BIOTRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD

VIVIANA LOPEZ COLORADO
MAICOL ESTIVEN FLOREZ VARGAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
BOGOTA D.C
ENERO DE 2017

BIOTRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD

VIVIANA LOPEZ COLORADO
CÓDIGO: 20131085040

MAICOL ESTIVEN FLOREZ VARGAS
CÓDIGO 20131085029

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar el título de
TECNÓLOGOS EN SANEAMIENTO AMBIENTAL

Carlos Hernán Valencia Monedero
Ingeniero Sanitario Msc Ingeniería Civil
DIRECTOR

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
BOGOTA D.C
ENERO DE 2017

DEDICATORIA

A mis sobrinas Isabel y Antonia.
Gracias por dar un nuevo sentido a la vida y
reflejar que la felicidad existe aún en medio del caos.
Es por ustedes que amo cada átomo y toda energía.

Viviana López Colorado

DEDICATORIA

Los actos y sentimientos que construyen personas cada día. Los sueños que mediante paciencia y esfuerzo son realidad.

Maicol Estiven Flórez Vargas

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que directa e indirectamente han contribuido a la elaboración de este proyecto. Especialmente a nuestro director Carlos Hernán Valencia, quien desde un principio confió en nosotros y nos apoyó en todo momento.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas que nos brindó conocimiento y formación ética durante este tiempo. La Secretaria Distrital de Salud, por permitirnos apoyarlos en la elaboración de este proyecto que beneficiara a la comunidad.

TABLA DE CONTENIDO **PAG**

1. INTRODUCCIÓN. **1**

2. OBJETIVO. **3**

2.1 Objetivo general. 3

2.2 Objetivos específicos. 3

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. **4**

4. JUSTIFICACIÓN. **4**

5. MARCO TEÓRICO. **5**

5.1 Antecedentes. 5

5.1.1 Origen del término. 5

5.1.2 Compostaje en Colombia. 7

5.1.3 Compostaje en la Secretaría Distrital de Salud. 8

6. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS. **9**

6.1 Definición de residuo sólido. 9

6.2 Clasificación de residuos sólidos. 9

6.2.1 Clasificación según sus medidas de manejo. 9

6.2.2 Clasificación según su estado. 10

6.2.3 Clasificación según su aprovechamiento. 11

6.2.4 Clasificación según su origen. 11

6.2.5 Clasificación según flujo temático. 13

6.2.6 Clasificación según su composición. 15

6.2.7 Clasificación según su peligrosidad. 16

6.3 Definición y clasificación de los residuos sólidos orgánicos. 17

7. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS. **18**

7.1 Generación de residuos orgánicos a nivel mundial. 18

7.2 Generación de residuos Orgánicos a nivel nacional. 20

7.3 Generación de residuos orgánicos a nivel distrital 21

8. PROCESOS DE APROVECHAMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS. **23**

8.1 Biología- Bioquímica 23

8.2 Termoquímica 23

8.3 Fisicoquímica _____ 23

9. TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR MEDIO DE COMPOSTAJE. _____ 24

9.1 Definición de compostaje._____ 24

9.2 Etapas de compostaje. _____ 24

9.2.1 Mesofílica primaria. _____ 25

9.2.2 Termofílica. _____ 25

9.2.3 Mesofílica secundaria. _____ 25

9.2.4 Maduración. _____ 25

9.3 Parámetros de control. _____ 25

9.3.1 Tamaño de partícula. _____ 25

9.3.2 Aireación. _____ 26

9.3.3 Relación carbono/nitrógeno. _____ 26

9.3.4 Medición de pH. _____ 26

9.3.5 Contenido de Humedad. _____ 26

9.3.6 Temperatura. _____ 27

9.4 Microorganismos eficientes. _____ 27

9.4.1 Efectos del compostaje con EM en los vegetales. _____ 27

9.4.2 Efecto del compostaje con EM en los suelos. _____ 28

9.6 Principales microorganismos en la degradación de residuos orgánicos. 28

9.6.1 Bacterias fotosintéticas. _____ 28

9.6.2 Bacterias ácido lácticas._____ 29

9.6.3 Levaduras. _____ 29

10. MARCO NORMATIVO. _____ 30

11. MARCO GEOGRÁFICO. _____ 32

11.1 Ubicación geográfica en Colombia. _____ 32

11.2 Ubicación en la ciudad de Bogotá. _____ 33

12 METODOLOGÍA. _____ 34

12.1 Inspección y revisión de la gestión actual de los residuos orgánicos generados la cafetería._____ 34

12.2 Desarrollo de actividades de formación sobre la separación de residuos sólidos. _____ 34

12.3 Determinación del peso, volumen y densidad de los residuos orgánicos. 35
12.4 Adquisición y operación de equipos. 37
12.5 Indicadores de las características del Compost. 39
12.5.1 Relación carbono-nitrógeno (C/N). 39
12.5.2 Humedad. 40
12.5.3 Aireación. 40
12.5.4 Estructura y tamaño de los Residuos. 41
12.5.5 Medición de pH. 41
12.5.6 Temperatura. 41
12.5.7 Microbiología del compost. 41
12.5.7.1 Carga microbiana. 41
12.6 Uso del compost en zonas verdes de la Secretaría Distrital de Salud. 42
12.7 Diseño de un plan de trabajo para la separación, almacenamiento, aforo y tratamiento de residuos orgánicos. 42
13. RESULTADOS. 43
13.1 Inspección y revisión de la gestión actual de los residuos orgánicos generados la cafetería. 43
13.2 Formación y capacitación sobre la separación de residuos sólidos y manipulación de alimentos. 43
13.3 Parámetros físicos de los residuos orgánicos. 45
13.4.1 Selección de compostera 50
13.4.1.1 Operación compostera 52
13.4.1.2 Ubicación de equipos 53
13.5 Manejo, seguimiento y control del proceso de compostaje. 53
13.6 Uso adecuado del compost. 57
13.7 Diseño de un plan de trabajo para la separación, almacenamiento, aforo y tratamiento de residuos orgánicos. 57
11. CONCLUSIONES. 59
12. RECOMENDACIONES. 61
13. GLOSARIO. 62

14. REFERENCIAS. 64
15. ANEXOS 67

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Métodos para el procesamiento de residuos orgánicos en Colombia. _____ *7*
Ilustración 2 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos. _____ *17*
Ilustración 3 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel global. _____ *19*
Ilustración 4 Porcentaje de composición de residuos orgánicos a nivel global. _____ *20*
Ilustración 5 Generación de residuos sólidos municipales en los países de frontera terrestre con Colombia. _____ *21*
Ilustración 6 Generación de residuos sólidos municipales en las principales ciudades de Colombia. ____ *22*
Ilustración 7 Etapas y parámetros (Temperatura, Oxigeno y pH) del proceso de compostaje. _____ *24*
Ilustración 8 Ubicación geográfica de Bogotá. _____ *32*
Ilustración 9 Imagen satelital de la Secretaria Distrital de Salud. _____ *33*
Ilustración 11 Modelo de etiqueta para el aforo de residuos orgánicos. _____ *36*
Ilustración 12 Zona 1 de ubicación de equipos. _____ *37*
Ilustración 13 Zona 2 de ubicación de equipos. _____ *38*
Ilustración 14 Zona 3 de ubicación de equipos. _____ *38*
Ilustración 15 Restaurante Secretaría Distrital de Salud. _____ *43*
Ilustración 16 Generación diaria de residuos orgánicos en el mes de junio. _____ *46*
Ilustración 17 Generación diaria de residuos orgánicos en el mes de julio. _____ *47*
Ilustración 18 Termohigrómetro digital multiusos. _____ *49*
Ilustración 19 Bascula tipo gancho digital de baja capacidad. _____ *49*
Ilustración 20 Medidor análogo de pH y humedad. _____ *50*
Ilustración 21 Compostera con compartimientos dispuestos de forma vertical _____ *51*
Ilustración 22 Operación de compostera. _____ *52*
Ilustración 23 Ubicación de equipos. _____ *53*

LISTADO TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los residuos sólidos según sus medidas de manejo. _____ *10*
Tabla 2 Clasificación de los residuos sólidos según su estado. _____ *10*
Tabla 3 Clasificación de los residuos sólidos según su aprovechamiento. _____ *11*
Tabla 4 Clasificación de los residuos sólidos según su origen. _____ *12*
Tabla 5 Clasificación de los residuos sólidos según su flujo temático. _____ *13*
Tabla 6 Clasificación de los residuos sólidos según su composición. _____ *15*
Tabla 7 Clasificación de los residuos sólidos según su peligrosidad. _____ *16*
Tabla 8 Legislación ambiental asociada a residuos sólidos. _____ *30*
Tabla 9 Presupuesto de biotransformación de residuos orgánicos. _____ ***¡Error! Marcador no definido.***
Tabla 10 Formato de aforo de residuos orgánicos generados en la Secretaria Distrital de Salud. _____ *36*
Tabla 11 Indicadores de la evolución del proceso de Compostaje. _____ *39*
Tabla 12 Calculadora de la relación C:N _____ *40*
Tabla 13 Medición del valor de la masa de los residuos orgánicos en el mes de junio. _____ *46*
Tabla 14 Medición del valor de la masa de los residuos orgánicos en el mes de julio. _____ *47*
Tabla 15 Medición del peso de los residuos orgánicos en el mes de agosto. _____ *48*
Tabla 16 Relación peso, volumen y densidad. _____ *48*
Tabla 17 Variables en los indicadores de la evolución del compost. _____ *53*

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tiempo de carga compostera _____ *50*
Ecuación 2 Volumen de producción de residuos orgánicos. _____ *50*

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1 Modelo de acta. _____ *67*
Anexo 2 Modelo de lista de asistencia. _____ *68*
Anexo 3 Modelo de rotulado de residuos orgánicos. _____ *68*
Anexo 4 Modelo de bitácora de registro de aforos. _____ *69*
Anexo 5 Modelo bitácora de registro de indicadores de compost _____ *69*
Anexo 6 Cotizaciones _____ *70*
Anexo 7 Valor económico de compostera seleccionada. _____ *71*
Anexo 8 Características de selección de composteras. _____ *71*

RESUMEN

De acuerdo a el proyecto de acuerdo 113 de 2011 expedido por el consejo Bogotá, el 55% de los residuos sólidos en Colombia es material orgánico. El crecimiento exponencial de la población y la disposición final inadecuada, ocasionan impactos ambientales negativos y problemas de salud pública, por lo cual es imprescindible buscar alternativas para su tratamiento, como el compostaje. Por eso, este proyecto busca dirigir un plan de trabajo para el aprovechamiento de 13000 kilos de residuos sólidos orgánicos que se generan cada año en el restaurante de la “Secretaría Distrital de Salud (SDS)” de la ciudad de Bogotá.

Palabras Clave:
Residuos sólidos, fracción orgánica, compostaje, biotransformación.

SUMMARY

According to the draft agreement 113 of 2011 issued by the council bogota, the 55% of solid waste is organic material in colombia. the exponential population growth and inadequate disposal, cause negative environmental impacts and public health problems, so it is imperative to seek treatment alternatives, such as composting. therefore, this project seeks to address a work plan for the use of 13000 kilos of organic solid waste generated each year in the restaurant of the “secretaría distrital de salud (sds)” in the city Bogotá.

Key Words:
Solid waste, Section Organic, composting, biotransformation.

1. INTRODUCCIÓN.

Los residuos sólidos producidos en Colombia se producen principalmente en áreas urbanas, donde se concentra la población de la nación en cinco ciudades principales (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena), el volumen de residuos generados causa un impacto ambiental negativo debido a la inadecuada disposición a cielo abierto o cauces de agua. La disposición incorrecta genera olores ofensivos, proliferación de vectores y riesgo de acumulación de gases inflamables.

El ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible por medio de la implementación del sistema público de aseo, identifica y promueve la separación en la fuente de residuos aprovechables y orgánicos, sin embargo los residuos orgánicos reconocidos por la autoridad ambiental son los generados en plazas de mercado, corte de césped y poda de árboles, desconociendo los producidos en otras ocupaciones por considerarlos peligrosos para la salud pública. No obstante según el método de disposición de los residuos orgánicos no reconocidos (procedentes de alimentación humana), puede reducirse el riesgo de enfermedades asociadas por medio de la inactivación de microorganismos, hongos y nematodos patógenos.

El compostaje es un proceso biotecnológico que permite la transformación de residuos sólidos orgánicos por medio de un proceso bioxidativo controlado *(temperatura, oxígeno y humedad)* reduciendo el peso y el volumen de los residuos en materiales biológicamente estables *(humificación)*. Para el tratamiento de residuos orgánicos, la biotransformación de residuos, es el método más empleado y económicamente viable para municipios, industrias y áreas específicas. La implementación de un sistema de compostaje específico, requiere conocer la población que genera los residuos sólidos, la clasificación adecuada de los residuos sólidos producidos *(orgánicos e inorgánicos)* y la fracción de materia orgánica susceptible a un proceso de biodegradación en un lapso de tiempo conocido.

La biotransformación de los residuos sólidos orgánicos generados por la producción de alimentos en el restaurante de la Secretaría Distrital de Salud (SDS), se llevará acabo de manera general por medio de la capacitación para la adecuada separación de los residuos sólidos, medición de los residuos sólidos orgánicos producidos, selección de equipos y diseño de un plan de seguimiento y control.

2. OBJETIVO.

2.1 Objetivo general.

- Evaluar la biotransformación de residuos orgánicos generados en la cafetería de la Secretaría Distrital de Salud.

2.2 Objetivos específicos.

- Estimar la cantidad residuos sólidos orgánicos producidos en la cafetería de la Secretaría Distrital de Salud.
- Seleccionar la compostera según el volumen de residuos sólidos generados.
- Especificar los parámetros de manejo y seguimiento del compostaje.
- Diseñar un plan de trabajo para el seguimiento y control del proyecto.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La producción de residuos sólidos domiciliarios en Colombia según un estudio de la Organización Panamericana de la Salud (2005) se encuentra alrededor de 0.69 kg/hab/día, con una fracción orgánica aproximada al 60%, la disposición final se desarrolla en vertederos a cielo abierto, cauces de agua y relleno sanitario. (OPS, 2005). En el caso del distrito capital según la unidad administrativa de servicios públicos (UAESP) y Organización Panamericana de la Salud (OPS) la producción de residuos sólidos orgánicos domiciliarios se encuentra alrededor de 0.42 kg/hab/día (UAESP, 2011).

4. JUSTIFICACIÓN.

El tratamiento de los residuos orgánicos en Colombia se desarrolla en los niveles industriales y locales, específicamente en Cundinamarca, Valle del Cauca, Cauca, Risaralda, y el eje cafetero. Los principales productores de compost en el país se centran en los productores del sector azucarero (Salamanca, 2012).

En el restaurante de la Secretaría Distrital de Salud (SDS) se comercializan almuerzos, refrigerios, entre otros productos que generan residuos sólidos con una alta fracción orgánica que son conducidos a lugares de almacenamiento y transportados al relleno sanitario, por lo tanto se hace necesario evaluar los residuos sólidos producidos en la preparación de alimentos, función llevada a cabo en la cocina de la cual se excluirán todos aquellos residuos que no sean de naturaleza orgánica o que procedan de un sitio distinto, el tratamiento a este tipo residuos que son en un alto grado aprovechables pueden ser biotransformados mediante un sistema de compostaje, reduciendo el volumen de los residuos generados y aportando a la conservación de las zonas verdes y al programa de territorios saludables de la Secretaría Distrital de Salud.

5. MARCO TEÓRICO.

5.1 Antecedentes.

5.1.1 Origen del término.

La palabra “Compost” viene del latín Componere, juntar. En la naturaleza, la tierra es capaz de transformar los restos orgánicos mejorando la estructura del suelo y el contenido de nutrientes. Las plantas y los animales al morir son reducidos y descompuestos por insectos y microorganismos a sustancias nutritivas. Este complejo proceso ha sido estudiado y usado por el ser humano por mucho tiempo, la práctica del compostaje es posiblemente tan antigua como la misma agricultura. María Sesma Añón cuenta como en China y otros países asiáticos se encuentran los testimonios más antiguos sobre las prácticas de compostaje más eficientes y sofisticadas. (Echarri, 1998)

Existe evidencia sobre prácticas de compostaje desde hace más de 4.000 años. Los relatos se encuentran en varias épocas, como la expansión árabe a través de la Península Ibérica o la expulsión de los musulmanes y moriscos, los cuales poseían amplios conocimientos en el área de la horticultura productivista. Algunos relatos se encuentran en los monasterios o las huertas murcianas y la fértil huerta valenciana. (Echarri, 1998)

En Jerusalén parte de los residuos urbanos se quemaban y con los demás se hacía compost. (Marina, 1996) En el Cristianismo se habló del “Compost de los Templarios”, recogido posteriormente en los estudios del profesor francés Laurent Dailliez y agregado de investigaciones en el CNRS (Centre Nacional de la Reserche Scientifique). En España, el Mallorquín André Torcque publicó en 1995 una traducción adaptada de los estudios realizados por el Profesor Laurent Dailliez, junto con el método de compostaje de Jean Pain (horticultor francés que basándose en las técnicas de los templarios obtuvo resultados satisfactorios en su huerto). Este método fue descrito por su mujer en los años 80 en el libro “Otro huerto, el método Jean Pain”. Otro método de compostaje descrito y desarrollado

en España es el “Fens de bassa”; también en Mallorca y basándose en la observación del sistema tradicional.

Gaspar Caballero incluye el “Fens de bassa” en su libro “El huerto ecológico escolar y familiar y Prades en Crestall, el huerto fácil”. Ésta técnica requiere la intervención de animales domésticos que mediante la ingestión y procesado de los alimentos, el pisoteo y la mezcla final con las deyecciones, facilitan la fermentación una vez amontonados los restos orgánicos en el exterior.

El compostaje a gran escala se origina en India, gracias a las investigaciones desarrolladas por el inglés Sir Albert Howard, impulsor también de la agricultura orgánica. Su método se basa en complementar los conocimientos científicos con las prácticas campesinas tradicionales. Publicó el “Método Indore” (1924-1931), desarrollado en el Instituto para el cultivo de las Plantas en Indore, India Central; destacando el valor del compost tanto por sus cualidades fertilizantes como por sus propiedades estructuradoras, regeneradoras protectoras y vivificadoras de las tierras de cultivo.

En 1932 en la ciudad holandesa de Hanmer, se instaló la primera planta de compost para el tratamiento de residuos urbanos. En Europa por los siguientes 40 años se instalaron cerca de 230 plantas, sin embargo esta iniciativa se vio estancada por varias causas, entre ellas: no se separaban previamente la materia orgánica de los demás residuos sólidos urbanos, la calidad deficiente del compost producido y el poco interés de los agricultores en utilizarlo.

Luego, Ehrenfried Pfeiffer incentivo la producción industrial de grandes cantidades de compost en los años 50 y publicó en 1957 un libro con sus experiencias exitosas. Para lograr descomponer los diversos materiales, preparó un iniciador conocido como “starter”. Descubrió la especificidad de algunos microorganismos respecto a la descomposición de materiales concretos y los medios para activar su multiplicación. Ehrenfried Pfeiffer puso estaciones de compostaje en varias ciudades de EE.UU., Europa, Japón, Taiwán, etc.

Viendo la necesidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en las ciudades de América Latina para revertir la situación actual del deterioro ambiental y de la falta de oportunidades de empleo algunas ciudades han tomado como alternativa compostar los residuos orgánicos. (Henao, 2008)

5.1.2 Compostaje en Colombia.

En Colombia, el compostaje ha avanzado en la última década, contando en diferentes regiones con plantas de tratamiento de residuos, principalmente de origen agrícola, con variaciones en materias primas, lo que depende de la zona y del cultivo. Es así como en la sabana de Bogotá se produce compost de residuos de flores, en los Llanos Orientales se composta residuos de palma africana, en el eje cafetero residuos de café, en el Putumayo y Casanare corteza de árboles y en el Valle residuos de las industrias azucarera y del alcohol carburante. (Libreros, 2012). El procesamiento de residuos orgánicos en el país se está llevando a cabo por tres métodos diferentes. (Ilustración 1).

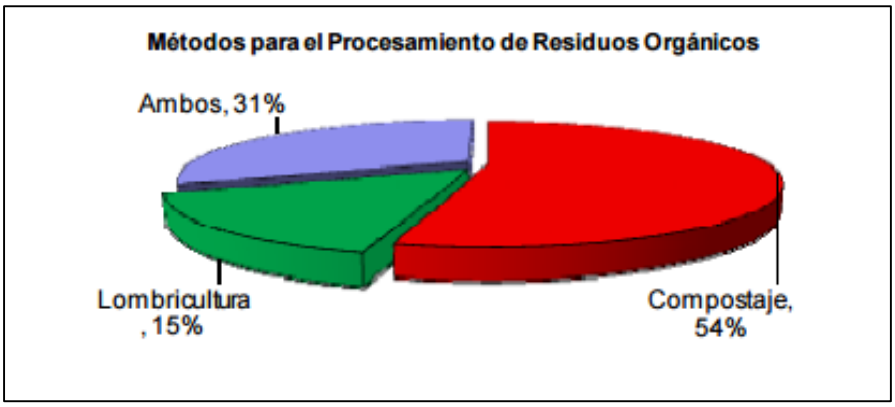


Ilustración 1 Métodos para el procesamiento de residuos orgánicos en Colombia. Fuente: Disponible http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Aprressolorgco.pdf.

5.1.3 Compostaje en la Secretaría Distrital de Salud.

La Secretaria Distrital de Salud, en su desarrollo diario presta servicios a la ciudadanía bogotana, desde este quehacer se producen una serie de residuos aprovechables y no aprovechables. En la categoría de residuos aprovechables se producen residuos orgánicos como consecuencia de la comercialización de productos del restaurante de la SDS y la cooperativa que vendía diariamente en promedio 180 desayunos, 400 almuerzos y entre 1300 refrigerios que generaban residuos con una alta fracción orgánica.

El comité PIGA (plan institucional de gestión ambiental) en disposición para el manejo adecuado a este tipo de residuos, desarrollo el proyecto de transformación de residuos sólidos con biotecnología como parte de la estrategia de Basura Cero, el proyecto finalizo debido al cierre y al retiro de la cooperativa y posterior cierre del restaurante.

6. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.

6.1 Definición de residuo sólido.

De acuerdo al Decreto 2981 de 2013 un residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles.

6.2 Clasificación de residuos sólidos.

La clasificación de los residuos sólidos de acuerdo a los niveles actuales de producción y consumo de los distintos sectores económicos pueden agruparse según características similares de origen, naturaleza y tratamiento. Las particularidades de la gestión de cada residuo justifican diferentes modos de separación a partir de su estado, origen, composición, aprovechamiento, peligrosidad, flujo temático y medidas de manejo. (UIS, 2009)

6.2.1 Clasificación según sus medidas de manejo.

Los residuos sólidos después de ser usados como materias primas para la elaboración de productos o servicios son recolectados, almacenados y transportados al sitio de disposición final (Tabla 1).

Tabla 1 Clasificación de los residuos sólidos según sus medidas de manejo.
Fuente: Autores.

Residuos inertizados	Residuos fermentables.	Residuos reciclables.
		
Tomado de: http://i.livescience.com/images/i/000/026/526/original/hospital-medical-waste.jpg?1334933191	Tomado de: http://www.redbiogas.cl/wp-content/uploads/2012/08/kitchen_waste-2.jpg	Tomado de: http://i.imgur.com/YQjbB8B.jpg

6.2.2 Clasificación según su estado.

Los residuos sólidos conforme a su estado o naturaleza se relacionan de acuerdo a sus características fisicoquímicas (Tabla 2).

Tabla 2 Clasificación de los residuos sólidos según su estado.
Fuente: Autores

Residuos sólidos	Residuos líquidos	Residuos gaseosos
		
Tomado de: http://news.yale.edu/sites/default/files/shutterstock_139068833.jpg	Tomado de: http://www.graphic.com.gh/media/k2/items/cache/764e2e26029816a1fd5edbbcf77faea8_L.jpg	Tomado de: http://waste360.com/site-files/waste360.com/files/uploads/2015/12/smoke-123015.gif

Residuos radiactivos	Residuos de lodos y fangos
	
Tomado de: http://ichef-1.bbci.co.uk/news/660/cpsprodpb/344E/production/_87709331_thinkstockphotos-182262675.jpg	Tomado de:http://sustainability.formas.se/Global/Sustainability/SUS121/N39cGr+%C3%82nlutslam-webb.jpg

6.2.3 Clasificación según su aprovechamiento.

Los residuos sólidos de carácter aprovechable se basan en la reincorporación al ciclo productivo de un residuo que para el generador es inutilizable, por lo tanto se establece la distinción de los residuos sólidos según su valor comercial (Tabla 3).

Tabla 3 Clasificación de los residuos sólidos según su aprovechamiento.
Fuente: Autores.

Residuos aprovechables (biodegradables, reciclados), con valor comercial	Residuos no aprovechables (no reutilizables ni reciclables), sin valor comercial
	
Tomado de: http://zorroza.net/wp-content/uploads/2014/05/Reciclaje1.png	Tomado de: http://i1.wp.com/reciclario.com.ar/wp-content/uploads/restos-de-poda.jpg?resize=400%2C310

6.2.4 Clasificación según su origen.

Los residuos sólidos de acuerdo a su origen se clasifican según el sitio de generación o el sector económico al que corresponda. Esta distribución se conoce habitualmente como una clasificación sectorial (Tabla 4).

Tabla 4 Clasificación de los residuos sólidos según su origen.
Fuente: Autores

Residuos domiciliarios	Residuos comerciales	Residuos industriales
		
Tomado de: http://www.santiagocultura.cl/wp-content/themes/londoncreative/scripts/timthumb.php?src=http://www.santiagocultura.cl/wp-content/uploads/2011/11/residuos.jpg&w=560&zc=1	Tomado de: http://www.residuosprofesional.com/wp-content/uploads/2015/05/comerciales-900x300.jpg	Tomado de: http://www.ramcc.net/media/k2/items/cache/52847945d34c24d045f4f6bfeae5a17d_XL.jpg
Residuos agrícolas	**Residuos ganaderos**	**Residuos forestales**
		
Tomado de: http://www.residuosprofesional.com/wp-content/uploads/2015/01/residuos_agro1.jpg	Tomado de: http://www.ambientum.com/revistanueva/2006-07/img/biomasa_1.jpg	Tomado de: http://larevistadeapicofom.com.ar/wp-content/uploads/2014/09/Residuos-Investigaci%C3%B3n-Roberto-Fern%C3%A1ndez-web.jpg
Residuos mineros	**Residuos radiactivos**	**Residuos sanitarios**
		
Tomado de: http://mundominero.com.co/wp-content/uploads/2012/12/miner.jpg	Tomado de: http://4.bp.blogspot.com/-vqwA4-1P_vM/UaJH8pwCDyI/AAAAAAAAAGA/BAphxgE1uFE/s320/39_residuos.jpg	Tomado de: http://www.reciclajesamarquez.es/wp-content/uploads/2014/07/20120308-4428318w.jpg

Residuos institucionales	Residuos de construcción y demolición
	
Tomado de : http://www.abc.es/media/espana/2016/01/02/recogida-basura-madrid--620x349.jpg	Tomado de: http://www.soluxinternacional.com/archivos/imagen/1_1512 2012210659_g.jpg

6.2.5 Clasificación según flujo temático.

Los residuos sólidos de acuerdo al flujo temático (Tabla 5) se identifican como tipos de residuos pertenecientes a sectores económicos específicos que no pueden disponerse o tratarse de manera convencional (Pérez, 2016).

Tabla 5 Clasificación de los residuos sólidos según su flujo temático.
Fuente: Autores.

Residuos de envases y embalajes	Residuos de aceites usados	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
		
Tomado de: https://cdn.licea.edu.es/images/portadas/privados/l/curso-gestion-residuos-envases-embalajes.jpg	Tomado de: http://www.elchapista.com/images/gestion_medioambiental/residuos_taller/bidones.jpg	Tomado de: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/05/RAEE-1.jpg

Residuos de pilas y acumuladores	Residuos de Neumáticos fuera de uso	Residuos de construcción y demolición
		
Tomado de: http://www.supercapturador.com.mx/i/reciclado_baterias_acumuladores.jpg	Tomado de: http://www.transportecarretero.com.uy/cache/com_zoo/images/residuos_de_neumaticos_7e551634460f8a36f8bd6093b30ef02b.jpg	Tomado de: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2f/Seneca_County_Courthouse_01_26.JPG/250px-Seneca_County_Courthouse_01_26.JPG
Residuos de Lodos producto del tratamiento de aguas	**Residuos sanitarios**	**Residuos de acuerdo a la línea de color**
		
Tomado de: http://www.hannachile.com/media/k2/items/cache/ee760d1c1474fde7f8f71a96b2452e29_XL.jpg	Tomado de: http://medioambiente.diarioelnortino.cl/wp-content/uploads/2015/09/Desechos-sanitarios.png	Tomado de : http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/gestionresiduossolidos1/residuos2.jpg

6.2.6 Clasificación según su composición.

Los residuos sólidos conforme a su composición se relacionan con la ocupación socioeconómica, lugar de origen y su composición fisicoquímica (Tabla 6).

Tabla 6 Clasificación de los residuos sólidos según su composición.
Fuente: Autores.

Residuos orgánicos	Residuos inorgánicos
	
Tomado de: http://www.ecolateral.org/wp-content/themes/bankable/img_resize/timthumb.php?src=http://www.ecolateral.org/wp-content/uploads/2013/04/Picture-178.png&w=606&zc=1	Tomado de: http://www.oaktech-environmental.com/images/HDPE.JPG
Residuos combinados	**Residuos peligrosos**
	
Tomado de: http://www.greenenviro.net/wp-content/uploads/2015/04/mu2.jpg	Tomado de: https://www.scgov.net/Solid_Waste/PublishingImages/Home%20Hazardous%20Waste_landscape.JPG

6.2.7 Clasificación según su peligrosidad.

Los residuos peligrosos se encuentran distribuidos (Tabla 7) según el convenio (PNUMA, 1980) sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación y la implementación en cada país, en el caso de Colombia el Decreto 4741 de 2005.

Tabla 7 Clasificación de los residuos sólidos según su peligrosidad.
Fuente: Autores.

Residuos peligrosos	Residuos no peligrosos
	
Tomado de: https://reciclajesleonardo.files.wordpress.com/2015/12/mg_5931.jpg?w=475&h=267	Tomado de: https://reciclatocha.wikispaces.com/file/view/DSC06166.JPG/72355081/DSC06166.JPG
Residuos inertes	**Residuos biocontaminados**
	
Tomado de: http://www.residuosprofesional.com/wp-content/uploads/2015/04/escombros-lebrija.jpg	Tomado de: http://www.activolegal.com/web/images/residuosmedicos.jpg

6.3 Definición y clasificación de los residuos sólidos orgánicos.

Los residuos orgánicos son materiales sólidos o semisólidos de origen animal, humano o vegetal que se abandonan, botan, desechan, descartan y rechazan y son susceptibles de biodegradación incluyendo aquellos considerados como subproductos orgánicos provenientes de los procesos industriales (Urban Development , 2012). Según la fuente de generación se pueden clasificar en agrícolas, domésticos, forestales, naturales, industriales, institucionales y comerciales (Ilustración 2).

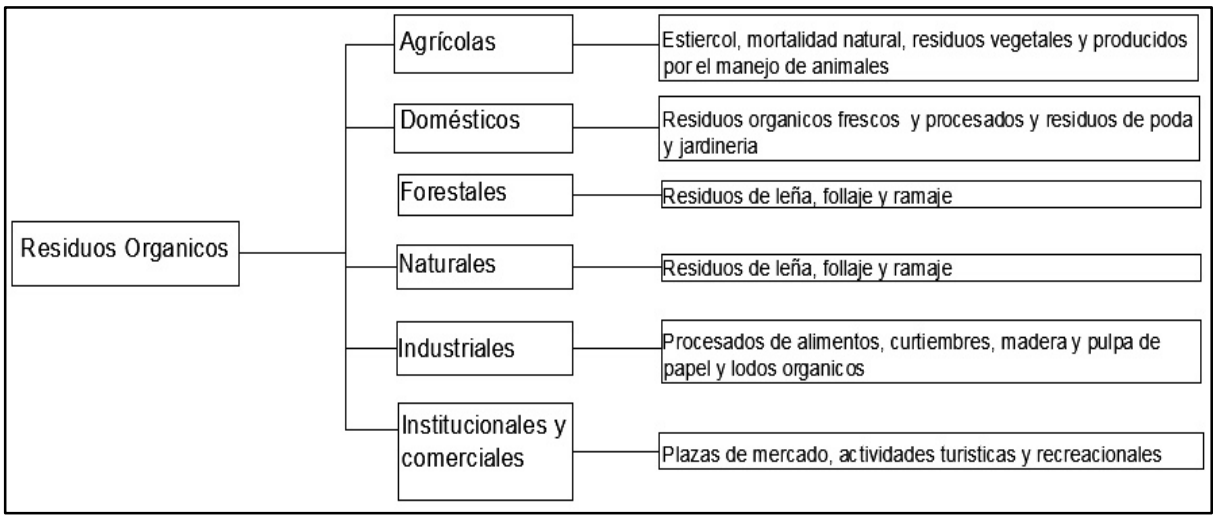


Ilustración 2 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Autores y adaptación de la Tabla 1 Alternativas de aprovechamiento por tipos de residuos GTC 53-7.

7. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.

Los residuos orgánicos son un parte fundamental en la gestión de residuos sólidos, puesto que constituyen una fracción susceptible a procesos de aprovechamiento, no obstante este tipo de residuos identificados y reglamentados mediante una gestión diferenciada de residuos aprovechables (separación en la fuente y rutas de recolección selectiva), son conducidos a métodos de disposición final sin aprovechar su potencial de generación de energía, combustible, alimento y estabilizador de suelo. La gestión de residuos orgánicos debe estar seguida de la educación y sensibilización ambiental a la comunidad, comercio, industria, instituciones y demás actores y sectores específicos generadores de este tipo de residuos.

Los impactos ambientales negativos debido al no aprovechamiento de los residuos orgánicos se hacen evidentes en la disminución del tiempo útil del sistema de disposición final, producción de gases como metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), y de olor desagradable como ácido sulfhídrico (H_2S), amoniaco (NH_3) y mercaptanos. Las comunidades cercanas a los sitios de disposición final censuran este tipo de práctica por considerarla contaminante al medio ambiente por medio de los gases de efecto invernadero (GEI), contaminación de fuentes hídricas, al suelo por medio de los lixiviados y la probabilidad de explosión e inflamación del metano. (Jaramillo, 1997).

7.1 Generación de residuos orgánicos a nivel mundial.

Las estimación de generación de residuos orgánicos a nivel mundial según el informe de desarrollo urbano de la Agencia de Protección ambiental (EPA) denominado “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management” en la composición de los residuos, establece que la generación de residuos a nivel global está caracterizada por factores como el desarrollo económico, métodos de gestión de residuos (frecuencia de recolección y procedimientos de disposición final), clima, normas culturales, fuentes de energía, y ubicación geográfica. Además establece un diferencial de generación de residuos orgánicos según el nivel de ingresos de la población o nación por consiguiente a

mayores ingresos la proporción de residuos inorgánicos es mayor y a menores ingresos la relación de residuos orgánicos aumenta. (Hoornweg, 2012)

Las cifras totales de generación para el mundo según el Atlas Waste para el año 2009 se determinaron mediante estadísticas de años anteriores al de estudio y se evaluaron principalmente las variables de nivel de ingreso y región. Los residuos orgánicos fueron de (46 %) seguido del papel (17%), metal (4%), otros residuos (18%),plástico (10%) ,vidrio (5%) y metal (4%). (Ilustración 3).

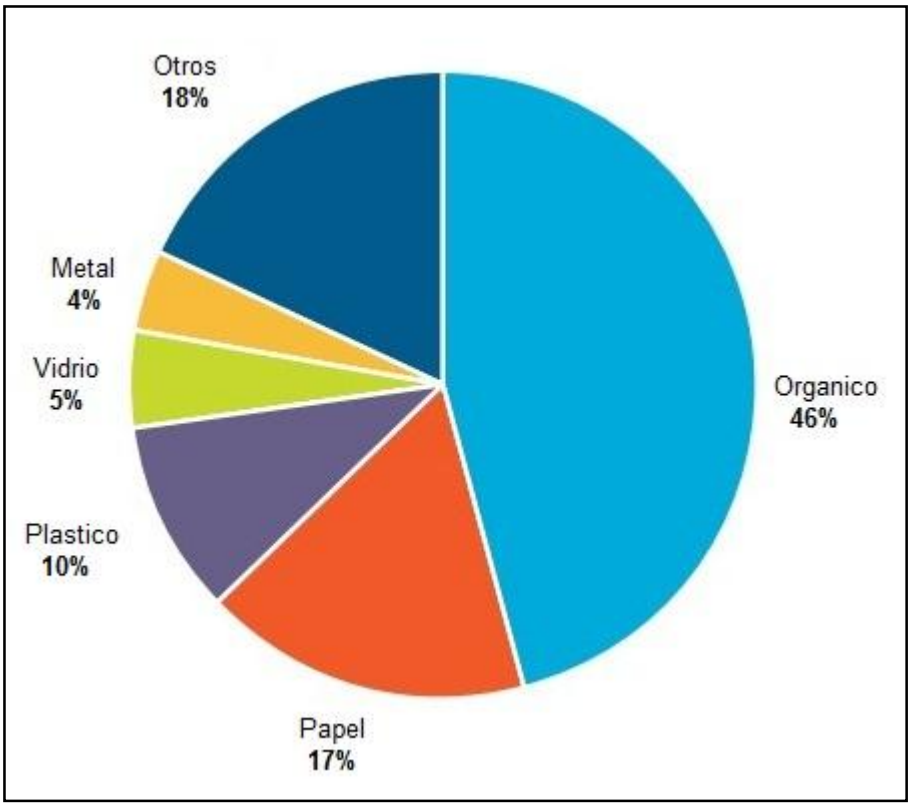


Ilustración 3 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel global. Fuente: Waste Atlas.

El porcentaje de materia orgánica en el mundo según el Atlas Waste un mapa de libre acceso con colaboración de científicos y naciones del mundo que registra la gestión de residuos sólidos municipales en el mundo según 164 países, 1799 ciudades. (Ilustración 4).

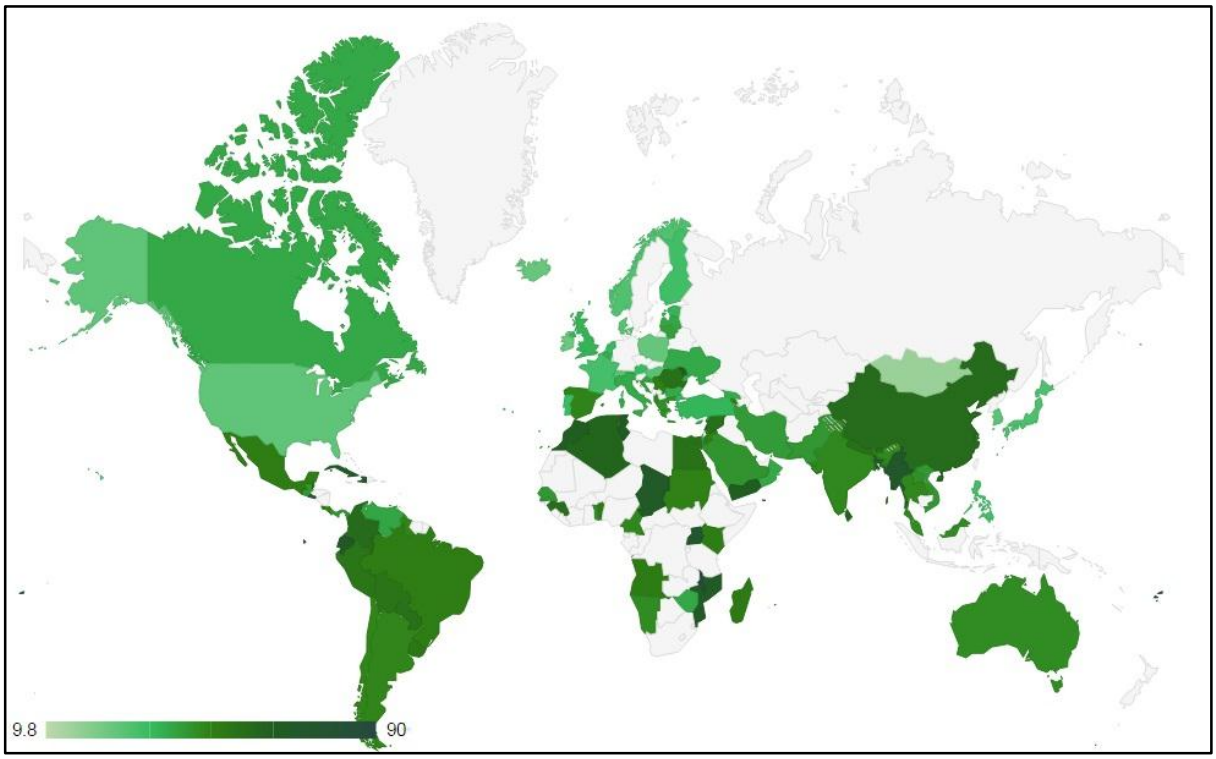


Ilustración 4 Porcentaje de composición de residuos orgánicos a nivel global.
Fuente: Waste Atlas.

7.2 Generación de residuos Orgánicos a nivel nacional.

Los residuos sólidos municipales están relacionados con el ingreso promedio familiar y el grado de consumo del país. La generación diaria es de 27.300 toneladas y 10’037.500 toneladas al año. (Acurio, 1997). La nación se encuentra en el segundo lugar de producción de residuos respecto a los países con los cuales establece frontera terrestre. (Ilustración 5).

La estimación de residuos orgánicos a nivel nacional de acuerdo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el portal especializado Waste Atlas, la fracción orgánica en Colombia oscila entre 52- 55% en los años 1997 y 2011.

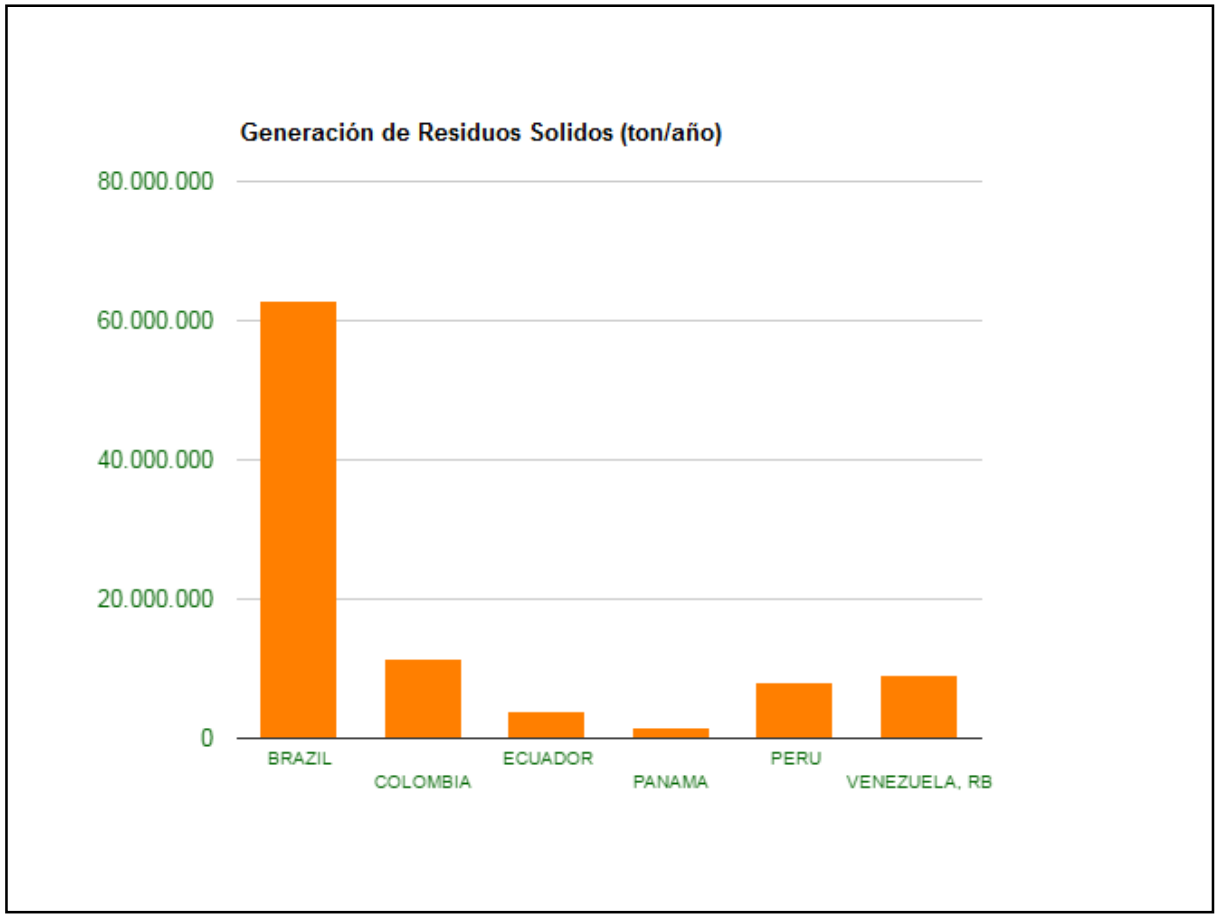


Ilustración 5 Generación de residuos sólidos municipales en los países de frontera terrestre con Colombia.
Fuente: Waste Atlas.

7.3 Generación de residuos orgánicos a nivel distrital

Los residuos orgánicos de la ciudad de Bogotá se encuentran relacionados según el nivel socioeconómico, sector económico, sensibilización y educación ambiental la fracción orgánica está formada por residuos de alimentos, plazas de mercado, corte de césped, poda de árboles y de sectores específicos. La ciudad de Bogotá como capital del país y una de las ciudades más importantes de Colombia es la mayor generadora de residuos sólidos. (Ilustración 6)

Según el estudio del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (UAESP, 2013), para el año 2011 la generación de residuos sólidos fue de 6,665 toneladas diarias con un contenido de materia orgánica alrededor de 60%.

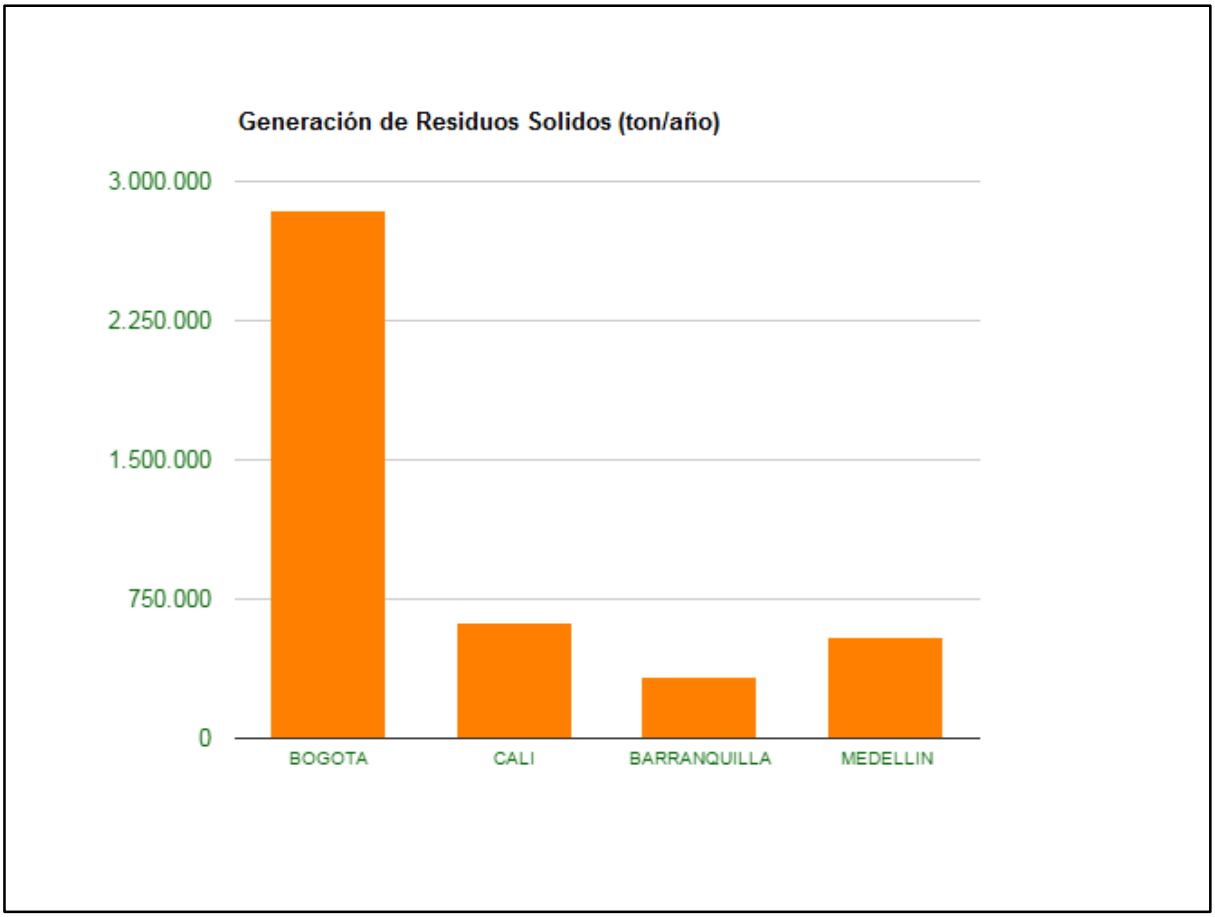


Ilustración 6 Generación de residuos sólidos municipales en las principales ciudades de Colombia.

Fuente: Waste Atlas.

8. PROCESOS DE APROVECHAMIENTO Y MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS.

Los métodos de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos se caracterizan por el empleo de procedimientos químicos, bioquímicos, termoquímicos y físicos. Las anteriores técnicas de tratamiento y disposición utilizan los residuos orgánicos como medio para la producción de alimento humano y animal, abonos, fertilizantes, acondicionadores de suelo, combustible e insumos para la industria (ICONTEC, 2016).

8.1 Biología- Bioquímica. Uso de especies biológicas como *(Eisenia Foetida), (Lumbricus rubellus)* para la ingesta de material orgánico y excreta de lombricompuesto. También uso de microorganismos anaerobios o aerobios para la degradación de materia orgánica a un material estable denominado compost o de biogás y fertilizante orgánico si en el proceso de descomposición hubo ausencia de oxígeno y de luz en un medio controlado *(biodigestor)*.

- Lombricultura
- Compostaje
- Digestión anaeróbica

8.2 Termoquímica. Empleo de los residuos orgánicos como fuentes combustibles para la generación de energía eléctrica, motriz o calorífica y fabricación de carbón vegetal. Igualmente para la producción de combustible gaseoso (biogás) y combustible líquido (aceites pesados) mediante un proceso de oxidación y control de temperatura.

- Combustión
- Gasificación
- Licuefacción

8.3 Fisicoquímica. Uso de la biomasa vegetal para la producción de alcohol etílico o etanol y biodiesel mediante procesos de trituración, hidrólisis, destilación y transesterificación.

- Fermentación
- Aprovechamientos de aceites vegetales

9. TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR MEDIO DE COMPOSTAJE.

9.1 Definición de compostaje.

El compostaje es el proceso de oxidación aerobia de la materia orgánica en un producto estable denominado compost usado en la agricultura como abonos, fertilizantes, enmiendas y acondicionadores de suelo. (ICONTEC, 2004). La degradación se desarrolla por medio de microorganismos en condiciones controladas de humedad, pH, temperatura, oxígeno y la relación carbono-nitrógeno C/N. Para la aplicación del proceso de compostaje se deben identificar los criterios de cantidad de residuos orgánicos, población, presupuesto, tipo de recolección selectiva y condiciones climatológicas. (Röben, 2002).

9.2 Etapas de compostaje.

Desde una cantidad de residuos orgánicos medida se aplicará el método de compostaje (estático, rotativo, continuo, discontinuo), para que a partir de los parámetros controlados se proceda a las reacciones de descomposición primaria, termofílica, mesofílica y maduración. (Ilustración 7).

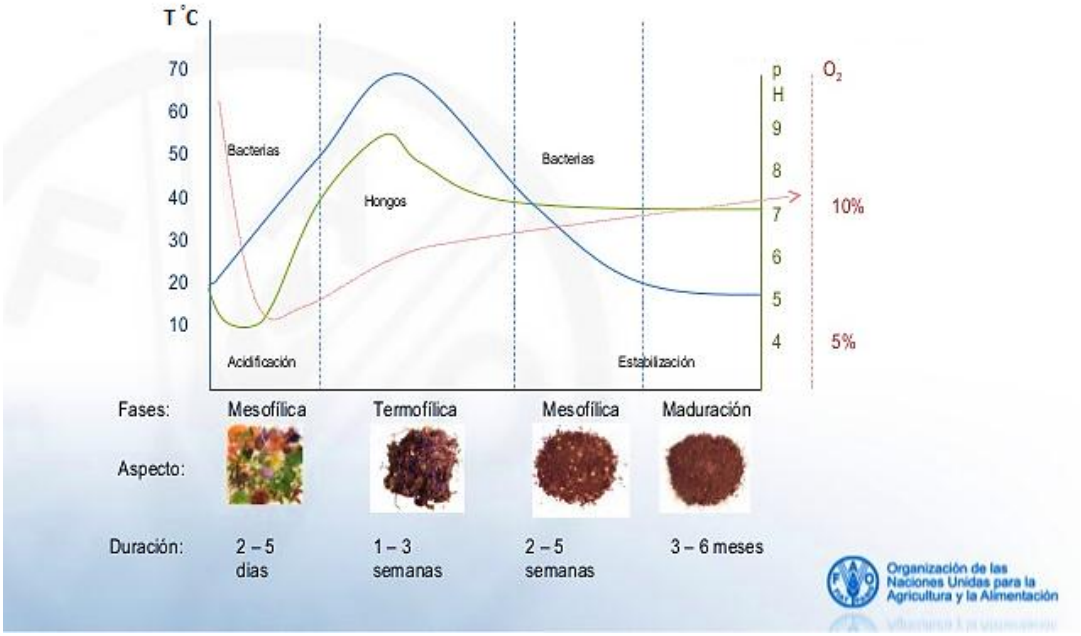


Ilustración 7 Etapas y parámetros (Temperatura, Oxigeno y pH) del proceso de compostaje.
Fuente: Stern.

9.2.1 Mesofílica primaria.

Los microorganismos mesófilos, actinomicetos y hongos a temperatura ambiente (menor40°C) degradan aminoácidos, carbohidratos y fuentes sencillas de carbono y nitrógeno por lo tanto producen ácidos orgánicos que ocasionan la disminución del pH entre (4 – 5) y generan un aumento de temperatura hasta los 45°C. La fase mesofílica se encuentra en un rango de temperatura entre 20°C – 40°C.

9.2.2 Termofílica.

Los microorganismos termófilos, actinomicetos y hongos, descomponen, proteínas, ceras, lignina, quitina, celulosa y hemicelulosa. También transforman el Nitrógeno (N), en Amoníaco (NH3), por consiguiente el pH del medio aumente. La fase termofílica se encuentra en un rango de temperatura entre 45°C - 65°C producto del aumento de la temperatura se destruyen microorganismos de origen fecal, quistes, esporas de hongos patógenos, y huevos de helminto.

9.2.3 Mesofílica secundaria.

Producto del consumo de las principales fuentes de carbono la temperatura desciende hasta los 20°C – 40°C en donde los microorganismos mesófilos, actinomicetos y hongos reinician su actividad metabólica con las fuentes de carbono restantes.

9.2.4 Maduración.

En el periodo de maduración se desarrolla principalmente microorganismos fijadores de nitrógeno, denitrificadoras, sulfato reductoras. También con actividades amonificante, celulolítica, y amilolítica. Lo anterior permite la oxidación y mineralización de hierro, manganeso, fosforo nitrógeno inorgánico, compuestos azufrados y polimerización de compuesto orgánicos, que producen la formación de ácidos húmicos, fúlvicos y sales insolubles.

9.3 Parámetros de control.

9.3.1 Tamaño de partícula.

El tamaño de las partículas de los residuos sólidos permite el acceso a los sustratos a la flora degradadora, si el tamaño de la partícula se encuentra entre 5 cm -30 cm (rango ideal), aumenta los procesos de degradación. Los tamaños

superiores a 30 cm disminuyen la eficiencia del proceso, aumentando la aireación, reduciendo la temperatura y humedad. Por el contrario tamaño menores a 5 cm generan procesos de anaerobiosis disminuyen los flujos de aire y aumentado la humedad.

9.3.2 Aireación.

El compostaje es un proceso de degradación aeróbica por lo tanto requiere de oxígeno no combinado para controlar el metabolismo de los microorganismos e impedir condiciones anaeróbicas que disminuyen el tiempo de compostaje y producción de olores desagradables. El nivel de oxigeno (O2) cambia según la fase mesofílica (baja), termofílica (alta) y de maduración (baja). El control de la aireación regula la temperatura y humedad. El rango ideal es de 5% - 15%, las condiciones menores a 5% producen exceso de humedad y ambientes anaeróbicos y superiores a 15% generan deficiencias de humedad.

9.3.3 Relación carbono/nitrógeno.

La relación Carbono (C) y Nitrógeno (N) cambia en las etapas y disminuye 2/3 en la etapa final del proceso, sin embargo el rango óptimo oscila entre 25-35 C/N. Si la relación es superior a 35 (C), el proceso es menor eficiente y requiere más tiempo. Si es inferior a 25 (N), generara olores desagradables producto de la liberación de amoniaco, condiciones anaeróbicas y aumenta el consumo de oxígeno.

9.3.4 Medición de pH.

La variación del pH depende de la etapa del mesofílica (acido), termofílica (alcalino), maduración (neutro). El exceso de ácidos orgánicos o exceso de nitrógeno modifica la eficiencia del proceso de compostaje puesto que dentro de las fases los microorganismos, actinomicetos y hongos tienen pH óptimos según la etapa.

9.3.5 Contenido de Humedad.

La humedad está relacionada con el proceso de trasporte de sustancias solubles, materia orgánica y el tamaño de partícula de los residuos orgánicos. El rango óptimo de humedad se encuentra en 45% - 60% con una humedad óptima del 55%. Niveles de humedad superiores a 60% suscitan zonas de anaerobiosis e inferiores a 45% de humedad el proceso de compostaje se suspende.

9.3.6 Temperatura.

La temperatura varia dependiente la etapa del proceso de compostaje (Ilustración 7), mesofílica o latencia (20°C - 40°C), termofílica (45°C - 65°c), mesofílica o enfriamiento (20°C – 50°C) y maduración (temperatura ambiental). Temperaturas inferiores reduce el tiempo de transformación de los residuos orgánicos y superiores distintas a la etapa termofílica (70°C - 80°C) ocasiona un efecto de higienización extrema que detiene el proceso.

9.4 Microorganismos eficientes.

Según el "Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces"[1], se encuentran microorganismos en el aire, en el suelo, en nuestros intestinos y en los alimentos que consumimos. Las condiciones actuales de contaminación y uso excesivo de sustancias químicas sintéticas han causado la proliferación de especies de microorganismos considerados degeneradores., estos microorganismos, son causantes de enfermedades en plantas y animales y generan malos olores y gases nocivos al descomponer residuos orgánicos. Los microorganismos eficientes (EM), como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementando la producción de los cultivos y su protección; además conserva los recursos naturales, generando una agricultura sostenible.

9.4.1 Efectos del compostaje con EM en los vegetales.

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

[1]Disponible en: http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

- Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

9.4.2 Efecto del compostaje con EM en los suelos.

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua.
- Efectos en la microbiología del suelo: suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia.
- Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

9.6 Principales microorganismos en la degradación de residuos orgánicos.

9.6.1 Bacterias fotosintéticas.

Las bacterias fotosintéticas o fototrópicas principalmente *Rhodopseudomonas spp,* son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan substancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

9.6.2 Bacterias ácido lácticas.

Las bacterias ácido lácticas principalmente *Lactobacillus spp,* producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Desde tiempos antiguos, muchos alimentos y bebidas como el yogurt y los pepinillos son producidos usando bacterias ácido lácticas.

Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir microorganismos causantes de enfermedades como Fusarium, los cuales aparecen en sistemas de producción continua. Bajo circunstancias normales, las especies como Fusarium debilitan las plantas cultivadas, exponiéndolas a enfermedades y a poblaciones crecientes de plagas como los nematodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce las poblaciones de nematodos y controla la propagación y diseminación de Fusarium, mejorando así el medio ambiente para el crecimiento de cultivos.

9.6.3 Levaduras.

Las levaduras principalmente *Saccharomyces spp* sintetizan substancias antimicrobiales y otras substancias útiles para el crecimiento de las plantas, a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, la materia orgánica y las raíces de las plantas.

10. MARCO NORMATIVO.

El marco normativo fundamentado en las leyes, decretos, resoluciones, normas técnicas y guías técnicas se elaboró desde la red de justicia ambiental colombiana la cual tiene como principio “la protección del medio ambiente con perspectiva de derechos humanos”.

Tabla 8 Legislación ambiental asociada a residuos sólidos.
Fuente: Autores y adaptación de las herramientas jurídicas de la red de justica ambiental.

NORMA	DESCRIPCIÓN
LEYES	
Ley 9 de 1979	Mediante la cual se dictan medidas para el código sanitario.
Ley 142 de 1994	Establecimiento del régimen de los servicios públicos domiciliario.
Ley 99 de 1993	Creación del Ministerio del Medio Ambiente, dictamen de principios de gestión ambiental y se organiza el Sistema Nacional Ambiental.
Ley 253 de 1996	Implementación del Convenio de Basilea.
Ley 430 de 1998	Gestión integral de residuos peligrosos.
DECRETOS	
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Decreto 1713 de 2002	Manejo integral de residuos sólidos.
Decreto 4741 de 2005	Prevención y manejo de residuos peligrosos.
Decreto 828 de 2005	Disposición final de residuos peligrosos.
Decreto 2981 de 2013	Reglamentación la prestación del servicio público de aseo
Decreto 351 de 2014	Gestión integral de residuos hospitalarios
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
RESOLUCIONES	
Resolución 2309 de 1986	Gestión de residuos especiales.
Resolución 541 de 1994	Gestión de los residuos de construcción y demolición
Resolución 189 de 1994	Introducción de residuos peligros al país.
Resolución 754 de 2014	Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
NORMAS TECNICAS	
NTC 1927	Fertilizantes y acondicionadores de Suelos. Definiciones, clasificación y fuentes de Materias primas

NTC 5167	Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo
GUÍAS TÉCNICAS	
GTC 24	Guía para la separación en la fuente.
GTC 35	Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos.
GTC 53	Guías de aprovechamiento de residuos sólidos.
GTC 86	Guía para la implementación de la gestión integral de residuos.

11. MARCO GEOGRÁFICO.

11.1 Ubicación geográfica en Colombia.



Ilustración 8 Ubicación geográfica de Bogotá.

Fuente: Autores.

Posee las coordenadas 4°35′56″N 74°04′51″O. Está ubicada en el centro de Colombia, en la región natural conocida como la sabana de Bogotá, que hace parte del altiplano cundiboyacense, formación ubicada en la cordillera Oriental de los Andes. Es la tercera capital más alta en América del Sur (después de La Paz y Quito), a un promedio de 2625 metros sobre el nivel del mar.

11.2 Ubicación en la ciudad de Bogotá.

Ubicación geográfica de la Secretaria Distrital de Salud de la ciudad de Bogotá Cra 32 No. 12-81. (Ilustración 9)

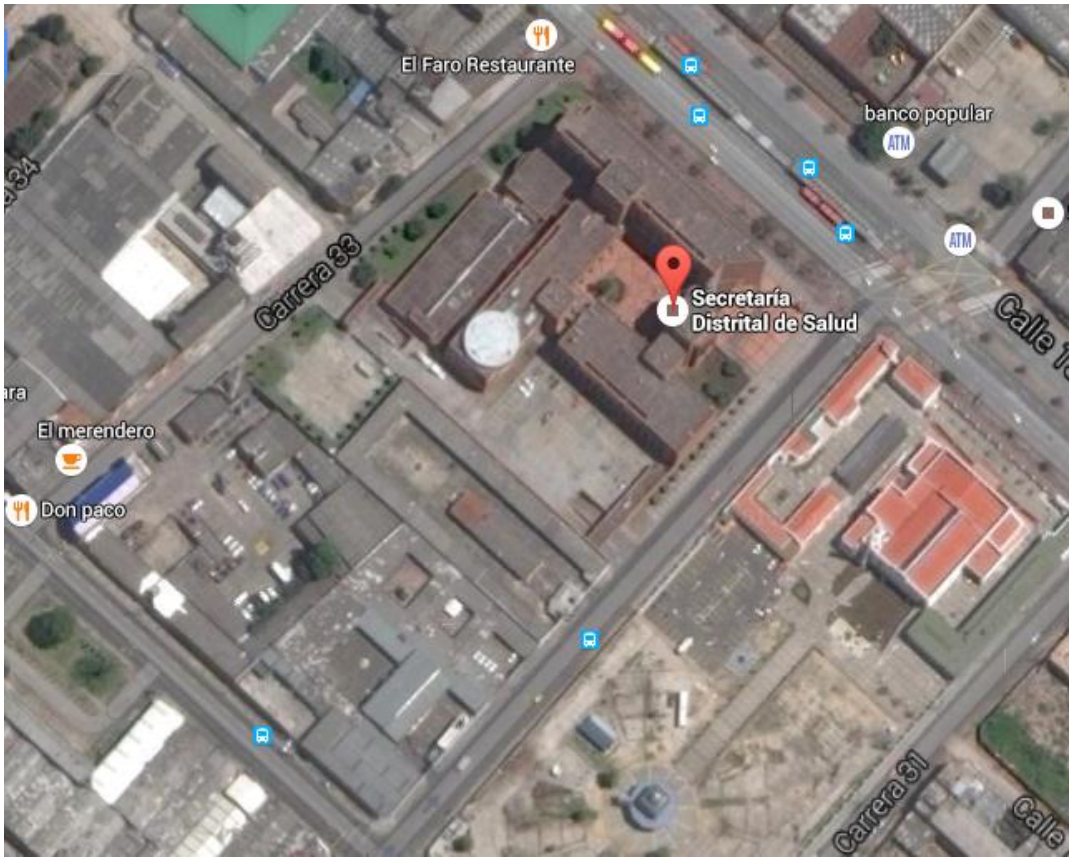


Ilustración 9 Imagen satelital de la Secretaria Distrital de Salud.
Fuente: Autores.

12 METODOLOGÍA.

12.1 Inspección y revisión de la gestión actual de los residuos orgánicos generados la cafetería.

Para determinar el estado de los residuos sólidos, se efectuó una visita guiada por el lugar de producción de los residuos sólidos, se ubicó los sitios de producción de residuos sólidos y la clasificación actual de los mismos teniendo en cuenta la descripción de la GTC 24.

Se identificó los actores que intervienen en el proyecto en procedimientos de asesoramiento, financiación y capacitación. También se realizó un recorrido por las instalaciones y sitios de interés (localización de la compostera, disposición de residuos orgánicos y lugar de aforo).

12.2 Desarrollo de actividades de formación sobre la separación de residuos sólidos.

Las capacitaciones se llevaron a cabo en dos sesiones. Primero la presentación denominada “Manejo adecuado de los residuos sólidos” y segundo la presentación designada “Manipulación adecuado de alimentos”. Los actores que intervinieron en los procesos capacitación son los pertenecientes al restaurante de la Secretaria Distrital de Salud en los cuales se incluyen todo el personal manipulador de alimentos (auxiliares, cocineros, y meseros), administradores del restaurante y el representantes de comité de gestión ambiental. Por cada capacitación se elaboró un folleto con las principales temáticas, un acta y un listado de asistencia a reuniones.

La capacitación de residuos sólidos se fundamentó en la GTC 24 (Guía técnica para la separación en la fuente) y el Decreto 2981 de 2013 (Plan de gestión integral de residuos) y desarrollaron las siguientes temáticas:

- Definición de residuo.
- Clasificación de los residuos.
- Definición de residuos orgánicos.
- Fundamentos para la separación en la fuente.

- Clasificación de los residuos según el color del recipiente.
- Aprovechamiento de los residuos orgánicos.

La capacitación de manipulación de alimentos se fundamentó en las enfermedades transmitidas por alimentos según la OMS y el Decreto 3075 de 1997 (Generalidades de la manipulación de alimentos). En la presentación se desarrollaron las siguientes temáticas:

- Definición de alimento.
- Clasificación de los alimentos.
- Requisitos del personal manipulador.
- Practicas higiénicas y medidas de protección.
- Requisitos de equipos y utensilios.
- Enfermedades transmitidas por alimentos.
- Claves de la inocuidad de alimentos.

12.3 Determinación del peso, volumen y densidad de los residuos orgánicos.

Los parámetros físicos determinaron por medio del aforo diario de los residuos sólidos orgánicos separados en la fuente y transportados al lugar de almacenamiento temporal que se ubica dentro del restaurante. El valor de la masa se obtuvo por medio de un dinamómetro suspendido, el volumen se midió de manera geométrica por medio un recipiente de almacenamiento de geometría regular y la densidad es una relación entre los parámetros masa-volumen.
Los aforos se desarrollaron diariamente de lunes a viernes en el horario de funcionamiento del restaurante, se evaluaron las masas en dos fases de medición en diferentes meses (Junio, Julio y Agosto), obteniendo el volumen de residuos sólidos diarios y semanales. Los residuos orgánicos aforados se rotularon por medio de una etiqueta (Ilustración 11).

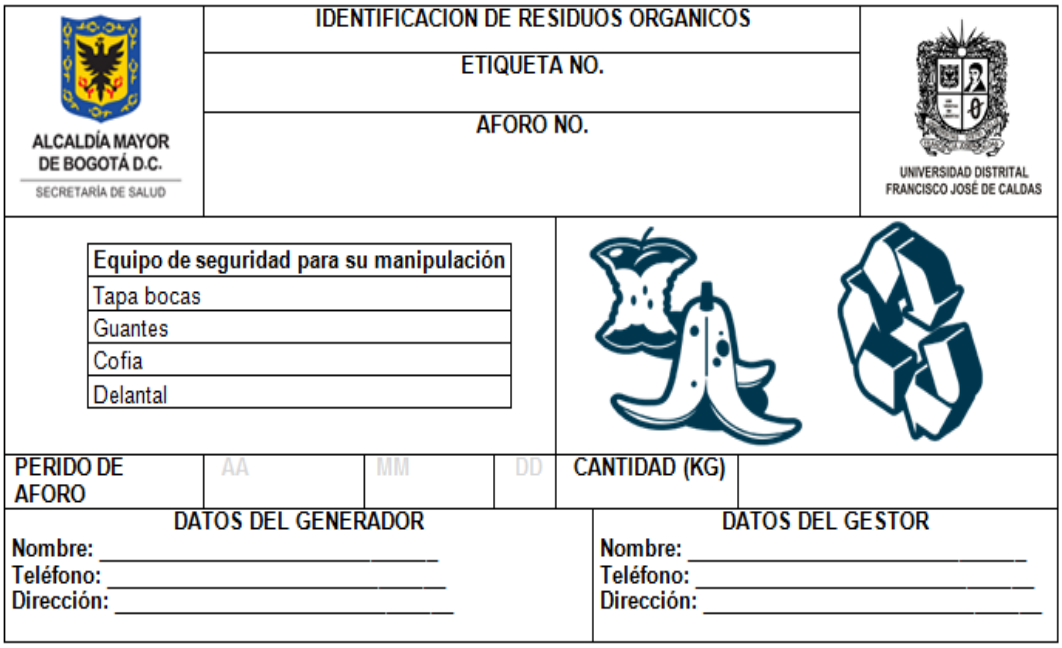


Ilustración 10 Modelo de etiqueta para el aforo de residuos orgánicos.
Fuente: Autores y adaptado de progressivewaste.

Los resultados obtenidos se registraron en el formato de control de aforo con los siguientes datos: peso en kilogramos (kg), volumen, densidad, número de bolsas de residuos orgánicos, contenido de los residuos, responsable, y fecha y hora de aforo (Tabla 10).

Tabla 9 Formato de aforo de residuos orgánicos generados en la Secretaria Distrital de Salud.
Fuente: Autores.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS					
Fecha					
Hora					
Responsable					
Día	**Numero de bolsas**	**Peso (Kg)**	**Volumen (m3)**	**Densidad (Kg/m3)**	**Observación de contenido**
1					
2					
3					
TOTAL					
PROMEDIO SEMANAL					

12.4 Adquisición y operación de equipos.

Para llevar a cabo el proceso de compostaje es necesario la adquisición de equipos para el proceso de transformación (compostera y trituradora) y la medición de los parámetros de control (temperatura, humedad, pH). Los equipos imprescindibles son:

- Compostera.
- Trituradora.
- Báscula digital.
- Medidor de pH, oxígeno y humedad.
- Medidor de temperatura.

Los equipos de compostera, trituradora, báscula digital termohigrómetro, medidor de pH, humedad y temperatura son adquiridos desde los niveles de calibración, rangos, valor comercial, certificaciones de calidad y portabilidad. No obstante los instrumentos (compostera, triturado y bascula digital) se encuentra relacionados con el peso, volumen y densidad de los residuos orgánicos, por consiguiente su adquisición depende de los resultados del aforo.

Las zonas de posible ubicación de la compostera y equipos son zona 1 (Ilustración 12), zona 2 (Ilustración 13) y zona 3 (Ilustración 14).



Ilustración 11 Zona 1 de ubicación de equipos.
Fuente: Autores y Secretaria Distrital de Salud.



Ilustración 12 Zona 2 de ubicación de equipos.
Fuente: Autores y Secretaria Distrital de Salud.



Ilustración 13 Zona 3 de ubicación de equipos.
Fuente: Autores y Secretaria Distrital de Salud.

12.5 Indicadores de las características del Compost.

El "Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos"[2], brinda algunas pautas claves en cuanto las características relevantes de los residuos, que inciden en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final, las cuales serán un indicador para la evaluación de este proyecto. (Tabla 11).

Tabla 10 Indicadores de la evolución del proceso de Compostaje.
Fuente: Adaptación por los autores del Manual de Compostaje del Agricultor. FAO

INDICADOR	RANGO IDEAL AL COMIENZO (2-5 días)	Rango ideal en fase termófila II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45% - 55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de la partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C - T° ambiente	T° ambiente
Densidad	250-400 kg/m3	<700 kg/m3	<700 kg/m3
Materia orgánica	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total	2,5-3%	1-2%	~1%

12.5.1 Relación carbono-nitrógeno (C/N).

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. (FAOTERM). Para poder establecer la relación C/N es necesario primero analizar separadamente la magnitud presente de cada

[2] Disponible en: http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/compost.pdf

elemento en una muestra. La medición de este parámetro debe efectuarse al inicio del proceso y al producto terminado.

Para establecer la relación C/N, se puede hacer una comparación con valores de tablas ya existentes de los materiales a utilizar en el compostaje y/o utilizar calculadoras en línea (online) para hacer los cálculos C:N de hasta tres materiales, como el de la Universidad de Cornell (Tabla 12).

Tabla 11 Calculadora de la relación C:N
Fuente: Adaptado de Universidad de Cornell, disponible en http://compost.css.cornell.edu/calc/2.html

Ingrediente	% H2O	Peso	% Carbono	% Nitrógeno	C/N Proporción
				Resultado:	

12.5.2 Humedad.

La medición se debe realizar al iniciar el proceso y periódicamente de 1 a 2 semanas, o cada vez que se realice el volteo de la pila. El nivel de humedad de las pilas debe oscilar entre 40 a 60% y se puede controlar fácilmente apretando una muestra de compost en las manos; no debe caer agua a lo más 1 o 2 gotas. Humedades superiores a los valores indicados producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio, favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas. Si la humedad se sitúa en valores inferiores al 10%, desciende la actividad biológica general y el proceso se vuelve extremadamente lento.

12.5.3 Aireación.

Puesto que el compostaje es un proceso de oxidación, resulta imprescindible la presencia de un nivel adecuado de aire y por tanto de oxígeno, para lo cual se recurre al volteo periódico o a la ventilación forzada. En la práctica, una mala aireación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, producto de

respiraciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción, generación de dihidruro de azufre SH_2) o fuerte olor a Amoníaco producto de la Amonificación. En estas situaciones, se debe proceder de inmediato a suspender los riegos y a la remoción del material.

12.5.4 Estructura y tamaño de los Residuos.

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.

12.5.5 Medición de pH.

Este parámetro debe ser medido con pH-metro durante todo el proceso. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos.

12.5.6 Temperatura.

La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. Las mediciones de esta variable se hace desde el inicio y durante el tiempo de compostaje especialmente al momento de los volteos o por lo menos una vez a la semana. El equipo usado es una sonda de oxígeno y temperatura

12.5.7 Microbiología del compost.

Partiendo de la Norma Técnica Colombiana 5167 se evaluarán las condiciones fisicoquímicas del compost y se determinarán los ensayos microbiológicos a efectuar.

12.5.7.1 Carga microbiana.

Cuando el producto presenta contenidos de microorganismos benéficos debe declararse el recuento de microorganismos mesófilos aerobios mohos y levaduras. Las muestras deben ser tomadas de acuerdo con lo indicado en las NTC – ISO 8633, NTC – ISO 8634 y NTC 3795.

Niveles máximos permisibles para patógenos:

- ***Salmonella sp.:*** Ausentes en 25 gramos de producto final.

- **Enterobacterias totales**: Menos de 1000 UFC/g de producto final.

En el caso de uso materias primas de origen vegetal y deberán estar exentos de fitopatógenos de los géneros: *Fusarium spp., Botrytis sp., Rhizoctonia sp., Phytopthora sp*. y de nemátodos fitopatógenos., *Pseudomonas solanacearum* Cepa II y *Micosphaerella fijiensis*.

Según el requerimiento se plantea la bioaumentación de microorganismos para mejorar la eficiencia del proceso de compostaje y reducir el tiempo de degradación de la materia orgánica.

12.6 Uso del compost en zonas verdes de la Secretaría Distrital de Salud.

La utilización del compost obtenido, se empleó en las zonas verdes estimando la cantidad de compost que necesita cada zona y su frecuencia de disposición; también se indago en el uso del compost por parte de la población fija y flotante de la Secretaria Distrital de Salud.

12.7 Diseño de un plan de trabajo para la separación, almacenamiento, aforo y tratamiento de residuos orgánicos.

El planteamiento del plan de trabajo se desarrolló conjuntamente con los funcionarios delegados por la Secretaria Distrital de Salud, donde se definió los siguientes ítems:

- Establecimiento de actas de reunión.
- Inicio de aforos.
- Inicio de capacitaciones (Clasificación de los residuos sólidos, y Manipulación de alimentos).
- Gestión de instrumentos necesarios para el proyecto. (Elementos de protección personal, Mecanismos de medición de residuos sólidos, Compostera y Trituradora de residuos).
- Análisis costo beneficio

13. RESULTADOS.

13.1 Inspección y revisión de la gestión actual de los residuos orgánicos generados la cafetería.

Se realizó una visita guiada por el lugar de producción de los residuos sólidos. (Ilustración 15) En el recorrido por las instalaciones y sitios de interés, se planteó la localización más posible para la compostera, la disposición de residuos orgánicos y el lugar de aforo.

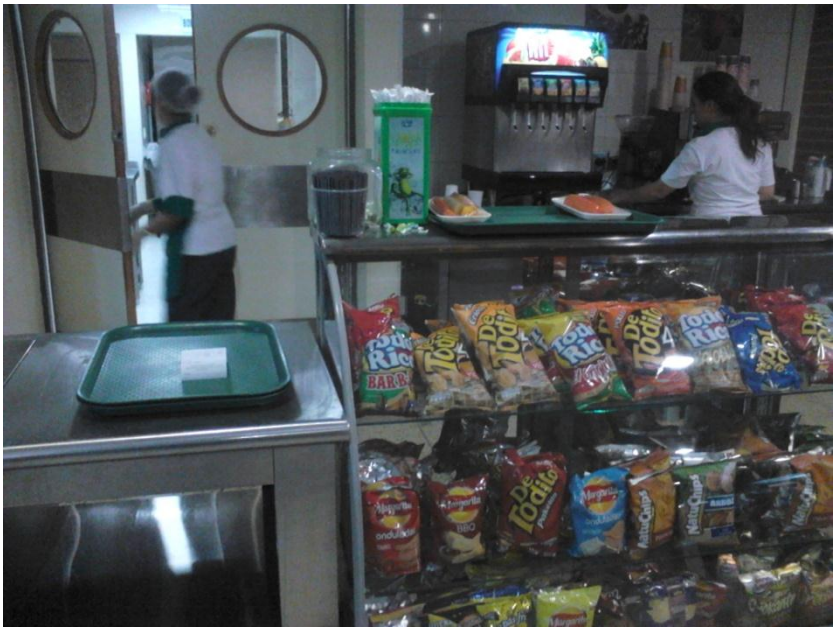


Ilustración 14 Restaurante Secretaría Distrital de Salud.
Fuente: Autores y Secretaria Distrital de Salud.

Se reconocieron los sitios de producción de residuos sólidos y la necesidad de implementar una adecuada segregación en la fuente teniendo en cuenta la clasificación actual de los mismos según la GTC 24. Se identificaron los actores que intervienen en el proyecto en procedimientos de asesoramiento, financiación y capacitación.

13.2 Formación y capacitación sobre la separación de residuos sólidos y manipulación de alimentos.

La capacitación relacionada con el “Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos se llevó a cabo el día 21 de mayo de 2015 y la capacitación denominada “Manejo

y Manipulación de Alimentos” se realizó el día 4 de junio de 2015. Las conferencias contaron con la asistencia de 9 personas pertenecientes a la Secretaria Distrital de Salud y 2 conferencias correspondientes a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

La educación a los actores involucrados en el proceso de generación, administración y control de los residuos orgánicos posibilito el reconocimiento de las interacciones entre las actividades cotidianas y la generación de residuos sólidos que deteriora el equilibrio ambiental, social y económico. La sensibilización acerca de la separación en la fuente y cómo cada uno de los actores puede involucrarse en el proyecto de compostaje aportando desde su sitio de trabajo al mejoramiento ambiental y la reducción del volumen de los residuos sólidos del lugar donde laboran obtuvo los siguientes resultados:

- Identificación de los diferentes tipos residuos que se manipulan en sus labores.
- Adecuada separación en la fuente según la clasificación por colores adoptada en el restaurante
- Metodología para la reducción del volumen de los residuos en distintas áreas.
- Conocimiento de la normatividad asociada a la gestión de residuos sólidos.
- Composición principal de los residuos sólidos.

La capacitación sobre el manejo e higiene de alimentos permitió que los actores relacionaran sus rutinas, conocimientos y decisiones en las labores diarias con la susceptibilidad de contaminación y riesgos que representa la manipulación de alimentos y sus repercusiones sobre el consumidor. Los resultados obtenidos producto de la capacitación son:

- Uso adecuado de la indumentaria de manipulación (cofia, tapabocas, delantal).
- Comportamiento e higiene de un manipulador de alimentos.
- Conocimiento de las principales enfermedades transmitidas por la inadecuada manipulación.
- Normas asociadas con la manipulación de alimentos.

13.3 Parámetros físicos de los residuos orgánicos.

En el aforo de los residuos orgánicos la principal característica cualitativa es la relación directa entre la masa de los residuos orgánicos y la composición del menú destinado para cada día. Según el día de aforo se determinó el número de almuerzos preparados, comercializados y la composición. La composición de los menús causa la fluctuación del valor de la masa de los residuos orgánicos así menús compuestos principalmente por cereales, harinas y proteínas tienen un valor de masa menor comparados con los menús cuya preparación requiere de verduras, hortalizas, tubérculos y frutas, que poseen mayor masa, dado su alto porcentaje de humedad.

Los residuos orgánicos más frecuentes son: cáscaras de frutas, papa, cebolla, tomate, coliflor, brócoli, lechuga, plátano, zanahoria, pepino, mazorca, limón, arveja, apio, acelga, pimentón y perejil. En los residuos orgánicos, no se incluyen huesos y en ocasiones se pueden excluir las sobras generadas en el consumo de los almuerzos.

El valor de la masa de los residuos orgánicos se obtuvo mediante trece aforos realizados en los meses de junio, julio y agosto. En el primer mes el peso total de los residuos fue 203 kg y el promedio de generación fue de 40.60 kg (Tabla 13), el día que registra mayor generación es el día martes con 58.50 kg. (Ilustración 16). En el segundo mes el peso total de los residuos fue 237 kg y el promedio de generación fue de 37.40 kg (Tabla 14), el día que registra mayor generación es el día martes con 69 kg. (Ilustración 17).

Tabla 12 Medición del valor de la masa de los residuos orgánicos en el mes de junio. Fuente: Autores

No. AFORO	FECHA	DÍA DE LA SEMANA	PESO (Kg)
1	01/06/2015	LUNES	48,00
2	02/06/2015	MARTES	58,50
3	03/06/2015	MIÉRCOLES	29,20
4	04/06/2015	JUEVES	24,00
5	05/06/2015	VIERNES	43,30
		PESO TOTAL (Kg)	**203,00**
		PESO PROMEDIO (Kg/día)	**40,60**

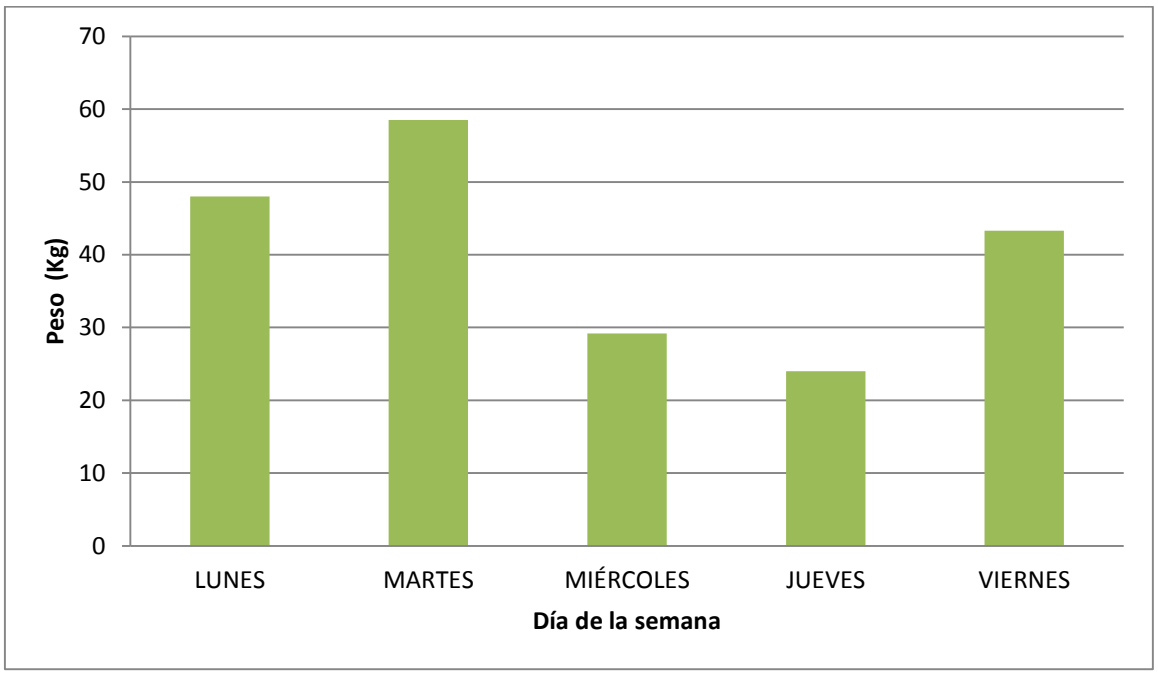


Ilustración 15 Generación diaria de residuos orgánicos en el mes de junio. Fuente: Autores

Tabla 13 Medición del valor de la masa de los residuos orgánicos en el mes de julio. Fuente: Autores.

No. AFORO	FECHA	DÍA DE LA SEMANA	PESO (Kg)
6	27/07/2015	LUNES	45,00
7	28/07/2015	MARTES	69,00
8	29/07/2015	MIÉRCOLES	46,00
9	30/07/2015	JUEVES	37,00
10	31/07/2015	VIERNES	40,00
		PESO TOTAL (Kg)	**237,00**
		PESO PROMEDIO (Kg/día)	**47,40**

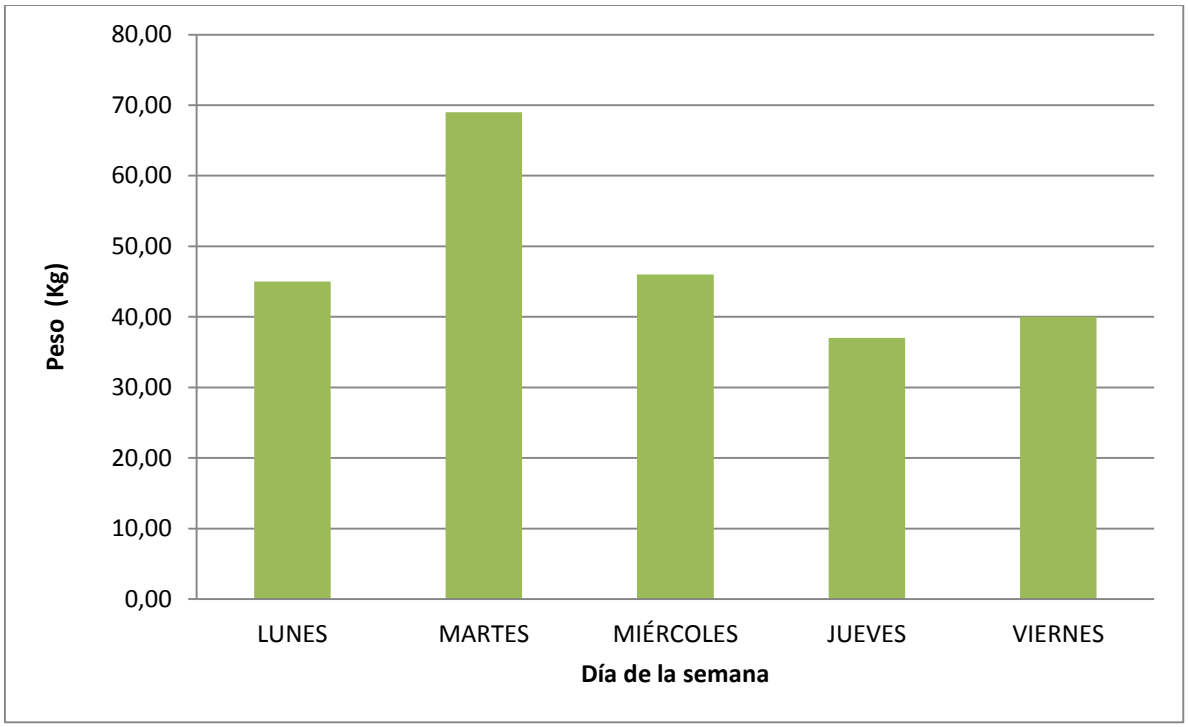


Ilustración 16 Generación diaria de residuos orgánicos en el mes de julio. Fuente: Autores

En el tercer mes el peso total de los residuos fue 136.80 kg y el promedio de generación fue de 45.60 kg (Tabla 15). También se desarrollan los parámetros de volumen y densidad con una densidad promedio de 361 kg/m^3 (Tabla 16). De los trece aforos se establece que en el restaurante de la Secretaria Distrital de Salud, en promedio se producen 44.5 kg/día de residuos sólidos orgánicos, los cuales pueden aprovechados para la producción de compost.

Tabla 14 Medición del peso de los residuos orgánicos en el mes de agosto.
Fuente: Autores.

No. AFORO	FECHA	DÍA DE LA SEMANA	PESO (Kg)
11	18/08/2015	MARTES	36,00
12	20/07/2015	JUEVES	35,00
13	21/07/2015	VIERNES	65,80
		PESO TOTAL (Kg)	136,80
		PESO PROMEDIO (Kg/día)	45,60

Tabla 15 Relación peso, volumen y densidad.
Fuente: Autores.

Masa Peso (Kg)	Volumen (m^3)	Densidad (Kg/m^3)
36	0.10	352.65
35	0.09	358.80
65.8	0.17	371.87

10.5 Adquisición de equipos.

Para la medición de temperatura y humedad se seleccionó el Termohigrómetro Digital Multiusos (Ilustración 18), con un rango de temperatura de (-10+60°C) y un rango de humedad de (2 – 70%). La medición del valor de masa se optó por una Báscula tipo gancho colgante digital (Ilustración 19) que permite la acumulación de valores, selección de unidades y manejo remoto debido al peso promedio de los residuos orgánicos su capacidad es de baja capacidad en otras palabras soportar un peso máximo de 150 kg. El valor del pH y humedad se evaluara por medio de un dispositivo análogo que cumple las dos funciones y es recargado por energía solar (Ilustración 20).



Ilustración 17 Termohigrómetro digital multiusos.
Fuente: Labexco http://www.labexco.com/



Ilustración 18 Bascula tipo gancho digital de baja capacidad.
Fuente: Vía industrial http://www.viaindustrial.com/



Ilustración 19 Medidor análogo de pH y humedad.
Fuente:Lixe http://www.lixecolombia.com/

13.4.1 Selección de compostera

La compostera se seleccionó de acuerdo a la producción promedio de residuos orgánicos que fue de 44.5 kg/día de residuos orgánicos. El compostaje se llevara a cabo en una compostera modular de 2400 litros de valor económico de 1.575.000 $ (Anexo 7) con una capacidad diaria de carga de residuos orgánicos de 48 kg/día. (Anexo 8). La capacidad de cargar superior a la producción diaria de residuos orgánicos tiene por objetivo brindar un factor de seguridad para transformar las máximas producciones de residuos de 65.80 kg/día.

La selección de la compostera se debe desarrollar según el tiempo de carga (Ecuación 1), el volumen de producción de residuos orgánicos (Ecuación 2), volumen comercial (Vc) y el tiempo de compostaje (d). La selección el proyecto se fundamenta en un tiempo de transformación de 30 días, con carga de residuos sólidos semanal (6 días) y un volumen comercial de 2400 litros.

$$V_t = \frac{Produccion\ de\ residuos\ (\frac{Kg}{d})}{Densidad\ de\ residuos\ (\frac{Kg}{m^3})}$$

Ecuación 2 Volumen de producción de residuos orgánicos.

$$T_c = \frac{Volumen\ comercial\ (L)}{Volumen\ de\ produccion\ (\frac{l}{d})}$$

Ecuación 1 Tiempo de carga compostera

De lo anterior se establece que el método de carga semanal será de 738 litros, con un tiempo de carga 20 días, no obstante el tiempo de carga fluctúa de acuerdo a las producciones máximas o mínimas. Es necesario la operación de una composteras para suplir la transformación de 1 tonelada por mes de residuos orgánicos.

La compostera seleccionada para la ejecución de este proyecto (Ilustración 21), consta de un contenedor subdividido en tres compartimientos apilados en forma vertical, un compartimiento para cada etapa de biotransformación de la materia orgánica (mezcla, degradación y maduración). Las composteras con varios compartimientos permiten que los residuos nuevos, queden por encima de la zona de residuos ya procesados. El calor es absorbido en la parte superior de la compostera y el calor generado por el proceso se aspira a través de los agujeros del sistema de ventilación.



Ilustración 20 Compostera con compartimientos dispuestos de forma vertical
Fuente: Disponible en http://earthwiseharmony.com

13.4.1.1 Operación compostera

La operación de la compostera de una manera práctica se puede ser realizar en cinco pasos (Ilustración 22).



Ilustración 21 Operación de compostera.
Fuente: Kontrolgrun, disponible en http://www.kontrolgrun.com/.

1. Comience por llenar la cámara superior con restos de comida y residuos de jardinería. Agregue los restos de comida todos los días y los desechos de jardín como corte de césped, malas hierbas del jardín o el barrido de las hojas.

2. Mezcle y agite el material de la cámara superior, una vez por semanales ideal, pero 2-3 veces por semanas, estaría muy bien.

3. Cada mes, se quita el panel extraíble y se empuja suavemente hacia abajo el material en la cámara del medio

4. Antes de vaciar nuevamente la parte superior, se debe limpiar la cámara de la mitad. Se usa el accesorio por el agujero central para empujar el material hacia atrás y hacia debajo de la cámara inferior.

5. Antes de limpiar la cámara del medio, sacar el abono/ compost de la cámara inferior hasta la parte delantera con el accesorio. Quitar el compost con una pala de mango largo. Deposite su abono directamente en el jardín o alrededor de los arbustos, o cave en nuevas plantaciones.

13.4.1.2 Ubicación de equipos

La opción numero 2 (Ilustración 23) es la ubicación de los equipos y la compostera seleccionada puesto que es una superficie que supera el área mínima requerida, la circulación de público es baja, permite un transporte cómodo de los residuos orgánicos y es un área a cielo abierto que permite la ventilación del proceso.



Ilustración 22 Ubicación de equipos.
Fuente: Autores y Secretaria Distrital de Salud.

13.5 Manejo, seguimiento y control del proceso de compostaje.

La evaluación del proceso del compostaje se debe realizar a través de mediciones y registro de indicadores establecidos en una bitácora diaria (Anexo 5). En el caso de presentar un parámetro por fuera del rango indicado se debe proceder a solucionar de acuerdo a la descripción de los parámetros de las etapas de la evolución del compost. (Tabla 17)

Tabla 16 Variables en los indicadores de la evolución del compost.
Fuente: Adaptación por los autores del Manual de Compostaje del Agricultor. FAO.

Aireación			
Porcentaje de aireación	**Problema**		**Soluciones**
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua,	Volteo de la mezcla y/o adición de material

		generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	estructurante que permita la aireación.
5% - 15% Rango ideal			
>15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
Humedad			
Porcentaje de humedad	**Problema**		**Soluciones**
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros).
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.
Temperatura			
Temperatura (°C)	**Causas asociadas**		**Soluciones**
Bajas temperaturas (T°. ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)

		disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos hemofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.
pH			
pH		**Causas asociadas**	**Soluciones**
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	En el caso de exceso de nitrógeno en el material de origen, con	Adición de material más seco y con

		una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)
Relación Carbono-Nitrógeno (C:N)			
C:N	**Causas asociadas**		**Soluciones**
>35:1	Exceso de Carbono	El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	El proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoniaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)
Tamaño de partícula			
>30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm
5 – 30 cm Rango ideal			
<5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

13.6 Uso adecuado del compost.

Para las plantas de interior y macetas en ventanas, balcones o patios, se puede mezclar 2-3 cm. De compost con la capa superior del substrato de la maceta un par de veces al año.

Al usar el compost con árboles y arbustos, lo mejor es hacer una aplicación superficial alrededor de la planta. De esta forma actúa como el humus que se encuentra en los suelos del bosque natural proporcionando nutrientes, microorganismos beneficiosos, ayudando a retener el agua, y colaborando en regular la temperatura superficial del suelo. Es mejor que al extenderlo no toque el tronco de la planta ya que de esta forma se evita que pueda estropear la corteza.

Al abonar el suelo de los arriates, jardines y los alrededores, puede mezclar de 1 a 7 cm de compost bien maduro con los primeros 7 a 10 cm del suelo. Es bueno aplicar el compost un mes antes de la plantación y mezclarlo muy bien en su lugar definitivo para que se produzca su adecuación al nuevo emplazamiento. Las plantas se beneficiarán de esta aplicación durante todo el año al liberar el compost los nutrientes lentamente. Para las plantas de flor el compost se puede usar mezclado con los 5 cm, superiores del suelo de los arriates de flor y plantar a continuación como de costumbre.

13.7 Diseño de un plan de trabajo para la separación, almacenamiento, aforo y tratamiento de residuos orgánicos.

El planteamiento del plan de trabajo se desarrolló conjuntamente con los funcionarios delegados por la Secretaria Distrital de Salud, donde se establecieron: actas de reunión; fecha y lugar para el inicio de los aforos y de las capacitaciones (Clasificación de los residuos sólidos, y Manipulación de alimentos): gestión de instrumentos necesarios para el proyecto (elementos de protección personal, mecanismos de medición de residuos sólidos, compostera y trituradora).

En la visita inicial se diseñó un plan de trabajo estableciendo las metas u objetivos en común de las partes interesadas, específicamente el diseño y operación de una compostera que contribuirá degradación de residuos sólidos orgánicos producto del funcionamiento del restaurante de la Secretaria Distrital de Salud para el cual se busca disminuir el porcentaje de los residuos sólidos que son almacenados y transportados al relleno sanitario aumentado la problemática ambiental de la producción insostenible de residuos sólidos y disminuyen el tiempo útil del relleno sanitario. Teniendo en cuenta lo anterior se planteó la ejecución de un proceso de compostaje dividido en tres etapas generales:

- Separación selectiva o adecuada segregación de residuos en la fuente;
- Manejo, seguimiento y control del proceso de compost;
- Empleo de compost en zonas verdes de la Secretaría Distrital de Salud.

Para el cumplimiento de las anteriores etapas se elabora un modelo de acta de reunión (Anexo 1), un modelo de acta de asistencia, (Anexo 2), modelo de rotulado de residuos orgánicos (Anexo 3), modelo de bitácora de registro de aforos (Anexo 4), modelo bitácora de registro de indicadores de compost (Anexo 5) y cotización de composteras (Anexo 6).

11. CONCLUSIONES.

1. El inadecuado manejo de los parámetros de control causa procesos anaeróbicos que disminuyen el tiempo de transformación.

2. La medición del Carbono es fundamental, además de ser un parámetro básico para la evaluación, nos ayudará a saber si el producto final o compost es una fuente de energía para los microorganismos y si contribuirá a la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

3. La densidad del compost, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta.

4. La implementación de este proyecto podrá contribuir a la generación de múltiples beneficios a largo plazo, tales como: la reducción de efectos del cambio climático; mejor uso de los recursos naturales; reducción en la cantidad de residuos que se disponen en el Relleno Sanitario Doña Juana; disminuye problemas de salud pública; controla la erosión y evita el desgaste del suelo; descarta el uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos (acaricida, insecticida, herbicida, fungicida, etc.); fertilización y uso del compost en zonas ajardinadas; previene y cura fitopatologías.

5. La educación ambiental a los actores involucrados permite el sostenimiento y la apropiación del proyecto ambiental.

6. El compostaje es un proceso de transformación de materia orgánica con parámetros controlados.

7. Las poblaciones de microorganismos, actinomicetos y hongos varían en función de los parámetros de control.

8. El compostaje es un método eficiente para el tratamiento de la materia orgánica.

9. La separación en la fuente permite que en el proceso no se incluyeran residuos de carácter no orgánico.

12. RECOMENDACIONES.

1. Para la determinación del valor de la masa el instrumento apropiado es una báscula colgante.

2. El valor obtenido de la densidad se debe corroborar en distintas densidades de residuos sólidos con o sin niveles de compactación

3. Comprobación organoléptica para el reconocimiento del compost maduro. Por medio de las características de no observación de los residuos orgánicos iníciales partículas de aspecto homogéneo y de color marrón oscuro negro con olor no desagradable a tierra.

4. Para la medición del volumen se debe usar un recipiente de geometría regular.

5. El proceso de compostaje debe establecer un plan de seguimiento continuo para controlar los procesos de separación en la fuente, almacenamiento temporal y parámetros de control.

6. Identificar los equipos necesarios para el verificar los parámetros de control y seguimiento.

7. Buscar mecanismos prácticos y viables para desarrollar programas que involucren los diferentes actores ciudadanos en la construcción de la cultura del aprovechamiento y cultura ambiental.

13. GLOSARIO.

Abonado. Acción o proceso cuya finalidad es hacer que la tierra sea fértil o productiva. Aplicación de fertilizante, ya sea sintético o natural.

Aeróbico. Proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico.

Anaeróbico. Proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. Si esto ocurre durante el proceso de compostaje, éste se ralentiza y se pueden desprender malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.

Compost maduro. Compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

Compost semimaduro. Compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

Descomposición. Degradación de la materia orgánica.

Inoculante. Concentrado de microorganismos que aplicado al compost, acelera el proceso de compostaje. Un compost semimaduro puede funcionar de inoculante.

Materia orgánica. Residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

Microorganismos. Organismos vivos microscópicos.

Microorganismos mesófilos. Grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.

Nitrato. Es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra oxidado y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por lixiviación.

Orgánico. Un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno y, habitualmente, otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánica no equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es

esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono.

Relación C:N. Cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material.

14. REFERENCIAS.

Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank.

Añón, M. S. (s.f.). *Vermican*. Recuperado el 13 de abril de 2016, de http://www.ecompostaje.com/index.php?option=com_content&view=article&id=163%3Aun-repaso-a-la-historia-del-compostaje&catid=55%3Ablog&Itemid=76&lang=en

APROLAB. (2007). *Effective Microorganisms.* Recuperado el 13 de Marzo de 2016, de http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/manual_para_elaboracion_de_compost.pdf

Biblioteca Virtual en Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (BVSDE), & Jaramillo, J. (1997). *Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/curso/relleno/relleno.html

Echarri, L. (1998). Ciencias de la tierra y del medio ambiente: Bachillerato: ciencias de la naturaleza y de la salud. Teide.

Henao, G. J. (2008). *UNICIENCIA*. Recuperado el 12 de abril de 2016, de APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA: http://uniciencia.ambientalex.info/infoCT/Aprressolorgco.pdf

Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste: a global review of solid waste management.

ICONTEC. (2016, April 26). Retrieved March 24, 2016, from GTC 53-7 Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos, http://e-

normas.icontec.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/icontec_enormas_mobile/visor/HTML5.asp

Libreros, S. S. (2012). Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicana* , 15-20.

Organización Panamericana de La Salud (OPS). (2005). Retrieved March 22, 2016, from Informe de La Evaluación Regional de Los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos Municipales En América Latina Y El Caribe, http://www.bvsde.paho.org/cursoa_mrsm/e/fulltext/informe.pdf

Perez Gomez, J. Retrieved March 24, 2016, from Guía de gestión de residuos industriales, http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/trabajo/file/delegados%20ambientales/Guia-RESIDUOS.pdf

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (1980). *Basel Convention*. Retrieved March 24, 2016, from Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf

Salamanca, S. (2012, July 18). Compostaje de Residuos Industriales en Colombia. *Revista Tecnicaña*. Retrieved from https://issuu.com/revistatecnicana/docs/tec_no28_2012/17?e=1152738/1795237

SZTERN, D. P. *Organización Panamericana de la Salud (OPS) .* Recuperado el 20 de marzo de 2016, de Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos.

Urban development - what a waste: A global review of solid waste management. (2012, April 17). Retrieved March 27, 2016, from http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap5.pdf

Unidad Administrativa Especial De Servicios Públicos (UAESP). (2012). Retrieved March 22, 2016, from Caracterización de Los Residuos Sólidos Residenciales Generados En La Ciudad de Bogotá D.C. 2011., http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/attachments/Caracterizaci%C3%B3n/RESIDENCIALES%2002-29-2012.pdf

Unidad administrativa especial de servicios públicos (uaesp), & agencia de cooperación internacional del japón (jica). (2013, November). *Proyecto de Estudio del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos en Bogotá, D.C.* Retrieved from http://www.uesp.gov.co/uaesp_jo/images/SubdRBL/jica/GEJR13213_BOGOTA_INFORME2.pdf

Universidad Industrial de Santander (UIS). (2009). Retrieved March 23, 2016, from Gestión integral de residuos Sólidos, https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/capacitaciones/Capacitacion%20Gestin%20Integral%20de%20Residuos.pdf

Waste Atlas - interactive map with visualized waste management data. Retrieved March 27, 2016, from http://www.atlas.d-waste.com/

15. ANEXOS

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE SALUD	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD FORMATO DE ACTA DE REUNIÓN ACTA No.	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

TEMA		
FECHA	HORA	LUGAR

1. ASISTENTES	
NOMBRE	ENTIDAD/DEPENDENCIA

2. ORDEN DEL DÍA

3. DESARROLLO DE LA REUNIÓN		
3.1 COMPROMISOS	3.2 RESPONSABLES	3.3 FECHAS

APROBADO	
_____	_____
UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS	SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD

Anexo 1 Modelo de acta.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE SALUD	SECRETARÍA DISTRITAL DE SALUD LISTA DE ASISTENCIA REUNIONES LISTA No.	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Tema: _____ Fecha: _____

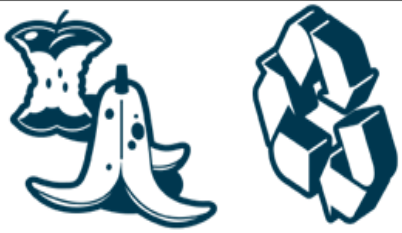
Hora: _____ Lugar: _____

No.	Nombre	Entidad/ Dependencia	Cargo	Teléfono	Correo Electrónico	Firma

Anexo 2 Modelo de lista de asistencia.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE SALUD	IDENTIFICACION DE RESIDUOS ORGANICOS ETIQUETA NO. AFORO NO.	UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Equipo de seguridad para su manipulación
Tapa bocas
Guantes
Cofia
Delantal



PERIDO DE AFORO	AA	MM	DD	CANTIDAD (KG)	

DATOS DEL GENERADOR	DATOS DEL GESTOR
Nombre: _____	Nombre: _____
Teléfono: _____	Teléfono: _____
Dirección: _____	Dirección: _____

Anexo 3 Modelo de rotulado de residuos orgánicos.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS ORGÁNICOS					
Fecha					
Hora					
Responsable					
Día	**Numero de bolsas**	**Peso (Kg)**	**Volumen (m3)**	**Densidad (Kg/m3)**	**Observación de contenido**
1					
2					
3					
TOTAL					
PROMEDIO SEMANAL					

Anexo 4 Modelo de bitácora de registro de aforos.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. SECRETARÍA DE SALUD	**BITÁCORA DE ACTIVIDADES**		
		detallada y específica el avance de las actividades de compostaje; esta permite tener trazabilidad y medir la eficacia del proceso.	Versión:	

IDENTIFICACIÓN GENERAL			
Operario a cargo		**Identificación**	**Celular:**
Punto de trabajo	**Ciudad**	**Contratista**	**Dependencia:**

SEGUIMIENTO AL PROCESO							
FECHA	**OXIGENO**	**HUMEDAD**	**pH**	**C/N**	**Temperatura**	**Tamaño de particula**	**OBSERVACIONES**

Anexo 5 Modelo bitácora de registro de indicadores de compost

Producto	Valor	Marca	Vigencia	Observaciones
Compostadora	$ 899.900	Homecenter	2016	Capacidad 900 litros
Compostadora residencial	$ 787.500	KontrolGrun	2016	Capacidad 800 litros
Compostadora	$ 559.900	Eco-libera	2016	Capacidad 600 litros
Compostadora modular	$ 367.500	KontrolGrun	2016	Capacidad 400 litros
Bioreactor SAC-200	$ 425.000	Earthgreen	2016	Capacidad 200 litros
Bioreactor SAC-100	$ 280.000	Earthgreen	2016	Capacidad 100 litros
Trituradora	$ 890.900	Homecenter	2016	Reducción de material orgánico
Medidor de humedad y pH	$ 260.042	Via industrial	2016	Medidor exclusivo para suelo
Medidor pH y Temperatura	$ 449.990	Hanna Instruments	2016	Medidor exclusivo para suelo

Anexo 6 Cotizaciones

Lo anterior es una muestra de las cotizaciones imprescindibles llevadas a cabo a las distintas entidades comerciales con valores para el año 2016 que ofrecen productos para el tratamiento de los residuos orgánicos se usaron como mínimo dos oferentes para selección de los equipos. Es adecuado señalar que no se encontró en el mercado una única entidad comercial que ofertara todos los equipos.

Las composteras se seleccionaron según su capacidad de almacenamiento y el método de tratamiento de residuos orgánicos (modular, rotomoldeó, tradicional), por otra parte los equipos de medición deben ser exclusivamente para la evaluación de parámetros en suelos se recomienda la adquisición de equipos multiparámetros para un menor costo del proyecto. El equipo de trituradora es un equipo auxiliar prescindible para la ejecución del proyecto.

Compostera modular 380-400 litros*	$367.500
Compostera modular 800 litros	$787.500
Compostera residencial 1200 litros	$997.500
Compostera residencial 1600 litros	$1’181.250
Compostera residencial 2400 litros	$1’575.000
Compostera modular 3200 litros	$2’362.500
Compostera modular 4000 litros	$3’150.000
Compostera modular 4800 litros	$3’543.750
Compostera Earthmaker de 466 litros*	$795.000

Anexo 7 Valor económico de compostera seleccionada.

Descripción	Composte ra modular 400 litros	Compostera modular 466 litros	Compostera modular 800 litros	Compostera modular 1200 litros	Compostera modular 1600 litros	Compostera modular 2400 litros	Compostera modular 3200 litros	Compostera modular 4000 litros	Compostera modular 4,800 litros	Unidades
Volumen en litros	400	466	800	1200	1600	2400	3200	4000	4800	Litros
Capacidad de peso (kg/l)	240	276,6	480	720	960	1440	1920	2400	2880	Kg/l
Tiempo de proceso	30	30	30	60	30	30	30	30	30	Días
Capacidad en kg/día	8	9	16	12	32	48	64	80	96	Kg/días
Capacidad promedio de generación de residuos día	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0.2	Kg/persona s-días

Anexo 8 Características de selección de composteras.