Aprovechamiento de residuos orgánicos:

Abstract

Compost is an alternative to reduce the amount of solid waste disposed in landfills and, therefore, can reduce the emission of greenhouse gases - EGG . This article presents a theoretical approach to the development of composting and its environmental impact. It also presents the results of the research "Evaluation of compost produced from waste co-digestion aerobic legume and ruminant stomach content", in which the physicochemical characteristics of both, individual and combined, composts obtained are analyzed whose sources were residues pods bean, pea and bean and the ruminant contents from the slaughter house.

Foto: Leidy D. Gómez G.

Evaluación de compost producido a partir de codigestión aerobia de residuos de leguminosa y ruminaza

Sergio E. Arango O.
Ingeniero Químico
Universidad de Antioquia
Magíster en Ingeniería Ambiental
Universidad de Antioquia
sereucaris@gmail.com
Colombia

Resumen

El compost es una alternativa para disminuir la cantidad de residuos sólidos que se disponen en los rellenos sanitarios y, por consiguiente, permite reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero – GEI –. Este artículo presenta un acercamiento teórico a la elaboración del compostaje y su impacto ambiental. Asimismo, expone los resultados de la investigación "Evaluación de compost producido a partir de codigestión aerobia de residuos de leguminosa y ruminaza", en la que se analizan las características fisicoquímicas de los compostajes obtenidos, tanto individuales como combinados, cuyas fuentes fueron residuos de vainas de fríjol, arveja y habichuela y la ruminaza de centrales de sacrificio.

Introducción

Diversos problemas ambientales se presentan hoy en día en el planeta, en el suelo, en el agua y en la atmósfera (WWF International, 2012). Pero el mayor impacto de esta situación en el mundo no es ambiental sino social, con mayor repercusión en los más pobres (Celam, 2007).

El problema más grave en el corto y largo plazo es el cambio climático, el cual es el resultado de una cadena de fenómenos de origen antrópico con efecto dominó (IPCC, 2013), es decir, una serie de acontecimientos que son originados por hombre. Uno de estos fenómenos es la emisión de gases que ocasionan el efecto invernadero e incrementan la temperatura en la tropósfera, lo que se ha llamado el Calentamiento Global. Con cualquier alteración en la temperatura en esa capa de la atmósfera se generan cambios climáticos que pueden llegar a ser extremos (Arango & Soto, 2012) como, por ejemplo, la prolongación de los fenómenos de El Niño y La Niña en diversos lugares del mundo.

Entre los principales gases de efecto invernadero se encuentran el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y los óxidos de nitrógeno (N_2O) (PCC, 2013). En el mundo, la principal fuente de metano son los bovinos y, en segundo lugar, los rellenos sanitarios (WBCSD & WRI, 2004). A estos últimos llegan los residuos sólidos orgánicos, los cuales generan, por digestión anaerobia, dióxido de carbono y metano.

▲ ***Foto: Leidy D. Gómez G.***

Además, los rellenos sanitarios generan lixiviados, como resultado de los procesos de escorrentía e infiltración de los residuos sólidos en descomposición. Estos líquidos pueden contaminar los suelos y alcanzar fuentes de agua subterráneas o superficiales, cuando no se adoptan las normas debidas para su manejo (Arango, Montoya, & Peñuela, 2012; Arango-Osorno, 2007).

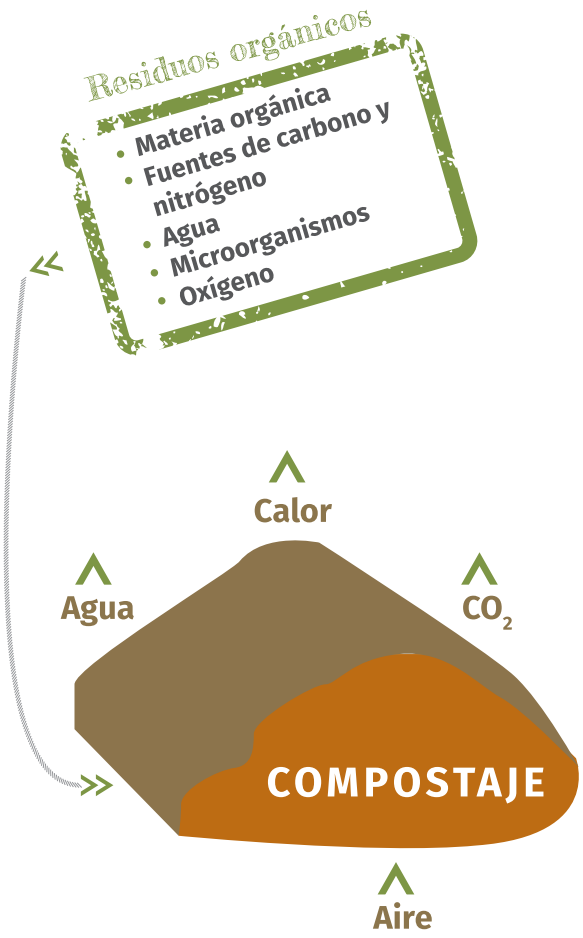
Esta contaminación se produce debido al incremento desproporcionado en la generación de residuos y a la dificultad de encontrar y aplicar soluciones ambientales para su tratamiento. También se origina con un manejo poco sostenible de la ganadería, la cual genera una gran huella ecológica y de carbono (Doménech, 2007; González, 1998; European Comission, 2007; Guinée et al., 2011; Ideam, 2009).

Dependiendo del lugar, ya sea urbano o rural, la fracción de materia orgánica en el total de los residuos puede oscilar entre el 40 y el 60% de la masa total (Marqués & Urquiaga, 2005). Esto, en términos prácticos, puede traducirse en que la cantidad de residuos que se envían a un

relleno sanitario puede disminuir en estos porcentajes si a nivel doméstico, industrial y municipal se separan los residuos, utilizando los orgánicos para la elaboración de compostaje.

Compostaje

El compostaje es una opción muy usada para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, ya que los aprovecha al producir, por degradación aerobia, un acondicionador de suelos (Acodal & Área Metropolitana, 2013), que brinda nutrientes y mejora su estructura. Dicho proceso sirve para mejorar la productividad de la agricultura y la ganadería, además de mitigar la acción del metano como gas de efecto invernadero y las consecuencias que tiene en el calentamiento global, al evitar que los residuos orgánicos vayan a un relleno sanitario.



El compostaje es un proceso biológico aerobio que, bajo condiciones de aireación, humedad y temperatura controladas, en las que se combinan fases mesófilas y termófilas, transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higiénico, aplicable como acondicionador o sustrato (Negro et al., 2001). Esto quiere decir que la materia orgánica, tal como se verá más adelante, es descompuesta por hongos o bacterias a una temperatura superior a los 45 grados centígrados, para luego pasar a una etapa de enfriamiento en la que esta materia en descomposición puede utilizarse a manera de abono o fertilizante. El producto final de este proceso es llamado compost, el cual se puede obtener de diferentes residuos: restos vegetales de cosechas o de centrales de abastos o excrementos animales, especialmente de ganado vacuno y bovino (ruminaza y bovinaza), desechos orgánicos industriales y domiciliarios (Marqués & Urquiaga, 2005; Rynk et al, 1992).

Durante el proceso, la temperatura varía según la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo con esta variable, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. La fase mesofílica se da entre 20 y 40 grados centígrados y la termofílica por encima de 40 hasta los 70 grados centígrados. A partir de los 60 grados centígrados, los hongos termófilos cesan su actividad y la reacción bioquímica es realizada por bacterias. Por último, se regresa a una fase mesófila o de enfriamiento, seguida de una fase final de maduración en la que la temperatura se iguala a la del medio ambiente (Costa et al., 1991; Acodal & Área Metropolitana, 2013).

Desde el punto de vista del crecimiento poblacional de los microorganismos, estos inician con una fase de latencia, seguida de una fase exponencial y su crecimiento se detiene en la fase estacionaria que coincide con la termofílica, para terminar luego con la fase de muerte donde cesan su actividad metabólica (Mitchell, 1974; Henry & Heinke, 1999). En este momento finaliza la descomposición de la materia orgánica y se obtiene el compost, gracias a los nutrientes que se generan durante este proceso.

El pH es también una variable importante para tener en cuenta durante el proceso. Al principio, el pH desciende como consecuencia de la actividad metabólica esencialmente de las bacterias, que transforman los carbohidratos, lípidos y proteínas, entre otros, en ácidos orgánicos, como los carboxílicos. Después, el pH aumenta, fruto de la formación de amoníaco, y alcanza un valor máximo entre 8,5 y 9, coincidiendo con la mayor actividad de la fase termofílica. Finalmente, el pH disminuye en la última fase de maduración, hasta un valor entre 7 y 8, debido a las propiedades naturales de amortiguador de la materia orgánica (Negro et al., 2001; Acodal & Área Metropolitana, 2013).

Materia orgánica

La materia orgánica está compuesta principalmente por dos elementos químicos: el carbono y el nitrógeno. El carbono abunda en las partes leñosas de las plantas, como tronco, paja, aserrín y ramas, y también se encuentra en la ruminaza. Es el principal formador de la lignina, celulosa y los azúcares. En general, en la materia orgánica seca se encuentra la mayor cantidad de carbono (Marqués & Urquiaga, 2005). El Nitrógeno predomina en las partes verdes de las plantas, algunos restos de comida, césped y excrementos de animales, incluyendo la ruminaza (Muñoz, Gómez, Rico, Rico, Fernandez & Renedo, 2010; Marqués & Urquiaga, 2005). Estos elementos le aportan al suelo nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.

Es importante controlar la relación de carbono y nitrógeno en la biomasa de la que saldrá el compostaje. De esta manera, se obtendrá una codigestión adecuada y, por lo tanto, un producto final de buenas características fisicoquímicas.

La relación inicial entre estos dos elementos debe ser 25 partes de carbono

y 35 de nitrógeno. Al final del proceso, el carbono decrece a 15, debido a su pérdida por la liberación de dióxido de carbono (Fermore, 1993; Acodal & Área Metropolitana, 2013). Si la relación es superior a 35, el proceso de fermentación aerobio se extiende considerablemente hasta que el exceso de carbono es oxidado y la relación desciende a valores adecuados para el metabolismo. Si es inferior a 25, se producen pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoníaco (Negro et al, 2001). Las características más adecuadas de la biomasa de partida, según Rynk et al. (1992), serían una relación de carbono y nitrógeno entre 25 y 30, una humedad entre 50 y 60% y un pH entre 6,5 y 8,5.

Investigación

El presente artículo muestra los resultados parciales de un proyecto de investigación en el que uno de los principales objetivos es la caracterización de compostajes a partir de codigestión aerobia de biomasa de ruminaza y leguminosa. En el estudio se monitorearon y analizaron parámetros fisicoquímicos durante el proceso y, al final, se evaluó la calidad del compost obtenido y su posible uso como acondicionador de suelos, dado su potencial contenido de nitrógeno, lo cual se planteó como hipótesis inicial en el proyecto. De esta forma se podría aportar soluciones ante la problemática de residuos orgánicos tanto en el sector urbano, como en el agropecuario.

Metodología

La codigestión aerobia se realizó por combinación de biomasa vegetal y animal. La fuente vegetal estuvo representada por vainas de leguminosa tomadas de una mezcla de fríjol al 58%, arveja al 39% y habichuela al 3%. La fuente animal fue ruminaza, obtenida del lavado estomacal poco tiempo después del sacrificio del ganado en una planta industrial frigorífica.

La unidad de análisis usada como variable independiente fue el porcentaje de leguminosa presente en la codigestión aerobia de residuos orgánicos vegetal (leguminosa) y animal (ruminaza), para realizar con ellos los respectivos compostajes. En la Tabla 1 se muestra el diseño experimental, completamente aleatorio, que se realizó en el vivero del Tecnológico de Antioquia - Institución Universitaria y en la Figura 1 el diagrama de flujo con el cual se realizó la metodología de la investigación.

Una vez obtenida la biomasa: leguminosa y ruminaza, se pesaron dichas fuentes: 5,5 kilos para cada tratamiento vegetal y animal y 6 kilos para las mezclas de ambos. Luego, se llevaron a cada celda de compostaje, representada en una caneca plástica de 20 litros, con tapa, completando de esta forma 20 unidades experimentales de compostaje.

La temperatura y el pH se midieron con termómetro y pHmetro, ambos digitales. Se analizó temperatura y pH en cada una de las 20 unidades de compostaje. Cada semana se volteó la mezcla dos veces,

para garantizar la oxigenación y se regó una vez con 300 mililitros de agua desionizada para hidratar la biomasa. Las celdas permanecieron tapadas y, por lo tanto, no recibieron luz solar. Al cabo de dos meses de proceso aerobio, se recogieron las muestras de compost de cada unidad experimental para su respectivo análisis en el laboratorio.

Tabla 1.
Diseño experimental de la codigestión aerobia.

Tratamientos de compostaje	Variable vegetal (%)	Variable animal (%)	Repeti-ciones	Total ensayos
Testigo			2	2
Animal I (A)	0	100	5	5
Animal y Vegetal I (AVI)	25	75	5	5
Animal y Vegetal II (AVII)	50	50	5	5
Vegetal I (V)	100	0	5	5
				Total: 22

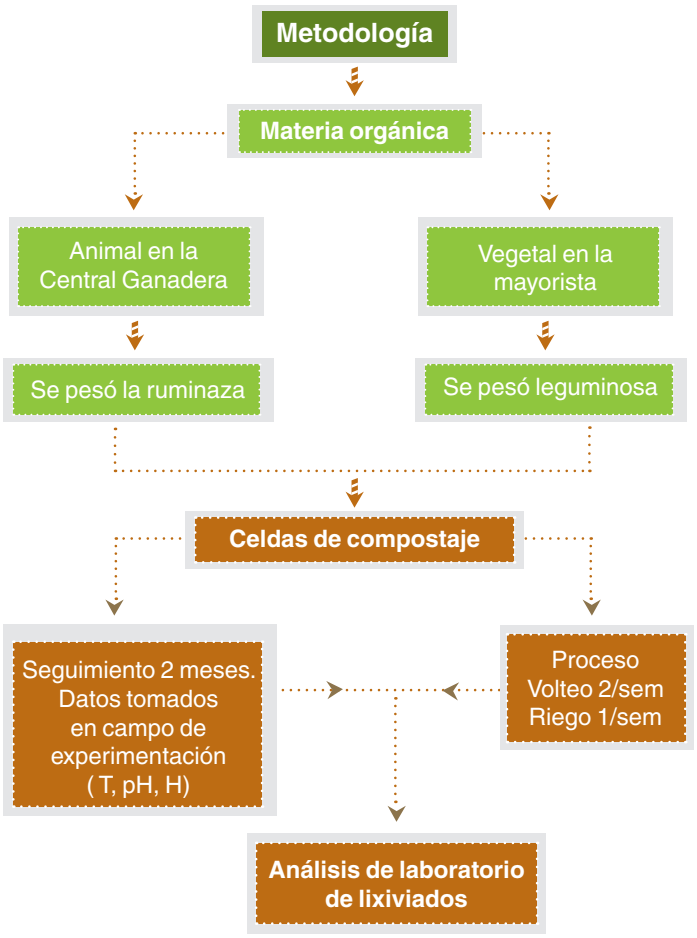


Figura 1.
Diagrama de flujo con el cual se realizó la metodología de la investigación.

Resultados de la investigación

El carbono orgánico fue muy similar en los tratamientos Animal, Vegetal y Animal y Vegetal I (AVI), cercano al 35%. Fue mayor en el compostaje Animal y Vegetal II (AVII), con un valor del 40,46%. Finalmente la concentración de nitrógeno fue mayor en el compost Vegetal con un valor de 3,63%, lo cual se explica por su contenido de las leguminosas, por la simbiosis y fijación de este elemento en sus raíces.

La relación carbono – nitrógeno más óptima y conveniente se encontró en el compost Animal y Vegetal (AVII), con 28,51 y el compost Vegetal con 9,14. Este valor, junto con el de la concentración de nitrógeno, hace que el compost vegetal pueda ser un buen acondicionador orgánico y fuente de nitrógeno para el suelo en el cultivo en el que se aplique.

▲ ***Foto: Leidy D. Gómez G.***

La presencia del fósforo (P) en los compostajes fue baja. El valor mayor está en el compost Animal y Vegetal II (AVII) con un 0,76%. Sin embargo, puede usarse como fuente de fósforo en los cultivos que lo requieran.

El porcentaje de calcio (Ca) superó en la mayoría de los tratamientos la concentración de otros elementos. La mayor cantidad de este elemento se halló en el compost Animal con un valor de 14,30%, al igual que el potasio, que está presente en una mayor proporción en el compost Animal con 7,66%.

El contenido de humedad fue alto, por encima del 80%, en todos los tratamientos, debido a la hidratación semanal suministrada a cada celda de compostación. La capacidad de retención de agua (CRA) también fue alta en todos los tratamientos. El valor mayor de CRA se obtuvo en el compost Animal con un 589,33%, lo que significa que el compost puede absorber agua en casi seis veces su masa seca.

La temperatura, en todos los compostajes, osciló entre 20 y 30 grados centígrados, lo cual corresponde a temperatura ambiente. Esto indica que durante los dos meses de la descomposición, se operó en el rango de temperaturas mesofílicas y no termofílicas, como debe esperarse.

El pH se mantuvo básico durante los primeros 45 días, entre 7 y 9, pero después de este día hasta el día 60 se presentó una disminución, cuando llegó a valores de acidez entre 5 y 7, lo cual difiere del comportamiento común en un compostaje. Para el caso de los tratamientos con algún porcentaje de leguminosa, la presencia de mayor contenido de nitrógeno en la biomasa inicial pudo ocasionar el incremento del pH desde el inicio del proceso, debido a la formación de amoníaco.

Conclusión

Finalmente, la codigestión aerobia - compostaje de residuos orgánicos puede ayudar a la mitigación de los gases de efecto invernadero emitidos por la agricultura y la ganadería y también evitar la contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea por la generación de lixiviados orgánicos.

Glosario

- **Aerobio:** Clase de metabolismo en el que el oxígeno procedente del aire es el agente que descompone los elementos.
- **Anaerobio:** Clase de metabolismo que, en ausencia de oxígeno, descompone los elementos.
- **Acondicionador orgánico:** Material añadido al suelo para mejorar su estructura y los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.
- **Bovinaza:** Estiércol del bovino.
- **Lixiviado:** Líquido resultante del proceso de descomposición de la materia orgánica con una alta concentración de sales minerales y otros derivados secundarios.
- **Mesófilo:** Organismo que tiene una temperatura óptima de crecimiento entre los 15 y los 35 grados centígrados.
- **Ruminaza:** Contenido del rumen de los bovinos.
- **Simbiosis:** Tipo de asociación que establecen entre sí dos individuos, sean animales o vegetales, y de la cual al menos uno de ellos se beneficia.
- **Termófilo:** Organismo vivo que puede soportar condiciones extremas de temperatura, relativamente altas, por encima de los 45 grados centígrados.

Referencias

Acodal & Área Metropolitana. (2013). *Manual de Compostaje.* Medellín.

Arango, O. S., & Soto, A. (2012). Los Gases de Efecto Invernadero. *Boletín Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas,* 1(2).

Arango, S., Montoya, J., & Peñuela, G. (2012). Effect assessment of temperature on biogas production from bovine rumen and banana (Musa acuminata) stem undergoing anaerobic codigestion. *International Journal of Environmental Engineering,* 4(3/4), 197-209.

Arango-Osorno, S. (2007). Caracterización de lixiviados en compostajes naturales. Revista Tecnológico de Antioquia, (17), 15-17.

CELAM. (2007). *V Conferencia General del Episcopado Latinoamericano y del Caribe. Discípulos y Misioneros de Jesucristo para que nuestros pueblos en Él tengan vida "Yo soy el Camino, la Verdad y la Vida* (Jn 14,6). Aparecida, Brasil: CELAM.

Costa, et al. (1991). *Residuos orgánicos urbanos, manejo y utilización.* Madrid, España: E. CSIC.

Doménech, J. (2007). *Huella Ecológica y Desarrollo Sostenible.* AENOR

European Comission. (2007). *Carbon Footprint ¿What is it and how to measure it?*

European Plataform on LCA, september 2008. Recuperado de: http://lca.jrc.ec.europa.eu/Carbon_footprint.pdf

Fermore, T. (1993). Applied aspects of composting and bioconversion of lignocellulosic materials: an overview. *International Biodeterioration & Biodegradation,* (31), 87-106.

González, F. (1998). *Inventario de gases de efecto invernadero, Colombia 1990*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias.

Guinée, J., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., et.al. (2011). Life cycle assessment past, present, and future. *Environmental Sci. Technology,* (45), 90-96.

Henry, J. G., & Heinke, G. (1999). *Ingeniería ambietal.* Mexico: Prentice Hall.

IDEAM. (2009). *Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero 2000– 2004*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y PNUD.

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC. (2013). The physical science basis: sumary for policymakers. En: W. M. (Ed.), *Climate change 2013.* Recuperado de: http://www.climatechange2013.org/spm

Marqués, M., & Urquiaga, R. (2005). *Manual del buen compostador.* Madrid, España: Grupo de Acción para el Medio Ambiente.

Mitchell, R. (1974). *Introduction to environmental microbiology.* Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall.

Muñoz, N., Gómez, B., Rico, C., Rico, J., Fernández, J. & Renedo, J. (2010). Procesos fisico-biológico-químico para eliminar materia orgánica: nitrógeno y fósforo de estiércol de vacuno lechero. En A. Bonmatí, J. Palatsi, F. Prenafeta-Boldú, B. Fernández, & X. Flotats (Ed.), *Ecofarm, II Congreso Español de Gestión Integral de Deyecciones Ganaderas,* (p. 430). Barcelona.

Rynk et al. (1992). *On – farm composting handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service*. Ithaca, New York, USA.

WBCSD & WRI. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol.* Recuperado de: http://www.ghgprotocol.org/

WWF International. (2012). *Planeta vivo: informe 2012, biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro.*