

METODOLOGÍA PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE PLANTAS DE COMPOSTAJE EN MUNICIPIOS CON NIVEL DE COMPLEJIDAD ALTO

1. Jully Paola Moyano Hernández - 2. Wendy Andrea Ávila Ruiz

Docente Asesor: Juan Pablo Rodríguez Miranda

Semillero de Investigación: Obatalá

PALABRAS CLAVES:

Dimensionamiento, Planta de compost, residuos orgánicos, compostaje.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos se han visto como una problemática debido a una alta tasa de producción que es consecuencia del aumento poblacional y las actividades de consumo cada vez más notorias entre las personas. Colombia no es ajeno a dicha problemática de acuerdo a un informe del (DANE, 2017), el país generó en el año 2011 cerca del 9.6 millones de toneladas de residuos sólidos y para el año 2016, reporta MINAMBIENTE que aproximadamente 11.6 millones de toneladas de residuos fueron dispuestos en los rellenos sanitarios sin tratamientos de aprovechamiento previos. Adicional-

mente, se ha identificado que Colombia y otros países latinoamericanos presentan gran porcentaje de residuos sólidos orgánicos mezclados, los cuales tienen fuertes impactos ambientales en las zonas de disposición final como son la contaminación hídrica tras la generación de lixiviados y la generación de gases de efecto invernadero, estos últimos al ser enterrados en los rellenos sanitarios representan cerca de un 61% de producción de los contaminantes atmosféricos que alteran la capa de ozono. (COMPES, 2016). Los residuos sólidos orgánicos son material biodegradable que tras tratamientos de transfor-

1. Proyecto Curricular Ingeniería Sanitaria UDFJC- jpmoyanoh@correo.udistrital.edu.co
2. Proyecto Curricular Ingeniería Sanitaria UDFJC - weaavilar@correo.udistrital.edu.co

mación se pueden obtener abonos que beneficien la estructura de los suelos y por ende también mejores producciones agrícolas de ser usados para tal fin.

A partir de lo anterior, se plantea como solución el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a través de su transformación en las plantas de compostaje para la obtención de enmiendas orgánicas. Actualmente se toma como guía de diseño el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000, título F, sección F.5.5.2.3.), donde se encuentra una secuencia de cálculo para dimensionar plantas de compostaje que traten 100Ton/día de residuos orgánicos presentando cuatro estructuras internas; en las cuales se realiza todos los procesos de transformación de la materia orgánica.

Es de resaltar que dicha metodología del RAS-2000 puede ser complementada, razón por la cual se ha elaborado este trabajo, cuya finalidad es proponer una metodología de dimensionamiento de plantas de compostaje en municipios con generación de residuos orgánicos

aprovechables mayor o igual a 100 Ton/día;; mejorando, optimizando y separando los espacios físicos de la planta, tras una revisión bibliográfica que permitiera la identificación y comparación de otras áreas logísticas con sus respectivas secuencias de cálculo para diseño en las plantas de compostaje.

REFLEXIÓN

Actualmente se presentan problemas debido a la mezcla de los residuos sólidos, principalmente porque estos cuentan con un porcentaje mayor de residuos orgánicos, los cuales al ser dispuestos en los rellenos sanitarios, generan una parte de lixiviados y gases de efecto invernadero (RAS, 2012).

Por tanto, se plantea como solución el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, a través de su transformación en las plantas de compostaje para la obtención de enmiendas orgánicas (Tecnigrícola, 2013).

El (RAS, 2012) precisa unos cálculos de diseño en la que se identifican cuatro es-

estructuras internas, donde se lleve a cabo los procesos para realizar las acciones de transformación de la materia orgánica. Y surge una inquietud que busca ser resuelta tras el desarrollo del presente trabajo: “¿Cómo se puede optimizar el proceso del dimensionamiento para plantas de compostaje en municipios que generan más de 100 Ton/día de residuos orgánicos aprovechables?”, para lo cual se propone la implementación de una metodología de diseño donde se podrá dimensionar plantas de compostaje que traten y transformen dichos residuos a partir de su nivel de complejidad alto, siendo un aporte a la problemática descrita, y dejando como valor agregado el compost, subproducto de calidad y beneficio agroforestal (RAS, 2012).

El trabajo actual se basó en información secundaria, permitiendo definir el compostaje como un proceso de descomposición biológica de los residuos orgánicos (Garrido, 2015) (Rondón Toro *et al.*, 2016) en condiciones aeróbicas controladas que favorecen

la acción de los consorcios microbianos presentes en las diferentes etapas (Agencia de residuos sólidos de Cataluña-ARC, 2016) (Oviedo Ocaña, Marmolejo Rebellon, & Torres Lozada, 2016).

El proceso de compostaje presenta dos etapas predominantes basadas en la actividad biológica, siendo éstas la etapa de descomposición (donde se da el aumento de microorganismos quienes usan las fuentes de carbono para su energía, y las fuentes de nitrógeno para su crecimiento), y la etapa de maduración (marca el cierre de la etapa anterior, presentando una estabilidad en los parámetros que se deben controlar en el proceso). Las etapas deben ser contempladas a la hora de seleccionar el tipo de sistema de compostaje, ya que un sistema abierto puede trabajar pilas estáticas y usar volteos periódicos en donde se presenta una aireación natural o en algunos casos forzada. Las instalaciones tienen un manejo sencillo, por lo que la operación tiene un costo menor de inversión, mientras que un sistema cerrado permi-

te un proceso de fermentación dado en instalaciones herméticas, lo que genera una mayor exigencia al momento de invertir en maquinaria más compleja. Este último sistema permite controlar mejor los parámetros del proceso, facilita la continuidad y el tratamiento de los gases a la salida del reactor y facilita la recolección y gestión de los lixiviados (Röben, E. (2002)) Las plantas de compostaje necesitan para su diseño algunos requerimientos mínimos, que para el presente documento están dados por diferentes referentes bibliográfico y normativos como Aida Garrido (2015) con Plantas de compostaje en Túneles, quien nos habla del tiempo de contacto en la cámara de recepción esta entre tres y cuatro días, así como el tiempo en el área de descomposición puede llegar a ocho semanas. Por otra parte, la Agencia de Residuos Sólidos de Cataluña (ARC, 2016), sugiere que el tiempo de operación en la maduración sea de dos a cuatro semanas según características del material compostado, también aportan ecuaciones que permiten el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento para lixiviados. El Ministerio

de Medio Ambiente y Agua (MMAyA, 2012), Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (VAPSB, 2012), & la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos (DGGIRS, 2012) de Bolivia, presenta que un proceso de compostaje debe durar mínimo nueve meses a fin de lograr que el material orgánico degradado (compost) presente una estabilidad y una calidad que no genere afectaciones en las actividades para las que se hayan destinado. Se resalta adicionalmente entre las dimensiones de las pilas estas deben tener una base entre 1.5m a 3m con alturas de 1.5 hasta 2.5m según la maquinaria a utilizar., El Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), título F, la Resolución 0330 de 2017 y, el Decreto 596 de 2016 (ECA), indican cuales son las operaciones mínimas con que debe contar una planta de aprovechamiento para material orgánico. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2015 año), también presenta algunas sugerencias respecto a los parámetros que se deben controlar en las pilas de compostaje lue-

go de su funcionamiento.

Una planta de compostaje debe contar con ocho estructuras en las que se desarrolla el proceso (Rodríguez, J.P., 2018), siendo estas las siguientes:

(i) Una cámara de recepción por donde ingresa el material a compostar, el cual es identificado, pesado, separado, clasificado y triturado. (ii) El área de la cámara contempla la cantidad de residuos que ingresan, junto a la densidad de los residuos orgánicos y el tiempo de almacenamiento temporal en caso de alguna novedad. (iii) El área de descomposición permite que los residuos orgánicos se descompongan, es también donde se desarrolla la primera parte de la compostación; esta área debe contar con un aislamiento entre el suelo y los residuos orgánicos por consiguiente una recolección de los lixiviados generados tras la degradación. El dimensionamiento del área debe determinarse el volumen parcial de la planta, la forma de la pila de compostaje y la separación entre pilas, el número de pilas a utilizar y un espacio de almacenamiento, que tiene en cuenta el vo-

lumen total de la planta de compostaje, el área total de compostaje y el tiempo mínimo requerido para almacenar el material (2 meses).

(iii) El área de maduración debe ser amplia, ya que en ella se conforman pilas con el material proveniente del proceso de descomposición, y su dimensionamiento contempla tiempos de operación, cantidad de residuos de ingreso, y espacios específicos.

(iv) El área de post-tratamiento contara con un equipo de cribado en el cual se retire material impropio del compost, mejorando su granulometría y luego pasaría a un sistema de envasado en lonas que al ser sellados y rotulados quedarían listos para su comercialización. Para conocer el valor de esta área se hace uso del volumen de la pila y las dimensiones del equipo utilizado durante este proceso.

(v) El área de oficinas y servicios se hace indispensable en la planta, ya que en ella se desarrollan las actividades administrativas y

además proporciona un espacio de baños y vestier para el personal. El lugar debe contar con servicio de electricidad, línea telefónica, aseo y agua potable. Para el dimensionamiento de esta área es necesario contar con el área de almacenamiento, ya que esta infraestructura debe ser tres veces el área antes mencionada.

Los lixiviados deben ser recolectados desde las áreas de mayor generación (cámara de recepción, área de descomposición, área de maduración), conducidos y depositados en un tanque de almacenamiento externo, donde se dé un tratamiento o reutilice para la reincorporación en el proceso mediante el riego de las pilas iniciales. Una forma de determinar el área es teniendo presente la cantidad de material que ingresa a la planta, los tiempos de descomposición y maduración, seguido de un factor de seguridad correspondiente a 1.5 y un porcentaje de residuo líquido generado por el material orgánico siendo del 5%. A continuación en la Imagen 1, se presentan las diferentes áreas mencionadas para una planta de compostaje:



Imagen 1. Áreas planta de compostaje (Avila W.; Moyano P., 2019)

Finalmente, el área total requerida para el funcionamiento adecuado de la planta se da tras la sumatoria de todas las áreas.

CONCLUSIONES

*A partir de la información consultada, analizada y evaluada se concluye que las tres metodologías pueden ser desarrolladas para dimensionar plantas de compostaje con capacidad de tratamiento de 100 Ton/día.

*Se resalta que el caso particular del RAS-2000, debido a la carencia de cálculos para determinar algunas áreas da cabida a la inexactitud en un área total por lo que sobredimensiona la planta; mientras que para el método de MMAyA, VAPSB, & DGGIRS, la misma carencia de ecuaciones permite que

el área total sea más pequeña y, es posible, que no logre cumplir a cabalidad los procesos de compostaje dentro de la planta. Por tanto, se considera que la propuesta al tener una secuencia de cálculo que contempla el diseño de cada área tiene una mayor posibilidad de acercamiento a la realidad respecto al dimensionamiento de las plantas de compostaje.

*La metodología que a partir de este proyecto se estructuró, contiene instalaciones relevantes dentro de una planta de compostaje como son la cámara de recepción, un área de descomposición, un área de maduración, un área de post-tratamiento, y un área de almacenamiento para lixiviados, lo que permite servir de complemento para mejorar el sistema de recolección de lixiviados a fin de cumplir con la norma (Decreto 1077/15, Decreto 596/16, Decreto 0330/17; entre otras) y servir de complemento a los lineamientos técnicos definidos por el RAS, Título F.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Carrión, W., & Peralta Franco, M. I. (2015). *Elaboración de Abonos Orgánicos a*

Partir del Compostaje de Residuos Sólidos Agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Elaboración de Abonos Orgánicos a Partir del Compostaje de Residuos Sólidos Agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia: Universidad de Cundinamarca.

Agencia de residuos sólidos de Cataluña-ARC. (2016). *Guía práctica para el diseño y la explotación de plantas de compostaje* (Vol. 1). (Agencia de residuos sólidos de Cataluña- ARC, Ed.) Barcelona, Cataluña: Agencia de residuos sólidos de Cataluña-ARC.

Alegre, M., Cantanhede, A., & Sandoval, L. (2017). *Guía para el Manejo de Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas y Zonas Rurales* (Vol. 1). Santiago de Chile, Chile: CEPIS /OPS.

ARL SURA. (2019). *Gestión SST para trabajadores.* Medellín: ARL SURA.

Banco de la República de Colombia. (2017). *Serie histórica desde 1985.* Bogotá D.C.:

Banco de la República de Colombia.

CAT. (3 de marzo de 2019). *Catálogo Minicargador-CAT*. Recuperado el 03 de marzo de 2019, de Catálogo Minicargador-CAT: <https://www.slideshare.net/oro5cocatt/catalogo-minicargador-de-ruedas-256b-262b-268b-espaul-wwworoscocattcom>

CEPIS/OPS. (1996). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Colombia. En CEPIS, *Plan Regional de Inversiones en Ambiente y Salud* (pág. 100). Lima: CEPIS.

CONPES. (2016). CONPES 3874 de 2016. *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. (pág. 73). DNP. Bogotá D.C.

DANE. (2017). *Boletín Técnico Cuenta ambiental y económica de flujo de materiales R.S. 2012-2015p*. Bogotá D.C.: DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (27 de Noviembre de 2015). CUENTA DE RESIDUOS 2005 – 2013 provisional Oferta y utilización de residuos sólidos. *Boletín Técnico-DANE*, 2, 15.

EAWAG/Sandec, Rothenberger. (2006). *De-*

centralised composting for cities of Low - and middle- Income Countries. A Users' Manual (Vol. 1). Duebendorf, Suiza: La preocupación de residuos.

Empresas Públicas de Cundinamarca-EPC. (2011). *Informe de Residuos Sólidos en Cundinamarca*. Bogotá D.C.: Gobernación de Cundinamarca.

FAO. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina* (Vol. 1). Santiago de Chile: FAO.

Garrido Ibáñez, A. M. (2015). ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles. En A. M. Garrido Ibáñez, *Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles* (pág. 121). Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

IBICOL Ltda., & MIDWEST, B.-S. (02 de enero de 2018). *IBICOL-Insumos Biologicos de Colombia*. Recuperado el 03 de marzo de 2019, de IBICOL-Insumos Biologicos de Colombia: https://www.ibicol.com.co/recursos/pdf/volteadora_curvas_pt_120.pdf

- ICA. (2015). *Cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico compostado en producción ecológica*. Bogotá D.C.: ICA.
- ICONTEC. (26 de 04 de 2006). Guía para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos no Peligrosos. *Guía Técnica Colombiana GTC 53-7, 30*. Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia: ICONTEC.
- METTLER TOLEDO. (2 de Enero de 2013). *Guía de básculas para camiones*. Recuperado el 03 de marzo de 2019, de Guía de básculas para camiones: <file:///C:/Users/USER/Downloads/Gu%C3%ADa%20de%20b%C3%A1sculas%20para%20camiones.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (17 de octubre de 2016). En cuenta regresiva para limpiar Colombia. *Noticias-minambiente*, pág. 1.
- Ministerio del Medio Ambiente. (1998). *Política para la Gestión Integral de Residuos*. Santafé de Bogotá: Ministerio del Medio Ambiente.
- MMAyA, VAPSB, & DGGIRS. (2012). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, mediante Compostaje y Lombricultura* (Vol. 1). La Paz, Bolivia.
- MMAyA, VAPSB, & DGGIRS. (2012). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, mediante Compostaje y Lombricultura* (Vol. 1). La Paz, Bolivia.
- Naciones Unidas. (16 de Junio de 1972). *DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/TratInt/Derechos%20Humanos/INST%2005.pdf>
- ONU. (Septiembre de 2012). *DECLARACIÓN DE RÍO DE JANEIRO*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de DECLARACIÓN DE RÍO DE JANEIRO: <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/declaracion-de-rio-1992.pdf>
- Oviedo Ocaña, E. R., Marmolejo Rebellon,

- L. F., & Torres Lozada, P. (septiembre de 2016). Avances en investigación sobre el compostaje de biorresiduos en municipios menores de países en desarrollo. Lecciones desde Colombia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 18(1), 12.
- Reportero industrial. (27 de Agosto de 2012). *Reportero Industrial*. Recuperado el 28 de Febrero de 2019, de Reportero Industrial: <http://www.reporteroindustrial.com/temas/Guantes-en-carnaza-para-uso-industrial+10089375>
- República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá: República de Colombia.
- Röben, E. (2002). *Manual de compostaje para municipios* (Vol. 1). Loja, Ecuador: DED/Ilustre Municipalidad de Loja.
- Rodríguez, J. P. (02 de Diciembre de 2018). Criterios Plantas de compostaje, tomado del RAS 2010, Resolución 0330/17. (W. Avila, & P. Moyano, Entrevistadores)
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago de Chile: Naciones Unidas-CEPAL.
- Rondon Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios* (Vol. 1). Santiago, Chile: Naciones Unidas/CEPAL.
- SAMANCTA. (12 de 10 de 2012). *Comisión Europea Fiscalidad y Unión Aduanera*. Recuperado el 08 de 03 de 2019, de Comisión Europea Fiscalidad y Unión Aduanera: https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/ES/Safety/FootProtection_ES.htm
- Sánchez Díaz, I. (2008). Estudio Técnico y Económico de una Planta de Tratamiento de Residuos Vegetales en GETAFE. Getafe, España.
- SEMARNAT/INE/GTZ. (2006). *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos* (Vol. 1). Ciudad de México, México: SEMARNAT.

Superservicios. (2017). *Disposición final de Residuos Sólidos. Informe Nacional 2016*. Bogotá D.C.: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Tecnicoagricola. (16 de Abril de 2013). www.tecnicoagricola.es. Recuperado el 17 de Noviembre de 2018, de www.tecnicoagricola.es:<http://www.tecnicoagricola.es/abonos-organicos-y-enmiendas-organicas/>

UAESP. (2011). *Caracterización de Residuos Sólidos Residenciales Generados en la Ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.: UAESP.

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. (2012). Título F- Sistemas de Aseo Urbano. *En Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico-RAS* (pág. 264). Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.