

PROPUESTA DE UN PROTOTIPO TECNOLÓGICO PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIODEGRADABLES A NIVEL DOMICILIARIO

SEMILLERO BIOTECAMBIENTAL
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA SANITARIA

Autor: Jhon Edwar Chaves Tenorio-chavesj24@gmail.com
Auudon Moscoso Reina - awdonmoscoso@gmail.com -

Docente tutor: Gloria Stella Acosta Peñaloza, MSc.



RESUMEN

Las actividades domésticas generan residuos sólidos biodegradables (RSB) que son vertidos en rellenos sanitarios sin ningún aprovechamiento, generando gases y lixiviados que ocasionan grandes problemáticas medioambientales y de salud pública en comunidades cercanas a los rellenos. Es por esto que la implementación de acciones para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos es prioridad en materia de gestión ambiental a nivel nacional.

En relación a lo anterior, este proyecto genera una alternativa a la gestión de los RSB en la cual muchas personas pueden ser partícipes y de esta manera se revaloricen los residuos orgánicos en sus hogares. A través del prototipo de esta investigación, la propuesta permite estabilizar los RSB y convertirlos en un producto estable biológicamente que pueda ser aprovechado en la enmienda de suelos.

El dispositivo se diseñó para una capacidad de 28,8 kg mes⁻¹ y contempla unidades de tratamiento que permiten la ausencia de malos olores durante el procesamiento, la reducción y mejoramiento de la calidad de subproductos, y el control de algunas variables físicas. Adicionalmente se

contemplaron los materiales para la fabricación de sus componentes que garanticen la funcionalidad, calidad y larga vida.

PALABRAS CLAVE

Prototipo, compostaje, tratamiento "in situ" y residuos orgánicos.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la vida útil del relleno sanitario de Doña Juana, en donde son dispuestos los residuos sólidos de Bogotá es de apenas 7,6 años (UAESP, 2011) es necesario promover y adoptar medidas que den prioridad a minimizar la generación de residuos, aumentar y mejorar las actividades de clasificación en el origen, maximizar la reutilización y promover sistemas de tratamiento compatibles con la preservación del medio ambiente, que desvíen el gran volumen de residuos sólidos que a diario son dispuestos en el relleno. Entre los sistemas de tratamiento de RSB que se han venido estudiando en los últimos años, se encuentra el **tratamiento "in situ" de residuos orgánicos (TISRO)**. Esta alternativa podría tener un gran impacto económico, ya que permite disminuir los costos de manera sustancial

de la disposición tradicional de los residuos en vertederos al evitar los gastos de recolección, separación, tratamiento y transporte (Cox, Giorgi, Sharp, Strange y Blakey, 2010).

Planes piloto de TROIS desarrollados en países como Francia y Dinamarca han permitido evaluar los costos y beneficios asociados a este tipo de prácticas consideradas una acción de prevención valiosa, que permiten la desviación de un gran porcentaje de RSU que van a parar en vertederos y promueve patrones comportamentales en los ciudadanos. Es así que se adquiere sentido de responsabilidad en el tratamiento de los residuos generados, aumentándose la sensibilidad o grado de conciencia ambiental en los hogares optimizando la separación en la fuente (Andersen, Boldrin, Christensen, Scheutz, 2011).

La necesidad de generar el aumento de conciencia ambiental en el país, motivó a la realización del presente proyecto, que tuvo por objetivo proponer un diseño teórico de un dispositivo para los TISRO, como alternativa para el aprovechamiento de los RSB a nivel domiciliario, en el cual se generen las condiciones óptimas para la degradación de los residuos en espacios reducidos, sin la generación de olores y con el control de las principales variables físicas que intervienen en el proceso.

MÉTODOS

Para lograr el objetivo, se revisó la información bibliográfica sobre el tratamiento de residuos sólidos biodegradables, identificando las principales variables y componentes de interés asociadas al procesamiento adecuado del material biodegradable.

Posteriormente, se realizó un análisis con las diferentes variables que inciden el proceso y se establecieron los principales criterios y características en los que se fundamentó el diseño del dispositivo.

Para la elaboración del diseño del dispositivo, inicialmente se realizó un diagrama de flujo de proceso, en donde quedaron definidas, las unidades de tratamiento necesarias para cumplir con los objetivos del proceso degradativo (Figura 1).

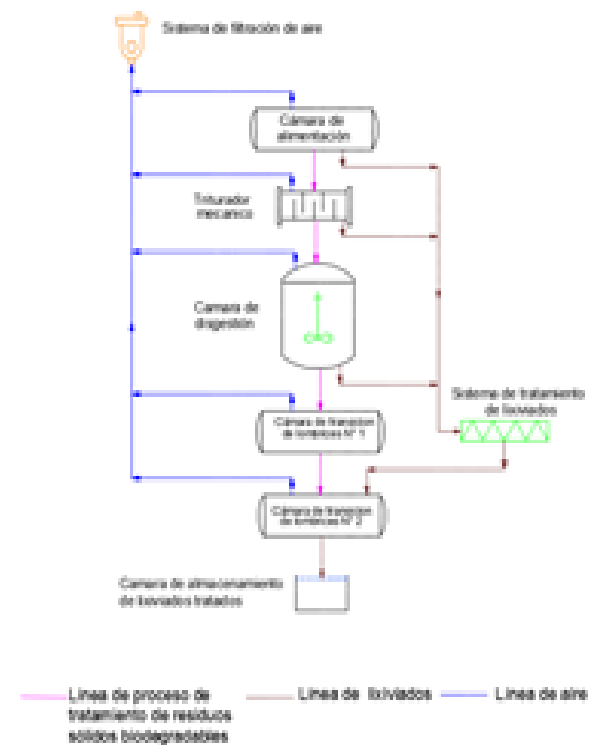


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso. Fuente: autores

Con las unidades de tratamiento definidas se propuso la geometría de un reactor cilíndrico vertical, que permite la incorporación de todas las unidades en un solo recipiente, y así el transporte o la transición de los residuos y lixiviados por las diferentes uni-

dades de tratamiento aprovechándose la fuerza de la gravedad. Adicionalmente este diseño genera un prototipo económico que no requiere de consumos energéticos y el empleo de sistemas de bombeo auxiliares.

Posteriormente se procedió al dimensionamiento de cada unidad, utilizando como textos guías para el diseño del dispositivo, los documentos realizados por Torres (2010), Papadopoulos *et al.* (2009), Andersen *et al.* (2011), Suárez (2015), Deka *et al.* (2011), Lim, Wu y Clarke (2014) y Yang, Lv, Zhang, y Xing (2014), entre otros, que contienen ecuaciones y fundamentos teóricos que fueron claves para el diseño del dispositivo propuesto. Por último con las dimensiones establecidas, se procedió a la modelación 3D del dispositivo con ayuda del software AutoCAD 2015.

RESULTADOS

El dispositivo propuesto es un recipiente vertical de geometría cilíndrica, que permite el tratamiento de los RSB en un tiempo estimado de 48 días de forma manual. Este dispositivo permite el tratamiento cerca al lugar de generación sin el desprendimiento de olores ofensivos, brindando condiciones sanitarias y estéticas que permiten su ubicación al interior del domicilio. La capacidad de tratamiento del dispositivo es de 28,8 kg al mes y cuenta con las unidades de tratamiento definidas en el diagrama de flujo de proceso (Figura 1).

El material de fabricación del prototipo propuesto, es en acero al carbón en su parte exterior y en acero inoxidable en su interior, con el objetivo de hacerlo resistente a la corrosión. El dispositivo tiene un diámetro de 0,5 m y una altura de 1 m, el cual cuenta con un sistema de aislamiento térmico a través de

láminas de poliestireno que evita las pérdidas del calor. El dispositivo consta de cuatro cámaras de procesamiento (CA, CD, CTL1, CTL2), una cámara de alimentación (b) que almacena inicialmente el material biodegradable, una cámara de digestión (c) que realiza la pre estabilización térmica del residuo y dos cámaras de transición de lombrices (d, e) en donde se genera la transformación de los residuos orgánicos en un producto estable (Figura 2). Dentro de la cámara de alimentación (CA) se propone la incorporación de dos cuchillas (n) para generar un corte en los residuos por cizallamiento que permiten reducir el tamaño de estos y así optimizar el proceso de degradación. Las cuchillas también permiten el envío de residuos desde CA hasta la cámara de digestión (CD) a través del movimiento de un eje de rotación central multipropósito (a), que reduce la compactación en los residuos dentro de la CA creando cavidades que permiten la recirculación del aire necesario para el metabolismo microbiano. La CD cuenta con un sistema de inyección de aire (w) que incrementa la disponibilidad de oxígeno necesario para mantener el proceso en estado aerobio (w) y un termómetro (g) para el control de temperatura.

Adicionalmente la cámara de digestión (CD) cuenta con 3 paletas (o) de agitación en forma de ala, soldadas alrededor del eje de rotación el cual está ensamblado a un sistema mecánico de eje que se atornilla en la parte superior del dispositivo y permite el movimiento estable del eje de rotación con las paletas. Debajo de las paletas de agitación, ubicadas en la parte inferior del eje de rotación, se encuentran dos tuberías de descarga de aire (p) que cuentan con unas ranuras u orificios que permiten el acceso del aire enviado por el soplador a la cámara de digestión.

La transición de residuos de la CD a la primera cámara de transición de lombrices CTL₁ se realiza con el movimiento de la base móvil (q), la cual cuenta con 3 tornillos tipo mariposa o palomilla que se sueltan para permitir el deslizamiento de esta o ajustar la base móvil al dispositivo. En la CTL₁ (d) los residuos son transformados mediante la interacción entre microorganismos y lombrices dando como resultado al final del proceso un producto rico en nutrientes para las plantas y libre de organismos patógenos (Suthar, 2007). La CTL₂ (e) almacena un sustrato en donde se concentran las lombrices, las que al sentir la necesidad de alimento, se desplazan a la CTL₁ en busca de este, siempre y cuando la temperatura de los residuos pretratados haya disminuido y sean inferiores a los 30°C o estén en un rango de 14 a 27°C, temperatura adecuada para su óptimo desarrollo (Schuldt, 2006).

Por otra parte el dispositivo tiene incorporado un filtro percolador de gravas y zeolitas que permite el tratamiento de los subproductos líquidos (lixiviados) generados en el proceso, transformándolos en un producto líquido rico en nutrientes para el aprovechamiento como fertilizante (u).

El filtro percolador tiene el objetivo de reducir el amoniaco presente en el agua y mejorar las características de pH cercanas a la neutralidad (Liu y Lo, 2011).

Cuando los lixiviados se encuentran cercanos a la neutralidad, pueden ser descargados a través de la válvula manual (v) que envía el lixiviado tratado al disco de distribución que descarga por goteo el lixiviado pretratado a la CTL₂, favoreciendo la oxigenación y el desprendimiento de gases volátiles en el lixiviado. Investigaciones como las de Amlinger, Peyr y Cuhls (2008) demuestran que durante el compostaje doméstico se emiten a la atmósfera contaminantes gaseosos tales como el amoniaco, metano y óxido nitroso, entre otros. Estos gases generan olores ofensivos y por tal motivo fue necesario incorporar el tubo de escape (k) con un filtro desodorizador que se encargan de adsorber los gases generados en los procesos de degradación (z).

Por último, se propone la incorporación de unas ruedas giratorias para el fácil desplazamiento del dispositivo (m) (Figura2).

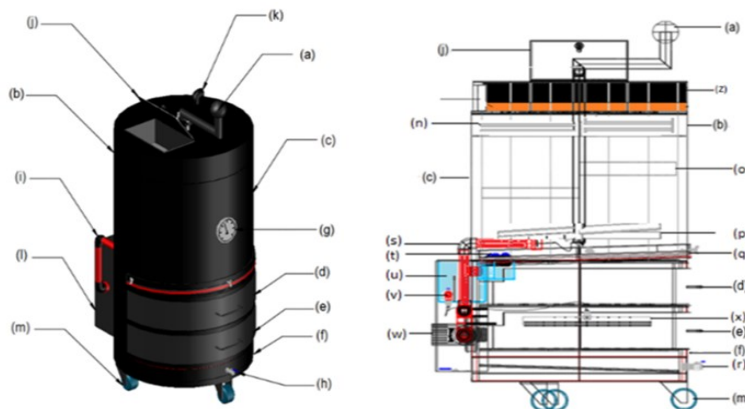


Figura 2. Modelo 3D del prototipo con la esquematización de los componentes principales
Fuente: autores.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se diseñó un dispositivo compacto, de apariencia estética para el tratamiento de los RSB, que permite su ubicación al interior de la vivienda o en espacios reducidos sin la generación olores ofensivos, garantizándose las condiciones sanitarias debido a las unidades de tratamiento contempladas, que permiten optimizar los procesos de degradación aeróbica y controlar subproductos del proceso.

Adicionalmente el dispositivo se diseñó para fabricarlo con elementos estándares existentes en el mercado local, de fácil adquisición y desmonte, lo que permite mejorar sus características de fabricación, operatividad y mantenimiento. Teniendo en cuenta que el dispositivo es una propuesta teórica es necesario que futuros investigadores interesados pongan a prueba el dispositivo, para lo cual es necesario, en primera instancia, determinar los aditivos adecuados para el proceso de fermentación y las cantidades por adicionar de estos para el óptimo rendimiento en el proceso. Posteriormente es importante, a través de pruebas de laboratorio, evaluar si la calidad del compost y el lixiviado obtenido permite ser aplicado como enmienda directamente al suelo para mejorar su fertilidad.

Adicionalmente, es necesario que durante la operación del sistema se evidencien posibles oportunidades de mejora en el diseño o el proceso para facilitar la operación y brindar las bases para la elaboración de un manual operativo que proporcione la información necesaria para el funcionamiento adecuado del prototipo en un hogar.

Probablemente el desarrollo de este prototipo y su aplicación podría generar un cambio en las comunidades con respecto al tratamiento de residuos sólidos orgánicos, mediante la

clasificación de los residuos y posterior revalorización de los mismos. De esta manera la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y especialmente la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales reafirman su indispensable papel como ente generador de alternativas para el progreso de la región y el mejoramiento del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Semillero de Investigación Biotec -Ambiental y a la docente tutora Gloria Stella Acosta Peñaloza por la orientación brindada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amlinger, F., Peyr, S., Cuhls, C. (2008). Greenhouse gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste Management and Research*. 26(1), 147-160. doi: 10.1177/0734242X07088432.

Andersen, J.K., Boldrin, A., Christensen, T.H., Scheutz, C. (2011). Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. *Waste Management*. 31(9-10), 1934-1942. doi:10.1177/0734242X09360216.

Cox, J. Giorgi, S., Sharp, V., Strage, K., Wilson, D.C., Blakey, N. (2010). Household waste prevention-a review of evidence. *Waste Manage Res.* 28(3), 193-219. doi:10.1177/0734242X10361506

Deka, H., Deka, S., Baruah, C.K., Das, J., Hoque, S., Sarma, H., Sarma, N.S. (2011). Vermicomposting potentiality of *Perionyx excavates* for recycling of waste biomass of java citronella-an aromatic oil yielding plant

- Bioresour Technol. 102(24), 11212-11217. doi: 10.1016/j.biortech.2011.09.102.
- Liu, C. H., Lo, K. V. (2001).** Ammonia removal from compost leachate using zeolite. II. A study using continuous flow packed columns. Journal of environmental science and health. Part B. 36(5), 667-675. doi:10.1081/PFC-100106193
- Lim, S.L., Wu, T.Y., Clarke, C., (2014).** Treatment and biotransformation of highly polluted agro-industrial wastewater from palm oil mill into vermicompost using earthworms. J. Agric. Food Chem. 62(3), 691-698.
- Papadopoulos A.E., Stylianou, M.A., Michalopoulos, C.P., Moustakas, K.G., Hapeshis, K.M., Vogiatzidaki, E.E., Loizidou M.D. (2009).** Performance of a new household composter during in-home testing. Wastemanagement. Res. 29 (1), 204-213.,
- Schuldt, M. (2006).** "Lombricultura: teoría y práctica". Editorial Mundi-Prensa. España. 307 pg.
- Suarez, F.A. (2015).** Diseño de un procesador de residuos sólidos para uso doméstico. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero mecánico. Facultad de ingeniería mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda. URL: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5326/628445S939.pdf?sequence=1>. [F. consulta: 20160427].
- Torres, J. (2010).** Diseño y construcción de un prototipo automático para preparar composta. Trabajo de grado para obtener el título de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Departamento de Mecatrónica. México. URL: <http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-mktro/submenu/investigacion/tesis/53%20Julio%20Torres%20Sandoval.pdf>. [F. consulta: 20160505].
- Yang, J., Lv, B., Zhang, J., Xing, M. (2014).** Insight into the roles of earthworm in vermicomposting of sewage sludge by determining the water-extracts through chemical and spectroscopic methods. Bioresour Technol. 154, 94-100. doi: 10.1016/j.biortech.2013.12.023