIO ANIMAL DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA

RESUMEN

Con el fin de generar una propuesta de Producción Más Limpia (PML) acorde con las necesidades y situación socioeconómica de los centros de beneficio animal (mataderos) municipales del departamento de Risaralda, se realizó un diagnóstico ambiental, por medio del cual se logró identificar que la actividad de mayor impacto común a este sector productivo, es el manejo inadecuado de subproductos tales como la sangre, el rumen y el estiércol. Como estrategia de PML que ofrece una solución económicamente viable y técnicamente pertinente para el tratamiento y disposición de estos subproductos, se identificó el proceso de compostaje.

PALABRAS CLAVES: Mataderos, Producción Más Limpia, Compostaje.

ABSTRACT

An environmental diagnostic was effectuated with the intention of generate a cleaner production proposal according with the necessities and the socio-economic situation of the slaughterhouses of Risaralda. This diagnostic allowed to identify the inadequate management of by-products like blood, rumen digesta and manure as the activity that produces the major impact in this productive sector. The composting process was identified as the cleaner production strategy that offers a solution that is economically viable and technically pertinent for the treatment and disposition of the mentioned by-products.

KEYWORDS: Slaughterhouses, Cleaner production, Composting process.

JHONIERS GUERRERO E.

Ingeniero Sanitario, Ms.C, 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

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería desarrollada dentro de patrones modernos de producción y de transformación respetuosos con el medio ambiente, es una fuente importante y multiplicadora decisiva para el desarrollo económico, social y ambiental de las regiones. No obstante, en las funciones de sacrificio y faenado, transporte, procesamiento y distribución persisten serias deficiencias tecnológicas que afectan la calidad del producto y las condiciones medio ambientales de las comunidades rurales y urbanas del país [8].

En el orden departamental, la situación ambiental del sector de los centros de beneficio animal es poco favorable, como se evidencia en algunos estudios realizados por [6], [9], [11], y por los resultados obtenidos en el "Diagnóstico de la Situación Actual de los Centros de Beneficio de Ganado del Departamento de Risaralda", elaborado durante la ejecución del proyecto de investigación titulado "Propuesta Para la Producción Más Limpia en los Centros de Beneficio de Ganado en Risaralda" (el cual está siendo realizado por un Joven Investigador e Innovador de Colciencias, vinculado al Nodo Regional de Producción Más Limpia del Eje Cafetero), fuentes de las cuales se puede concluir que en la mayoría de estos centros no existen programas de

gestión ambiental, ni planes de aseguramiento del proceso, lo que ocasiona impactos negativos sobre los recursos naturales, el paisaje, el entorno y las comunidades.

Los impactos ambientales que ocasionan los centros de beneficio animal de Risaralda, están asociados principalmente al inadecuado manejo y disposición de los subproductos (rumen, estiércol y sangre), 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, ocasionan que actualmente la mayoría de estos centros se encuentren en riesgo de cierre por parte de las autoridades ambientales y organismos de control y vigilancia.

Por este motivo, es necesario desarrollar programas y proyectos que apunten a identificar sistemas de gestión ambiental que permitan a los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda, obtener soluciones socioeconómicamente viables a su situación ambiental, a través de estrategias de Producción Más Limpia (entendiéndose éstas, según lo define el Programa

Ambiental de las Naciones Unidas -PNUMA-, como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, a los productos y a los servicios para aumentar la eficiencia total y reducir los riesgos a los seres humanos y al ambiente, redundando de este modo, en una mayor competitividad), que es precisamente el objetivo central del proyecto de investigación mencionado anteriormente, y cuyos resultados son expuestos en el presente artículo.

2. SITUACIÓN AMBIENTAL DE LOS CENTROS DE BENEFICIO ANIMAL DE RISARALDA

La mayoría de los centros de beneficio animal de Risaralda están catalogados como mataderos clase III y IV, a excepción de los ubicados en los municipios de Pereira y La Virginia, los cuales tienen clasificación I y II respectivamente, y en Quinchía y Santuario que están catalogados como mataderos mínimos, como se puede apreciar en la tabla 1.

Municipio	Clasificación
Apía	IV
Balboa	IV
Belén de Umbría	III
Guática	IV
La Celia	III
La Virginia	II
Marsella	IV
Mistrató	IV
Pereira	I
Pueblo Rico	III
Quinchía	Mínimo
Santa Rosa de Cabal	III
Santuario	Mínimo

Tabla 1. Clasificación de los centros de beneficio animal de Risaralda.

Dentro de los puntos reglamentados en el Decreto 1036 de 1991 del Ministerio de Salud Pública para la clasificación de los centros de beneficio animal, están la capacidad instalada para un número determinado de sacrificios y la disponibilidad de áreas, dependencias y equipos básicos para el funcionamiento de los mismos. Sin embargo, aunque los centros tengan una baja clasificación, no están exentos de cumplir con algunos requisitos mínimos de aseguramiento de la calidad del producto ofrecido (carne de res y de cerdo en canales) y de aspectos ambientales, tales como el manejo de vertimientos líquidos y residuos sólidos. El control del cumplimiento de estos requisitos en el departamento de Risaralda, es llevado a cabo por la CARDER y por la Secretarías de Salud Municipales y Departamental, con la vigilancia de las Contralorías Departamental y Nacional.

Hasta la fecha, la mayoría de los centros de beneficio animal de Risaralda están en riesgo de cierre por parte de estas autoridades ambientales y organismos de control y vigilancia, principalmente porque 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 (rumen, estiércol y sangre), que ocasionan a su vez, una alta carga contaminante en las aguas residuales generadas durante las labores productivas.

En la tabla 2, se puede observar el manejo realizado a los subproductos generados en cada uno de los centros de beneficio animal de Risaralda; en la tabla 3 se muestra las cantidades generadas de dichos subproductos y en la tabla 4 se aprecia la carga contaminante típica en términos de DQO y DBO₅ del rumen y la sangre generados en este tipo de empresas.

Municipio	Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos
Apía	Compostaje de sangre, rumen y estiércol.
Balboa	El rumen y el estiércol son depositados en unas camas, las cuales son insuficientes para la realización de compostaje. La sangre es conducida a un tanque séptico.
Belén de Umbría	Compostaje de sangre, rumen y estiércol, con inconvenientes debidos a la alta humedad de la mezcla.
Guática	El estiércol es amontonado en un sitio desprovisto de techo. La sangre es conducida al STAR
La Celia	El rumen es donado para la realización de compostaje. La sangre es conducida al STAR
La Virginia	Compostaje de sangre, rumen, estiércol, aserrín ¹ y lodos del STAR
Marsella	Compostaje de sangre, rumen, estiércol y aserrín ¹ .
Mistrató	Compostaje de rumen y estiércol. La sangre es conducida al STAR
Pueblo Rico	El rumen, el estiércol y la sangre son vertidos directamente a una fuente de agua.
Quinchía	El rumen y el estiércol son donados para la realización de compostaje. A la sangre se le agrega cal para su posterior enterramiento.
Santa Rosa de Cabal	Existe infraestructura para realizar compostaje pero falta estandarización del proceso. La sangre es conducida al STAR
Santuario	El rumen, el estiércol y la sangre son mezclados para su posterior enterramiento.

Tabla 2. Manejo realizado a los subproductos generados en los Centros de Beneficio Animal de Risaralda.

1. Este aserrín proviene del tendido que es empleado en los vehículos transportadores del ganado, con el fin de recibir las excretas sólidas y líquidas de los animales.

Municipio	Cantidad de Subproductos Generados mensualmente ²
Apía	6.490 Kg (equivalente a 200 reses)
Balboa	2.077 Kg (equivalente a 64 reses)
Belén de Umbría	3.894 Kg (equivalente a 120 reses)
Guática	3.894 Kg (equivalente a 120 reses)
La Celia	2.920 Kg (equivalente a 90 reses)
La Virginia	38.940 Kg (equivalente a 1.200 reses)
Marsella	6.490 Kg (equivalente a 200 reses)
Mistrató	2.985 Kg (equivalente a 92 reses)
Pereira	116.820 kg (equivalente a 3.600 reses)
Pueblo Rico	2.077 Kg (equivalente a 64 reses)
Quinchía	8.664 Kg (equivalente a 267 reses)
Santa Rosa de C.	35.695 Kg (equivalente a 1100 reses)
Santuario	2.758 Kg (equivalente a 85 reses)

Tabla 3. Cantidad de subproductos (rumen, estiércol y sangre) generados en los Centros de Beneficio Animal de Risaralda.

PARÁMETRO	RUMEN	SANGRE
DQO total (mg/L)	44.000	245.000
DQO soluble (mg/L)	18.480	191.100
DBO ₅ total (mg/L)	28.500	151.900
DBO ₅ soluble (mg/L)	17.100	98.750

Tabla 4. Aportes típicos de DQO y DBO₅ del rumen y la sangre generados en los centros de beneficio animal.

Fuente: [7].

Debido al alto impacto que tiene el inadecuado manejo y disposición de estos subproductos, éste se constituyó en la problemática ambiental que revistió mayor importancia para el direccionamiento de las alternativas de PML que requieren estos centros de beneficio animal. De este modo, se identificó el proceso de compostaje como la alternativa de PML que ofrece una solución pertinente a esta problemática. El análisis comparativo de las alternativas identificadas se presenta a continuación.

3. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PML³

Las alternativas de PML identificadas que ofrecen una solución al manejo de los subproductos (rumen, estiércol y sangre) generados durante los procesos de sacrificio y faenado de ganado son dos a saber:

- 1) Montar un sistema de beneficio de la sangre basado en su deshidratación.
- 2) Realizar proceso de compostaje.

El análisis comparativo de estas alternativas se realiza en la siguiente tabla.

ASPECTOS	ALTERNATIVAS	
	Deshidratación de sangre	Compostaje
Descripción	Consiste en el empleo de un digestor (cooker) que trabaja con vapor, el cual somete la sangre a temperaturas superiores a los 650°C y a un mezclado constante a razón de 33 revoluciones por minuto.	Consiste en la descomposición natural de la materia orgánica, buscando obtener un abono mediante el control de varios parámetros físico-químicos.
Producto obtenido	Harina de sangre.	Compost.
Requisito	- Digestor-cooker. - Combustible. - Mano de obra. - Equipo para el manejo de las emanaciones generadas.	- Mano de obra. - Infraestructura. - Control de variables físico-químicas.
Ventajas	- Permite obtener un producto que puede ser comercializado para alimentación animal.	- Se obtiene un producto que de acuerdo a sus características puede ser comercializado como abono o enmienda. - Permite el tratamiento conjunto de todos los subproductos generados.
Desventajas	- Sólo ofrece manejo a la sangre, lo que constituye a esta alternativa en una solución parcial. - Generación de olores ofensivos, por lo que se requiere la adquisición de equipo costoso para su mitigación. - Altos costos asociados a la maquinaria y al combustible empleados.	No hay desventajas siempre y cuando el proceso sea llevado a cabo con la técnica adecuada para evitar la generación de olores ofensivos.

Tabla 5. Tabla comparativa de las Alternativas de PML identificadas.

De la tabla 5 se concluye que la alternativa de PML más conveniente por sus características técnicas y económicas, es la implementación del proceso de

2. Estas cantidades fueron obtenidas al considerar una generación promedio de 32,45 Kg de residuos orgánicos por animal sacrificado, distribuidos de la siguiente manera: 2 Kg de estiércol, 15 Kg de rumen y 15,45 Kg de sangre (15 litros x 1,03 Kg/ Ltr), datos obtenidos de [6] y [7].

3. Adaptado de [7].

compostaje, ya que permite el tratamiento conjunto de los subproductos sin incurrir en altos costos, obteniendo al mismo tiempo un producto denominado compost, el cual puede ser aprovechado como enmienda o abono de acuerdo a las características físico-químicas que presente. Las consideraciones que se deben tener en cuenta para la realización del compostaje se presentan a continuación.

4. EL PROCESO DE COMPOSTAJE

El compostaje es definido como la intervención humana dentro del proceso natural de descomposición de la materia orgánica con una combinación de condicionales ambientales apropiadas y un tiempo adecuado. Dicho de otra manera, es un proceso biooxidativo controlado, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requiere una humedad adecuada y substratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, y que produce al final de los procesos de degradación, CO₂, agua y minerales, así como una materia orgánica estabilizada, libre de fitotoxinas y dispuesta para su empleo en agricultura sin que provoque fenómenos adversos [4].

Dado que el compostaje es un proceso predominantemente aerobio, las prácticas de manejo 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 aerobios son: Relación Carbono / Nitrógeno, Humedad, Temperatura, Oxígeno, pH, Tamaño de la partícula, Tamaño del montón y Tiempo, cuyos valores ideales se resumen en la tabla 6.

Parámetro	Rango Aceptable	Condición Óptima	Fuente
Relación C/N	20/1 – 40/1	25/1 – 30/1	[10] y [15]
Humedad	40 – 65%	50 – 60%	[10], [14] y [15]
Temperatura	55 – 75° C	65 – 70° C	[3] y [15]
Volteo	Cada semana	Depende de T° y humedad	[1], [4] [13] y [14]
pH	5.5 – 9.0	6.5 – 8.0	[10] y [15]
Tamaño de la partícula	0.3 – 5 cm	0.5 - 1 cm	[3] y [15]
Tamaño del montón	0.8 -1.2 m	≈ 0.8 m	[1], [2] y [13]
Tiempo	2 – 3 meses	1 – 2 meses	[1], [10] y [15]

Tabla 6. Condiciones ideales para el desarrollo del proceso de compostaje.

Fuente: [5]

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 (incluyendo el cálculo de las proporciones de mezcla de los subproductos) para obtener un producto (compost) de buena calidad, lo que implica la realización de análisis químicos, físicos y bacteriológicos de los residuos a ser tratados, además de la evaluación de la calidad del compost obtenido al final del proceso, con el fin de examinar el cumplimiento de la normatividad competente, como por ejemplo la Resolución No. 150 del ICA, por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.

En este orden de ideas, y teniendo en cuenta que el compostaje es un proceso que requiere del control de ciertas condiciones físico-químicas, entre las cuales reviste una importancia trascendental el cálculo de la Relación C/N⁴ y la Humedad⁵ iniciales de la mezcla de residuos a tratar, se muestra a continuación los datos y las fórmulas que se deben tener en cuenta para tal fin.

5. DATOS Y CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA RELACIÓN C/N Y HUMEDAD RESULTANTES DE LA MEZCLA A COMPOSTAR ⁶

En las tablas 7 y 8 se muestra la cantidad de subproductos generados por vacuno sacrificado y los valores de Nitrógeno, Relación C/N y Humedad de los mismos, datos que se requieren conocer para realizar los cálculos en cuestión.

4. El carbono y el nitrógeno son los dos elementos más importantes en el proceso de compostaje, tanto uno como el otro, son normalmente un factor limitante. Si la cantidad de N es baja, la población microbiana podría no crecer a una tasa apropiada y la velocidad de descomposición decrecería. Por otro lado, si hay una cantidad mayor de N comparada con el carbono, se propicia una rápida descomposición, pero generándose una deficiencia de oxígeno y la consecuente emanación de olores ofensivos relacionados con un exceso de N liberado en forma del gas amoníaco [12].

5. La humedad es un factor esencial en el proceso de compostaje, ya que el exceso de ésta genera una reducción en las cantidades de oxígeno, lo que podría generar condiciones anaerobias de descomposición. Por otro lado si la humedad decae por debajo del 40-45% la velocidad de descomposición decrece por la muerte de los microorganismos [12].

6. Adaptado de [7].

Subproducto	Cantidad Aportada por Vacuno Sacrificado	Peso Específico
Rumen	15 Kg	1 m ³ / 1500 Kg
Estiércol	2 Kg	1 m ³ / 1000 Kg
Sangre	15 litros = 15,45 kg	1 litro / 1,03 Kg
Decomisos ⁷	2 Kg	1 m ³ / 1500 Kg
Tendido (viruta)	50 Kg	1 m ³ / 750 Kg

Tabla 7. Cantidad de subproductos generados por vacuno sacrificado.

Fuente: [6] y [7].

Subproducto	N (%)	C/N	Humedad (%)
Estiércol	1,5	25	15
Sangre	7	9	97
Rumen y decomisos mezclados	5	4	45
Tendido (viruta)	0,1	300	8

Tabla 8. Nitrógeno, Relación C/N y Humedad de los subproductos.

Fuente: [7].

Para calcular la Relación C/N y Humedad que se obtendrían con la mezcla de los subproductos a compostar, primero se debe determinar la cantidad de cada residuo, teniendo en cuenta los datos de la tabla 7 y el número de animales de los cuales se obtendrán la materia prima (ganado sacrificado en una unidad de tiempo, siendo usual el empleo del dato semanal, ya que este periodo de tiempo permite la acumulación de una cantidad suficiente de material a compostar y facilita la ejecución de las labores que se derivan del proceso de compostaje), para lo cual se debe utilizar la siguiente fórmula.

Cantidad a compostar = Residuo por animal (Kg) x Número de animales sacrificados

Posteriormente, se deben calcular (a partir de los datos de la tabla 8 y la cantidad a compostar de cada residuo) el contenido de agua, de materia seca, de nitrógeno y de carbono de cada uno de los residuos que van a ser mezclados, para finalmente, determinar la relación C/N y humedad resultantes, mediante el empleo de las siguientes fórmulas.

7. Los decomisos son aquellas partes del ganado que durante la inspección post-mortem se identifican como no aptas para el consumo humano, pero que representan otro residuo común de estas empresas, que puede ser aprovechado como materia prima para el proceso de compostaje.

Fórmulas Para Cada Tipo de Residuo a Ser Mezclado

Contenido de agua = Cantidad a compostar x humedad

Contenido de materia seca = Cantidad a compostar x (1-humedad)

Contenido de Nitrógeno = Contenido de materia seca x Nitrógeno

Contenido de Carbono = Contenido de nitrógeno x Relación C/N

Fórmulas Para Hallar la Relación C/N y Humedad Resultantes de la Mezcla a Compostar

Nitrógeno en mezcla = Σ contenido de nitrógeno de cada residuo

Carbono en mezcla = Σ contenido de carbono de cada residuo

Relación C/N Resultante = $\frac{\text{Carbono en mezcla}}{\text{Nitrógeno en mezcla}}$

Agua en mezcla = Σ contenido de agua de cada residuo

Cantidad total a compostar = Σ cantidad a compostar de cada residuo

Humedad Resultante (%) = $\frac{\text{Agua en mezcla} \times 100}{\text{Cantidad total a compostar}}$

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La mayoría de los centros de beneficio animal de Risaralda están en riesgo de cierre por parte de las autoridades ambientales y organismos de control y vigilancia, ya 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 (rumen, estiércol y sangre), que ocasionan a su vez, una alta carga contaminante en las aguas residuales generadas durante las labores productivas.

El proceso de compostaje fue identificado como la alternativa de Producción Más Limpia que ofrece una solución técnica y socio-económicamente viable 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 sin incurrir en altos costos, y al mismo tiempo obtener un producto denominado “compost”, que puede ser aprovechado como enmienda o abono, de acuerdo a las características físico-químicas que presente.

Para la implementación del proceso de compostaje, se requiere realizar a nivel piloto una estandarización del mismo, con el fin de generar un marco de referencia para todos los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. Para esto se deben tener presentes todos los aspectos que han sido expuestos en el presente artículo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] COGGER, Craig; SULLIVAN, Dan and KROPP, 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, 1999. [Cited: 20 October 2002]. Available from the World Wide Web: <http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_circulars/circ562.pdf>.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] GUERREO ERAZO, Jhoniers y RAMÍREZ FAJARDO, Álvaro Ignacio. *Estudio de Consultoría Para el Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales en el Matadero Municipal de Marsella – Risaralda*. Universidad Tecnológica de Pereira. 2004.
- [7] INVESTIACIONES TECNOBIOLÓGICAS. *Estudio Para el Manejo de Desechos Sólidos y Contaminantes de la Central de Sacrificio de Santa Rosa de Cabal*. Santa Rosa de Cabal (Risaralda), 2000.
- [8] MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. *Guía Ambiental para las Plantas de Beneficio del Ganado*. Bogotá, 2002.
- [9] OROZCO CARDONA, Alexandra Viviana y GUEVARA CAMPOS, Julio César. *Plan de Negocios para la Planta de Beneficio Animal Guayabito del municipio de Santa Rosa de Cabal*. Tesis (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira. 2005.
- [10] 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>>.
- [11] RAMÍREZ ACEVEDO, Alberto. *Producción de Compost en Plantas Municipales de Beneficio Animal “Estudio de Caso Marsella”*. Tesis (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira. 2005.
- [12] RICHARD, Tom. *Municipal solid waste composting: biological processing* [online]. New York: Cornell University. Department of Agricultural and Biological Engineering, 1996. Last updated: October 2000 [cited: 2 August 2004]. Available from the World Wide Web: <<http://compost.css.cornell.edu/MSWFactSheets/mw.sw.fs2.html>>.
- [13] RÖBEN, Eva. *Manual de compostaje para municipios*. Loja, Ecuador: DED, Ilustre Municipalidad de Loja, 2002.
- [14] ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.
- [15] 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.