

Formulación de una compostera para el aprovechamiento del material de podas del Distrito
Capital

Natalia Gómez Sánchez.

Paula Alexandra Luque García.

Universidad ECCI

Dirección de Posgrados

Especialización en Educación para la Sostenibilidad Ambiental

Bogotá

2021

Formulación de una compostera para el aprovechamiento del material de podas del Distrito
Capital

Natalia Gómez Sánchez
Paula Alexandra Luque García.

Asesor
Juan Carlos Botero

Trabajo de grado como requisito para optar al título de especialista en Educación para la
Sostenibilidad Ambiental

Universidad ECCI
Dirección de Posgrados
Especialización en Educación para la Sostenibilidad Ambiental
Bogotá
2021

Tabla de contenido.

1. Título.....	9
2. Problema de investigación.	10
2.1 Descripción del problema.	10
2.2 Pregunta Problema.	11
2.3 Sistematización.	11
3. Objetivos.....	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.2 Objetivos específicos.	15
4. Justificación y delimitación.	16
4.1 Justificación.	16
4.2 Delimitación.....	18
4.3 Limitaciones.....	19
5. Marco de referencia.	20
5.1 5.1 Estado del arte.....	20
5.2 Marco Teórico.....	22
5.3 Marco legal	37
6. Marco metodológico de la investigación.	39
6.1 Paradigma.	40
6.2 Recolección de información.....	41
6.3 Tipo de Investigación.....	46
6.4 Fuentes de Información.....	47
6.5 Población y Muestra.....	47
6.6 Criterios de Inclusión y Exclusión	47
6.7 Instrumentos de recolección de datos.	48
6.8 Análisis de la información.	48
6.9 Cronograma.....	56
7. Resultados.....	58
7.1 Análisis y discusión de resultados.	58
8. Análisis Financiero	60
9. Conclusiones	61
10. Recomendaciones.....	63

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo en primer lugar, damos gracias a Dios por darnos la fuerza necesaria para culminar este proceso, a nuestros padres, compañeros de estudio, maestros y amigos. A todos ellos se los agradecemos su compañía y apoyo incondicional.

Agradecimientos o reconocimientos

Agradecemos a nuestras familias que han destinados su tiempo a nuestro desarrollo académico, brindándonos aportes invaluableles en cada aspecto de este proceso. A la Universidad Ecci y todos los docentes involucrados en nuestro crecimiento dado que estuvieron presentes en nuestra evolución y posterior desarrollo de este trabajo y les agradecemos con creces orientarnos a ser mejores cada día.

Resumen/Abstract

El manejo de los residuos provenientes de la tala y poda del arbolado urbano ubicado en espacio público por parte de la Administración Distrital genera más de 2.776,3 Toneladas/mes que son aprovechados de manera adecuado, su manejo y disposición final es inadecuada al llegar al relleno sanitario Doña Juana, por este motivo se hace necesario el diseño e implementación de un sistema efectivo como el compostaje el cual transforma y aprovecha este material vegetal para que pueda ser utilizado en las zonas verdes, jardines y arbolado de la ciudad.

El diseño e implementación de una planta de compostaje dentro de las instalaciones del Jardín Botánico José Celestino Mutis contempla la transformación y aprovechamiento del 5,36% de los residuos vegetales producidos en 6 pilas, cada una con un volumen de 80m³ impactando de forma positiva el componente cultural, ambiental y académico.

Abstract

The management of waste from felling and / or pruning of urban trees located in public space by the District Administration generates more than 2776.3 Tons / month that have not been used and its handling and final disposal is inadequate upon reaching the garbage dump, for this reason it is necessary to design and implement an effective system such as composting which transforms and takes advantage of this plant material so that it can be used in green areas, gardens and trees in the city.

The design and implementation of a composting plant within the José Celestino Mutis Botanical Garden facilities contemplates the transformation and use of 5.36% of the plant waste

produced in 6 piles, each with a volume of 80m³, positively impacting the cultural, environmental and academic component.

Palabras claves/ Keywords

Compostaje, residuos sólidos, jardín Botánico, césped, árboles.

Composting, Solid waste, Botanical Garden, grass, trees.

Introducción

En la ciudad de Bogotá hay 5 empresas encargadas de realizar el mantenimiento de los diferentes escenarios que forman parte del sistema distrital de parques, lo que generan residuos vegetales que no son aprovechados y son llevados al relleno sanitario Doña Juana, estos residuos pueden tener un aprovechamiento por medio de compostaje cuyo resultado es un abono que contiene nutrientes asimilables para el suelo y plantas por lo que mejora la calidad del sustrato estimulando el crecimiento de las plantas, este abono puede ser utilizado a nivel distrital.

Es importante generar la proyección de cómo se puede generar el aprovechamiento de este tipo de residuos ya que podemos generar la representación del desarrollo del ejercicio así analizar si podemos lograr el objetivo que se plantea.

Para este proyecto desglosaremos a detalle cómo podemos formular y proyectar una compostera para el manejo y disposición de podas del distrito capital, utilizando el método de degradación aeróbica llamada compostaje.

El compostaje es un proceso de degradación lenta que se da naturalmente por diversos microorganismos que actúan en la materia orgánica transformándola aumentando su temperatura, reduciendo su peso y volumen provocando un proceso de humificación, para que el proceso se genere de manera más rápida, adecuada y obtengamos el producto final es necesario asegurar un control adecuado del proceso.

1. Título.

Formulación de una compostera para el aprovechamiento del material de podas del distrito capital.

2. Problema de investigación.

2.1 Descripción del problema.

La ciudad de Bogotá cuenta con más de 1.200.000 números de plantas y árboles que se encuentran distribuidas en los diferentes escenarios de la ciudad como vías, aceras y el sistema distrital de parques (Datasketch, 2020), el mantenimiento lo realizan las 5 empresas autorizadas para Bogotá, estas son: Promoambiental Distrito S. A. ESP, Lime S. A. ESP, Ciudad Limpia de Bogotá EPS, Promesa Sociedad Futura Bogotá Limpia y Área Limpia S. A. ESP (Portafolio , 12), ejecutando el retiro de hojas muertas, control de los prados, mantenimiento del arbolado público (podas controladas de follaje), que son acumulados y no se reincorporan al ambiente en un corto plazo o mediano plazo, generando contaminación; si se realizara un proceso de compostaje se disminuiría la cantidad de residuos sólidos que son confinados en el relleno sanitario.

Tabla 1. Cuadro de las empresas prestadoras del servicio de recolección de residuos sólidos en Bogotá y zonas en donde prestan el servicio.



Promesa sociedad futura área limpia Engativá, Barrios Unidos.



Área limpia Suba



Promoambiental Distrito S.A. ESP Zonas: Usme, San Cristóbal, Santa fe, La Candelaria, Chapinero, Usaquén.



Lime S.A. ESP Zonas: Ciudad Bolívar, Teusaquillo, Puente Aranda, Los Mártires, Antonio Nariño, Tunjuelito.



ESP Ciudad Limpia Zonas: Kennedy,
Fontibón.

Fuente: (Portafolio, 2020).

2.2 Pregunta Problema.

¿Es necesario realizar procesos de compostaje con los residuos de poda al interior de la ciudad para dar provecho a este tipo de residuos?

2.3 Sistematización.

La norma nacional define los residuos sólidos ordinarios como “aquellos de origen residencial cualquiera que sea su ubicación y que por sus características, no representan ningún tipo de riesgo. En la (TABLA 2), vemos el consolidado del comportamiento de residuos sólidos urbanos anuales entre los años 2006 y 2009 de ahí se puede analizar que estos residuos son generados por los siguientes tipos de usuarios:

- Comerciales y de servicios
- Grandes productores (no peligrosos).
- Terminales de transporte, plazas de mercado.
- Residuos de barrido de calles y limpieza de áreas públicas.
- Mantenimiento de separadores, parques y áreas verdes (poda de árboles y prados)
- Cenizas y escorias (no peligrosas).

Tabla 2:

Tabla del consolidado del comportamiento de residuos sólidos urbanos año 2006-2009 en toneladas anuales.

Año	Recolección Domiciliaria	Corte de césped	Grandes generadores	Plazas de mercado	Poda de arboles
2006	1.358.981	23.100	214.698	38.296	6.982
2007	1.430.009	28.278	195.386	45.148	7.138
2008	1.440.485	31.262	215.748	47.392	6.183
2009	1.329.100	24.904	160.556	26.439	5.440
Total	5.558.575	107.544	786.388	157.275	25.743
%	83.8	1.6	11.9	2.4	0.4

Fuente: UAESP- Informes de interventoría servicio de aseo

Comportamiento general de los residuos de interés a compostar del distrito capital.

En la (Tabla 3), vemos la producción promedio de las toneladas anuales de corte de césped en la ciudad de Bogotá, de las empresas prestadoras de este servicio.

Tabla 3: corte de césped del 2006-2009 (tn/año).

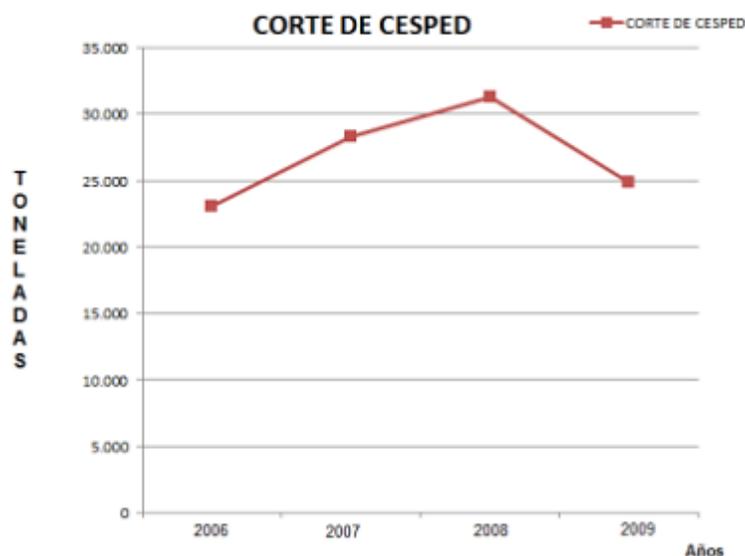
Año	Corte de césped (tn/año).
2006	23.100
2007	28.278
2008	31.262
2009	29.904

Total	107.544
%	1.6

Fuente: Unidad Especial de Servicios Públicos.

En la (Gráfica 1) se exponen los resultados de corte de césped entre los años 2006-2009 toneladas año y muestra la varianza de las toneladas año por año.

Imagen gráfica 1: residuos sólidos de corte de césped (ene/06 a nov/09) (tn/año).



Fuente: Autor

En la (Tabla 4), vemos la producción promedio de las toneladas anuales de poda de árboles en la ciudad de Bogotá, de las cuatro empresas prestadoras de este servicio.

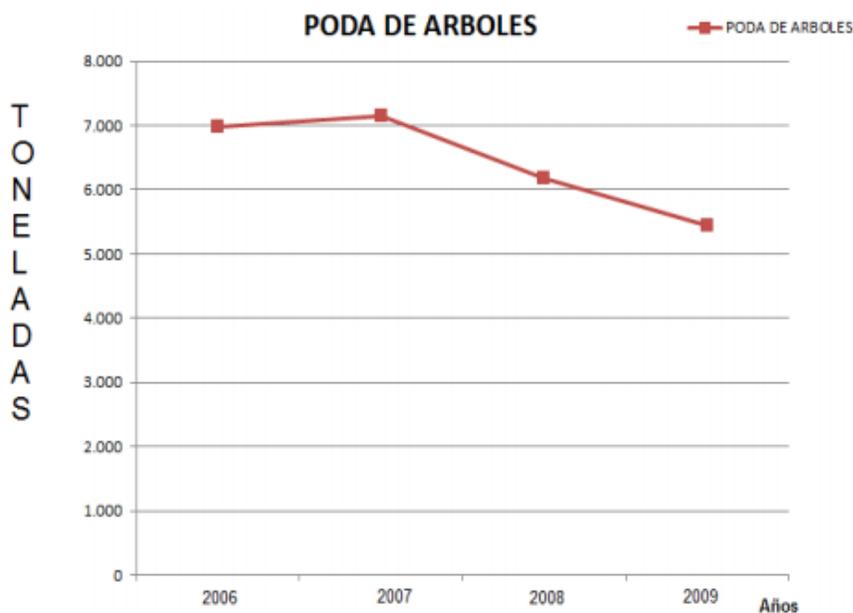
Tabla 4. Poda de árboles del 2006-2009 (tn/año).

Año	Poda de árboles (tn/año).
-----	---------------------------

2006	6.982
2007	7.138
2008	6.183
2009	5.440
Total	25.743
%	0.4

Fuente: Unidad Especial de Servicios Públicos.

Imagen gráfica 2: residuos sólidos de poda de árboles (Ene/06 Nov/09) (Tn/Año).



Fuente: Autor.

En la (Gráfica 2), se exponen los resultados de la poda de árboles de los años 2006-2009 toneladas año y muestra la varianza de las toneladas año por año.

3. Objetivos.

3.1 Objetivo general.

- Formular el diseño de un sistema que permita aprovechar las podas generadas en el Distrito Capital.

3.2 Objetivos específicos.

- Proyectar y formular el diseño de una compostera para el manejo y disposición de podas del Distrito Capital.
- Identificar la importancia de realizar un proceso de aprovechamiento de los procesos de poda del distrito.
- Favorecer la reducción del impacto ambiental de los residuos que llegan al relleno sanitario doña Juana.

4. Justificación y delimitación.

4.1 Justificación.

El POT (Plan de Ordenamiento Territorial), como principal norma sobre planeación urbana que tiene la ciudad, define los sistemas de servicios públicos, entre ellos el de saneamiento básico que incluye el sistema para la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos. En este sentido, respecto a la estructura del Sistema para la Recolección, Tratamiento y Disposición de Residuos Sólidos el Decreto 190 del 2004, en su Artículo 211 establece que este sistema estará “conformado por la infraestructura y métodos específicos para la recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición transitoria y final de los residuos sólidos de origen doméstico, industrial y hospitalario; la recolección, separación, acopio, aprovechamiento y disposición de residuo reciclables; la recolección, aprovechamiento y disposición final de escombros; la recolección, transporte y disposición final de residuos peligrosos y patógenos y lodos; la poda, recolección, transporte y disposición final de material vegetal provenientes de poda de parques, separadores y áreas públicas de la ciudad”.

En el artículo 212 de la citada norma establece que la gestión integral de residuos sólidos requiere para su operación adecuada de los siguientes equipamientos y procesos:

- Prevención, reciclaje y aprovechamiento
- Recolección y transporte
- Transferencia
- Tratamiento
- Disposición final (plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS., 2015).

Consideremos cuáles son las formas básicas más habituales de disposición final de residuos hoy en nuestro planeta:

- (a) Vertedero sin control o semicontrolado
- (b) Relleno sanitario

En el primer caso (a) resultan obvios los problemas ambientales que se generan, al no existir total o parcialmente control de lixiviados, gases ni elementos arrastrables por el viento (plásticos u otros). El segundo método (b), presenta menores problemas ambientales y permite la recuperación de energía mediante el aprovechamiento del biogás, mezcla de gases generados durante la descomposición anaerobia de los residuos, constituido básicamente por metano.

Los dos sistemas tienen en común retirar materias del sistema, lo cual es sorprendente si tenemos en cuenta cualquier eco balance si recordamos lo mencionado previamente respecto a lo limitado de los recursos disponibles. El compost es un material al que se llega por biotecnologías de bajo coste, que nos permite mantener la materia orgánica dentro del ciclo natural, no incinerándola, con difícil y cara recuperación, como sería el caso de los rellenos sanitarios.

Es un mejorador de suelos, sumamente útil en el combate a la erosión, en la mejora de los cultivos en cuanto a cantidad y calidad de los mismos. Su producción trae beneficios directos e indirectos si consideramos los beneficios en la producción, la mano de obra que ocupa su procesamiento, las posibilidades de obtener producciones ambientalmente sanas, la disminución de materia a eliminar y su valor como elemento formativo ambiental.

En última instancia, el compost podemos considerarlo como un bien "ambiental - social": por los beneficios ambientales que vimos, a los que debemos sumar que disminuye la cantidad de agroquímicos requeridos por los cultivos donde es aplicado y al considerar que devolvemos a la

sociedad un bien que fue generado por ella, evitando el agotamiento del humus y tierras productivas.

Las alternativas de aprovechamiento que se han implantado hasta el momento están enfocadas a la recuperación energética de estos residuos. Residuos de limpieza, barrido y mantenimiento A excepción, de los desechos del mantenimiento del arbolado público (podas) que son zafrales, el resto de los residuos de la limpieza, barrido y mantenimiento de áreas públicas, son de emisión regular. En este tipo de residuos urbanos, representan una fuente de materia orgánica los provenientes del mantenimiento del arbolado, áreas verdes, limpieza de ferias vecinales y mercados hortifrutícolas (Presidencia de la república, 2020) .

4.2 Delimitación.

Se da por establecido que el lugar óptimo para el manejo de las podas del distrito es el jardín botánico de Bogotá, ya que cuenta con el espacio necesario para poder realizar todo el procesos de compostaje, además puede aportar a la evaluación y mejora del mismo, este se encuentra ubicado a 4° 40´ 24" Latitud Norte y 74° 06´14.5" Longitud oeste; a una altura sobre el nivel del mar de 2.551 metros, en la Avenida Calle 63 No. 68-95 (Jardin Botanico Jose Celestino Mutis., 2020).

En el Jardín Botánico José Celestino Mutis lo conforman las dependencias del área administrativa, subdirección técnica operativa, arborización, subdirección científica, subdirección educativa y cultura.

Se recomienda realizar los estudios previos para determinar el tiempo de desarrollo del proceso de construcción de la compostera al interior del jardín Botánico José Celestino Mutis,

estos estudios previos se recomiendan que tengan una duración de 1 a 2 meses, donde se esbozan las primeras ideas de cómo será el proceso al interior del jardín.

El proyecto básico y de ejecución dará inicio cuando comience el desarrollo de la construcción, donde se plasmarán los planos, presupuesto y todas las condiciones necesarias para poder realizar el proyecto.

El periodo de obra se realizará en un proceso de 6 a 10 meses, donde se tendrá conocimiento de la duración de acuerdo al presupuesto.

4.3 Limitaciones.

Solo se trata de una prueba piloto y de realizar un estudio de factibilidad para la construcción de una compostera distrital, que conste de los siguientes puntos: residuos orgánicos provenientes de corte de césped y poda de árboles, lugar previsto para la planta, clima local, operación de la planta y finalmente la tecnología seleccionada.

5. Marco de referencia.

5.1. Estado del arte

Un abono orgánico o compost es el producto de la transformación de residuos orgánicos en humus por restos orgánicos (bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc.), la presencia de humus en el suelo cumple las siguientes funciones: provee elementos nutritivos, mejora la estructura la porosidad y retención de agua y aire en el suelo y aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades (Periodico Granada Hoy, 2020)

En Buenos Aires Argentina, se generó un estudio de los efectos de la incorporación al suelo del residuo de poda compostado y sin compostar arrojó que el material objeto de composta es más eficiente en cuanto a tiempo de generación de un humus terminado, si se hace un seguimiento de los parámetros y se ayuda con la incorporación de bacterias aceleradoras del proceso de degradación.

Los residuos orgánicos, compuestos por hojas, ramas y césped, se compostaron en un establecimiento de la localidad de Francisco Álvarez, Prov. de Buenos Aires, Argentina. Se armaron 4 pilas integradas por el mismo material inicial, se voltearon cada semana a fin de garantizar las condiciones de aerobiosis necesarias y se regaron para mantener constante la humedad en aproximadamente 60% en peso. De las 4 pilas se tomaron muestras compuestas en las siguientes etapas del proceso de compostaje: a) material inicial, b) al final de la fase activa c) al promediar la fase de maduración, 7 meses y después d) al finalizar la fase de maduración.

Para estudiar el efecto de la maduración del compost sobre la producción vegetal y su eficiencia como fertilizante se llevó a cabo un ensayo en macetas bajo condiciones controladas con las diferentes muestras tomadas.

Como consecuencia de la aplicación al suelo del material orgánico, en las pilas que no culminaron la fase de maduración no generaron diferencias significativas en el suelo, la muestra de fase inicial presentó menor producción pues produjo un agotamiento de los nutrientes a través del tiempo. En la muestra de la pila que alcanzó su fase de maduración, disminuyó el pH ligeramente del suelo, incremento los valores de conductividad eléctrica, y 18 generó una mejor retención de humedad en el suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos, puede considerarse como la mejor opción la pila que culminó la fase de maduración para uso de compost pues genera una mejor producción al suelo (Nilda Arrigo & Palma, 2005)-

El 13 de diciembre del 2010 en la ciudad Andalucía, España se propuso un proyecto piloto de compostaje que reduce a la mitad los restos de poda, lo que produjo un ahorro en el transporte, contenedores, energía y contaminación. El objetivo es dar un valor a los restos vegetales y de poda generados por los ciudadanos para producir compost, un abono natural con unas características excelentes para fertilizar y regenerar el suelo.

El domingo los vecinos depositan en la puerta de sus casas los restos de poda que realizan en sus jardines, estos aportes pueden llegar al centenar de kilos; los operarios recogen los residuos y son dispuestos en una pequeña planta de compostaje, ellos disponen de un triturador vegetal y un depósito compartimentado. El fertilizante es utilizado en parque lo que reduce gastos en productos fitosanitarios para las plantas.

Desde hace seis años, en Hinojosa la Laguna (España) recicla los residuos de podas municipales, pues se generó una iniciativa de dar un segundo uso a miles de toneladas de residuos vegetales que se generan en el municipio durante el año. Consiste en el almacenamiento de los restos de las podas de los árboles de parques y jardines del municipio, que, tras un proceso de trituración, puedan convertirse en compost.

Se maneja una cantidad de hasta 1.500 metros cúbicos de residuos vegetales, se trituran y se almacenan en un solar del municipio, utilizándose como manto acolchado en parques y jardines. Aprovechando los restos vegetales generados por las podas y demás labores de mejora de las zonas ajardinadas del municipio, mediante una máquina trituradora que permite la posterior reutilización de dicho material orgánico, se utilizan como manto acolchado vegetal en parques y jardines del término municipal.

Este material reutilizado permite conservar la humedad en áreas ajardinadas, al tiempo que evita que crezcan malas hierbas y que el suelo pierda propiedades nutritivas (Vizoso M, 2012).

5.2. Marco Teórico.

5.2.1 Reseña histórica.

Colombia es considerada como la cuarta nación en biodiversidad mundial, el segundo en biodiversidad a nivel de plantas, primera en anfibios y aves, tercera en reptiles y quinto en mamíferos (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020); Colombia es un país, destacado para investigadores y científicos. Por tales motivos en Colombia se creó una red de más de 22 Jardines botánicos, para generar un conocimiento a la sociedad de la amplia diversidad del país.

Uno de los jardines botánicos más importantes, se encuentra ubicado en la ciudad de Bogotá, es el Jardín Botánico José Celestino Mutis que lleva el nombre del astrónomo y botánico don José Celestino Mutis.

Don José Celestino Bruno Mutis y Bosio nació en Cádiz, España (El 6 de abril de 1732, Murió de apoplejía el día 11 de septiembre de 1808) Fue un gran médico, botánico, sacerdote, minero, matemático y docente de la Universidad del Rosario en Bogotá, en donde actualmente reposan sus restos.

En 1760 don José Celestino Mutis partió para América como médico del virrey Pedro Messia de la Cerda, y llegó a Santafé el 24 de febrero de 1761 en su llegada al trópico, Don José Celestino Mutis se impresionó mucho al observar su abundante biodiversidad; tal fue su impacto que inició la recolección de plantas con las que fue formando un herbario, dedicándose de lleno al estudio de las ciencias naturales.

En su llegada al territorio propuso una expedición para estudiar la diversidad sin ser escuchado, dedicándose a otras actividades al cabo de dos años el arzobispo-virrey Antonio Caballero y Góngora lo ánimo para que propusiera una nueva expedición; aprobada por Carlos III, por ello la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada inició en 1783.

La expedición botánica duró treinta y tres años, se centró en Santafé y sus alrededores, la laguna de Pedro Palo, la Mesa de Juan Díaz, Guaduas, Honda y los alrededores de Mariquita siendo una de las más importantes expediciones científicas del siglo XVIII; para extender su cobertura geográfica se contó con varios comisionados entre ellos se encuentra a Don Francisco José de Caldas, que recorrió las actuales tierras de Ecuador durante cuatro años, regresando a Santafé en 1808 llevando un extensísimo herbario; su objetiva labor dio como resultado la recolección y clasificación de 20 mil especies vegetales y 7 mil animales (Ruiza, 2020).

Durante sus siete años de permanencia en Mariquita, Mutis formó el primer jardín botánico, luego de padecer de fiebre palúdica, decidió trasladar la expedición botánica a Santa Fe, allí Mutis creó un pequeño jardín con semillas traídas de Europa por don Jorge Tadeo Lozano.

En 1816 las tropas libertadoras terminaron con el pequeño Jardín y la Casa de la Botánica, salvándose únicamente las preciosas iconografías de plantas que hoy se editan bajo el título de “Flora Real de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada”.

En un lapso de casi un siglo y medio no se originaron estudios de botánica por las guerras civiles que se originan en la consolidación de Colombia como nación, en 1937 el naturalista Enrique Pérez-Arbeláez fundó una escuela de Botánica en la Universidad Nacional.

Sus contactos propósitos para crear un Jardín Botánico tan sólo se cristalizaron el seis de agosto de 1995 con la entrega de 26 fanegadas que en comodato le hizo al Concejo de Bogotá en el Antiguo Bosque Popular y al que dio el nombre de Jardín Botánico de Bogotá "José Celestino Mutis" en memoria del padre de la vida científica y cultural del país (Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2020).

5.2.2 Compostaje.

A lo largo de la historia, desde que existe el hombre se producen grandes cantidades de residuos sólidos, la falta de una adecuada disposición y reutilización de estos residuos se generan problemas de contaminación; para afrontar este problema se generaron técnicas de minimización de residuos, estas técnicas son: segregación en la fuente, reciclaje, incineración, compostaje, y centros recolectores siendo alternativas para el relleno sanitario”.

5.2.3 Definición de compostaje.

Proceso mediante el cual la materia orgánica contenida en los residuos generados se convierte a una forma más estable, reduciendo su volumen y creando un material apto para cultivos y recuperación de suelo (Gomez R. B., 2006).

Los residuos vegetales que quedan después del proceso de podas, el corte de prados, hojas caídas y restos vegetales son una valiosa fuente de alimento para el suelo, para que estos nutrientes puedan ser aprovechados el material vegetal debe sufrir varios procesos de reacciones químicas, físicas y microbiológicas, el nombre de este proceso es composta que viene del latín y significa “compuesto por diferentes elementos” (Morales, 2020).

Estos compuestos biodegradables se descomponen dando lugar a un producto final estabilizado, llamado compost. En el compostaje se produce por la degradación biológica controlada de la materia orgánica, esta degradación puede realizarla una población microbiana aerobia (en presencia de aire) o una población anaerobia (sin presencia de Oxígeno) (Morales, 2020).

El compostaje aerobio tiene como característica la generación de calor que garantiza la higiene del producto final, la liberación y posterior destrucción de las fitotoxinas; características que se producen en las primeras etapas de la descomposición de los residuos orgánicos. En el compostaje anaerobio actúan microorganismos específicos, en ausencia de oxígeno molecular y degradan la materia orgánica por medio de la oxidación biológica, lo que genera producción de biogás (fundamentalmente metano y dióxido de carbono) pero su proceso es largo y costoso (Marquez, Blanco, & Cabrera, 2008).

Para que los nutrientes de estos restos vegetales estén disponibles para la planta hay que coadyuvar con su descomposición, es decir promover las reacciones químicas que permitan transformar moléculas complejas y poco asimilables para las plantas en moléculas más simples que puedan ser absorbidas por las raíces de las plantas. Las reacciones químicas para lograr esta transformación tienen lugar gracias a la acción de muchos microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos, micro artrópodo y gusanos, los que colonizan los residuos vegetales en un proceso llamado compostaje (Higuero, 2020)

5.2.4 Definición de residuo.

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, semisólido, líquido o gaseoso resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición

final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos, entre otros, aquellos provenientes del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles (Presidente de la república de Colombia, 2020).

5.2.4 Aprovechamiento.

Es el proceso mediante el cual, a través de una gestión de los residuos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos (Presidencia de la república, 2020).

5.2.5 Composición y degradación de la materia orgánica.

La materia orgánica en los agroecosistemas está integrada por dos partes:

1) Materia orgánica “fresca” formada por restos de animales, plantas y microorganismos descompuestos de manera incompleta, que no forman parte integral del suelo y pueden ser separados del mismo mediante métodos mecánicos, y 2) Materia orgánica “estable”, incluye productos que resultan de la descomposición avanzada de residuos orgánicos y aquello que llamamos “humus” que no pueden ser separados del suelo por métodos mecánicos.

Al igual que los seres humanos y los animales, las plantas están formadas por azúcares, proteínas, grasas o lípidos, minerales, vitaminas, hormonas, etc.

También poseen algunas moléculas particulares, es decir, que solo las tienen ellas, como es el caso de las fibras de celulosa y lignina.

Tan pronto finaliza el ciclo de la vida de una especie vegetal u ocurre renovación de sus tejidos (ramas, hojas, etc.), este material se convierte en materia orgánica muerta, fresca o necromasa y empieza el proceso de descomposición.

Esta materia orgánica muerta y fresca se convierte en alimento para los organismos del suelo (lombrices, gusanos, ciempiés, milpiés, arañas, hongos, bacterias etc.) que encuentran en ella su fuente de energía, nutrientes y agua (Zambrano, 2001).

En ese proceso de descomposición, la necromasa se va agotando con el paso del tiempo y solo permanecen las moléculas más resistentes a la descomposición por los microorganismos, las cuáles dan origen a nuevas moléculas que se denomina humus.

Hay dos procesos claves que involucran la descomposición de materia orgánica en el suelo y que son posibles por la acción de los organismos del suelo:

i. La mineralización, que es la transformación de compuestos orgánicos en inorgánicos durante la descomposición de la materia orgánica. A partir de allí quedan disponibles en el suelo nitratos, fosfatos, sulfatos, elementos menores como cobre, zinc, etc.

ii. Humogénesis o humificación: que es el proceso de formación de humus en el suelo.

5.2.6 Propiedades biológicas de la materia orgánica.

La materia orgánica, humificada o no, tiene una acción determinante en todos los aspectos relacionados con la dinámica de la vida en el suelo.

5.2.7 Regulación de la oxigenación del medio.

La materia orgánica al mejorar las propiedades físicas del suelo favorece la respiración de las raíces de las plantas, estimula la germinación de las raíces de las semillas y el estado de desarrollo subterráneo de los vegetales.

5.2.8 Intercambio gaseoso.

El intercambio que se produce entre la atmósfera exterior, la interior y la solución del suelo, funciona normalmente cuando su estructura es porosa pues favorece la circulación de gases como el oxígeno, fundamental para la descomposición rápida de la materia orgánica y, del gas carbónico que se produce en la respiración y ayuda en la solubilización de compuestos minerales.

5.2.9 Estímulo a la actividad biológica y al desarrollo vegetal.

La materia orgánica actúa globalmente sobre los procesos fisiológicos y bioquímicos unidos al desarrollo de la planta.

En los suelos activos se encuentran gran variedad de vitaminas, estimulantes naturales del crecimiento vegetal, ácidos orgánicos e incluso antibióticos que colaboran en la sanidad de los vegetales. Igualmente, las sustancias húmicas, en bajas concentraciones, estimulan el desarrollo de las raíces e incrementan sus exudados, lo cual favorece la vida en el suelo.

5.2.10 aportes de materia orgánica al suelo.

Para la producción agropecuaria sostenible es fundamental el mantenimiento de la cantidad y calidad del suelo. Su fracción mineral varía muy poco en el tiempo del hombre, entonces, la cantidad y calidad del suelo va a depender de la cantidad y calidad de la materia orgánica.

Esta materia orgánica si puede variar en pocos años, deteriorarse como resultado de prácticas agrícolas que reducen el ingreso de necromasa fresca, quema este material y/o aceleran la mineralización del humus.

Por ello, es necesario hacer aportes de materiales orgánicos oportunamente. Estos ingresos pueden ser endógenos y exógenos. Los primeros llegan normalmente en estado, fresco, mientras que los exógenos pueden llegar parcialmente descompuestos o bien transformados.

Los aportes endógenos se generan al interior de los agroecosistemas y llegan al suelo sin transformaciones realizadas por el hombre (hojarasca, residuos de cosecha dentro del terreno, estiércol de vacunos en pastoreo, etc.).

Los aportes exógenos están constituidos por residuos orgánicos de diversa procedencia que el hombre hace llegar a los cultivos, transformados o sin transformar.

Los residuos orgánicos vegetales y animales, en presencia de humedad y con la necesaria intervención de poblaciones de microorganismos, se descomponen, esto es, degradan las moléculas complejas a moléculas más sencillas, liberando agua, nutrientes y CO₂.

La descomposición es un proceso natural. El compostaje es una forma especial de descomposición, manejado por el hombre. El sistema más común es el compostaje por pila con volteos. Consiste en amontonar o apilar los residuos que se desean procesar hasta una cierta altura, tamaño o volumen, de tal forma que en la primera o segunda semanas se alcancen temperaturas mayores de 45 °C-(Gomez, Gomez, Miranda, & Bonilla, 2002)-

5.2.11 Factores que afectan el compostaje.

Ciclos de temperaturas: Los microorganismos actúan en todo el proceso de compostaje, generando la mayor parte de la descomposición, considerado un proceso exotérmico pues producen energía en forma de calor (Marquez, Blanco, & Cabrera, 2008). Además, son responsables de la temperatura pues al crecer los microorganismos producen calor aumentando todo el material a la misma temperatura.

Por tanto, la temperatura ha sido considerada una de las variables más importantes en el control de compostaje pues si no se tiene un adecuado control de la temperatura esta puede elevarse demasiado inhibiendo el crecimiento de los microorganismos conociéndose como suicidio microbiano (Fernández A. I., 2020). En el proceso de descomposición aeróbica se observan tres fases:

- Fase mesófila(25-40°C): La pila vegetal se encuentra a temperatura ambiente, los microorganismos mesófilos presentes en el material se multiplican rápidamente, ocurre una descomposición rápida de materiales fáciles de degradar como azúcar, proteína y almidones, que sirven de alimento para bacterias, actinomicetos, y hongos conocidos como descomponedores primarios, como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva entre los 20-40°C

(Dazell, Biddlestone, Gray, & Thurairajan, 1991), produciendo ácidos orgánicos con una disminución del pH, además aparecen lombrices, ácaros, miriápodos y meso fauna con una contribución mínima en este tipo de compostaje, su aporte se utiliza en el proceso de compost conocido como vermi-compostaje (Morales, 2020).

- Fases termofílicas (40-60°C o más): Los microorganismos termófilos ganan ventaja competitiva y gradualmente reemplazan la flora mesófila, esta flora mesófila muere, y son degradados junto al sustrato restante (Morales, 2020).

Los microorganismos termófilos continúan la descomposición rápida y aceleradamente, generalmente causada por actinomicetos y cepas de bacterias que forman esporas; lo que causa que la temperatura siga aumentando hasta llegar aproximadamente a los 65°C situación que produce la destrucción de microorganismos patógenos, hongos, semillas y larvas de insectos (Dalzell, 1991)-

- Fase de enfriamiento (segunda fase mesofílica): Cuando los sustratos disminuyen la actividad de los microorganismos termófilos igualmente disminuyen, y la mayor demanda de Oxígeno se ha satisfecho, la temperatura de la pila comienza a disminuir hasta los 50°C, el medio es colonizado por microorganismos mesófilos diferentes cuyas esporas sobrevivieron o son inoculadas desde afuera, son capaces de degradar celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón, descomponiéndose en compuestos más sencillos colocándolos a disposición de otros microorganismos. En esta fase predominan los actinomicetos y hongos (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres).

- Fases de maduración: El compost estará listo cuando la mezcla presente color café negruzco y la temperatura se haya estabilizado. Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica

se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo.

El suministro de alimento empieza a disminuir lo que genera la competencia entre los microorganismos, disminuyendo la población microbiana, genera un aumento proporcional de hongos y de macrofauna lo que produce reacciones secundarias y polimerización del humus.

Se diferencia fácilmente por su textura terrosa y su color oscuro. Su uso principalmente es como fertilizante ya que aporta elementos minerales (Nitrógeno, fósforo, potasio, etc.), además de favorecer la capacidad de retención de agua (Diputación foral de Gipuzkoa, 2018).

5.2.11 Parámetros de seguimiento del proceso químico del compostaje.

Relación carbono/nitrógeno (nutrientes): Para que se produzca la acción de los microorganismos se requiere una fuente de carbono que les proporcione energía junto a un suministro de nitrógeno, importante para el desarrollo de la población microbiana (Higuero, 2020). Por ello es importante que coexista una relación de carbono nitrógeno correcto. Es deseable que la relación sea 25 de carbono y 35 de nitrógeno, es decir que haya entre 25 y 30 veces más carbono que nitrógeno, pues una relación más elevada retrasaría la velocidad de humificación, ya que los microorganismos eliminan el carbono por oxidación en forma de dióxido de carbono. Los microorganismos inician el proceso incorporando 1/3 de carbono a su cuerpo y elimina los 2/3 sobrantes en forma de dióxido de carbono (Tortosa, 2020).

Una cantidad excesiva de nitrógeno causará que este escape a la atmósfera en forma de amoníaco, generando emisiones de olor desagradable, presencia de moscas y más adelante presencia de gusanos; pueden ocurrir pérdidas de nitrógeno por el fenómeno de desnitrificación, generando por un proceso microbiano anaerobio que reduce los nitratos a gas Nitrógeno, por ello

es importante realizar volteos a toda la pila evitando que se creen condiciones anaeróbicas (Morales, 2020).

Concentración de hidrogeniones (pH): Aunque el rango de tolerancia de los microorganismos es bastante amplio, el pH es un factor de influencia directa en el compostaje. El pH varía en el proceso de compostaje en el cual se observan tres fases:

Fase uno: Durante la fase mesófila inicial el pH desciende por lo que el material se vuelve ácido, debido a la acción de los microorganismos en la descomposición de los ácidos orgánicos simples-(Casco & Herrero, 2008)-

Fase dos: Al cabo de unos días la pila se vuelve ligeramente alcalina, pues las proteínas son atacadas produciendo una liberación de amoníaco y además de la pérdida de ácidos orgánicos.

Fase tres: El pH final tiende a ser neutro por la producción de compuestos húmicos, que tiene propiedades tampón si el pH es menor a 8 es un indicativo de fenómenos anaeróbicos y que el material no está totalmente maduro (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA).

Si las condiciones son excesivamente alcalinas (mayor a 8) se producirá gran pérdida de Nitrógeno en forma de amoníaco, por tanto, no es necesario agregar cal a la pila, la cantidad de nitrógeno perdido en forma de amoníaco se reduce agregando el 1% del peso total de la pila en tierra pues la alcalinidad es un agente inhibidor del crecimiento, lo que genera la precipitación de nutrientes esenciales del medio, en forma inaccesible para los microorganismos.

Si las condiciones de las pilas se vuelven demasiado ácidas, (menor a 5,5) la pila puede no llegar a calentarse (OrganicSA, 2008).

Aireación: Para un buen proceso de compostaje es importante tener en cuenta el proceso de aireación, pues los microorganismos que intervienen en este proceso son aerobios (requieren

Oxígeno), por tanto, el proceso de compostaje será más rápido si ocurre un mayor consumo de oxígeno (Casco & Herrero, 2008) .

Si el proceso de aireación es óptimo, el aire circulara por debajo de la pila; este se filtrará hacia arriba de la pila donde se calentará, volviéndose más denso y ligero; elevándolo a través de la masa este proceso es conocido como el efecto chimenea, garantizando que la pila esté a una temperatura más alta que la del aire circundante garantizando así un flujo constante del aire hacia arriba de la pila-(Dalzell, 1991)-

Entre los espacios libres de la pila hay porcentajes variables de oxígeno, en la parte externa de la pila el flujo de aire varía entre un 18 y 20% de oxígeno casi como el aire del medio; y hacia el interior de la pila el contenido de oxígeno va disminuyendo, y el dióxido de carbono va en aumento.

Una aireación inadecuada, en la que se produzca una concentración menor a 20% de oxígeno, se generará fermentación provocando la sustitución de los microorganismos aerobios por microorganismos anaerobios, por tanto, la degradación se generará por la putrefacción retardando la descomposición, además de generar di hidruro de azufre (SH₂) de olor fuerte y desagradable a amoníaco (Morales, 2020).

Un exceso de aireación puede provocar que la pila se enfrié rápidamente, además de una alta desecación por lo que reducirá la actividad metabólica de los microorganismos (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA).

5.2.12 Proceso físico del compostaje.

Contenido de humedad: El contenido de humedad es un factor importante para generar un compostaje de buena calidad; el contenido de humedad óptimo para el crecimiento de los microorganismos se encuentra entre el 50% y el 70% este contenido de agua es indispensables para desarrollar las necesidades biológicas de los microorganismos (Casco & Herrero, 2008) , ya

que los nutrientes deben estar disueltos en agua antes de ser asimilados por los mismos Si el contenido de agua es menor al 30% en peso fresco, las actividades biológicas decrecen, y se retrasan, si el contenido de humedad es inferior al 20%, las fases de temperatura se pausan generando la muerte de los microorganismos, causando que el proceso de compostaje se detenga (Dazell, Biddlestone, Gray, & Thurairajan, 1991)–

Si se genera un exceso de humedad, por encima del 70 % los espacios entre las partículas de material se saturan, pues el agua desplazara el aire impidiendo que este se mueva produciendo una anaerobiosis produciendo putrefacción, malos olores y disminuye la velocidad del proceso (Casco & Herrero, 2008).

Tamaño de partículas: El tamaño adecuado del material a compostar se encuentra los 1 a 5 cm pues entre más pequeña la partícula será más susceptible al ataque microbiano. Cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción, además el tamaño adecuado de las partículas favorecerá a la homogenización y a la mezcla de material. Hay que evitar un tamaño menor al recomendado pues provocaría que el espacio entre partículas se reduzca aumentando la fuerza de fricción además puede provocar la compactación del material y evita la aireación natural lo que genera un colapso microbiano (Morales, 2020).

5.2.13 Especies y variedades de poda.

Pastos de clima frío: Alfalfa, Avena Cayuse, Canola, Carretón Blanco y Rojo, Festuca, Remolacha Forrajera, RyeGrass, Pasto Azul Orchard y Vicia Atropurpúrea.

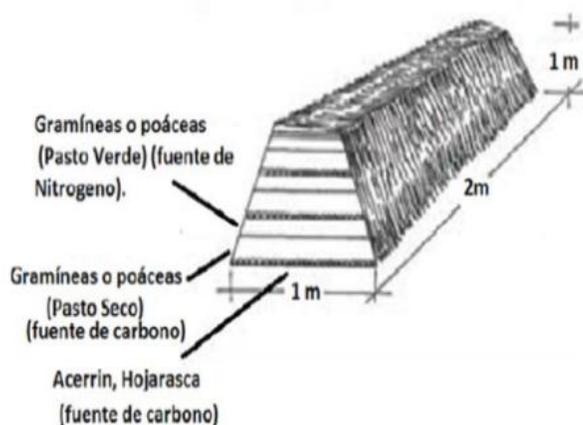
Son especies presentes en las zonas verdes de Bogotá en donde el clima es apto para su crecimiento. Con factores como la capacidad del suelo para su crecimiento, el nivel de nutrición del mismo que permite que el forraje vegetal cubra el suelo y permita que acompañen las demás plantas. La clave de un suelo ya sea con gramíneas de mejor crecimiento y con el contenido acuoso

necesario para la ganadería es proporcionar un suelo rico en nutrientes para optimizar el pasto (forraje) y sea de vital proporción de sustrato para los bovinos.

Si las gramíneas son sembradas indiscriminadamente y utilizadas para actividades como la ganadería el suelo pierde los nutrientes impidiendo la capacidad de concebir forrajes sanos aptos para el consumo de los bovinos y así funciona la agricultura excesiva ya que si no se retorna al suelo los nutrientes que permiten el mejor productor de plantas o arbolado y forrajes.

Todo el material que se constituye como verde aporta nitrógeno y todo lo que es café o amarillo aporta carbono es importante mantener la relación carbono nitrógeno en 60 % (Carbono) y 40 % (Nitrógeno). En la (Figura 3), se muestra las dimensiones de una pila de tamaño promedio y los mariales en la ubicación inicial para que inicie el proceso de degradación antes de una mezcla posterior. (El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam).

Imagen 3. Aporte de Carbono Nitrógeno a pila Aeróbica.



Fuente: Autoras.

5.2.14 Camas elevadas de compost.

La técnica de la cama elevada de compostaje es útil cuando se trata de un compost aerobio, pues facilita el proceso de mezcla y ayuda en la descomposición más efectiva de los residuos sólidos dispuestos a compostar (Gomez R. B., 2006).

5.2.15 Materia de origen vegetal.

Hojas: En general, las hojas son un excelente ingrediente para el compost; colaboran a mantener aireada la pila y ayudan a reducir los olores. Para mantener cierto grado de compactación puede apelmazarse y no dejar pasar el aire si están húmedas, así es importante comprobar que no se forman densas capas, que están bien mezcladas con otros componentes y que los posibles agregados son rotos y las capas son finas. Las hojas secas son un típico elemento “marrón” mientras que las hojas verdes, vivas, contienen abundante nitrógeno y se las debe considerar como elementos “verdes” (Nilda Arrigo & Palma, 2005).

Césped: uno de los mayores problemas de la gente que empieza a hacer compost es preparar pilas donde el ingrediente principal es hierba cortada. El resultado es una masa pegajosa, de mal olor, que tarda muchísimo tiempo en descomponerse. Ello, no obstante, si se hace adecuadamente también se puede usar hierba fresca para preparar compost. Hay que tener cuidado con añadir hierba en capas muy delgadas, o mezclarla cuidadosamente con otros componentes, porque de otra manera tiende a formar capas apretadas que no dejan pasar aire. La hierba recién cortada es rica en nitrógeno y es por tanto un típico ingrediente “verde” (Nilda Arrigo & Palma, 2005).

5.2.16 Cuidados especiales

Para las condiciones de un país como Colombia, en donde la mayor parte del territorio es lluviosa, conviene sobremanera que las pilas de compostaje estén protegidas de la acción de las aguas de lluvia.

Si las pilas se encuentran a la intemperie, el agua que se mueve a través de ellas en dirección vertical arrastra consigo moléculas orgánicas que se solubilizan, y nutrientes. Entonces, lo más adecuado es colocar una protección contra el agua lluvia. La cubierta de plástico flexible es una opción, en lo que se denomina compostaje solarizado; el plástico impide la acción lavadora del agua lluvia y evita la evaporación del agua lluvia y evita la evaporación del agua generada por el

proceso. También de esta forma se evita que los malos olores se difundan, otra opción es la de establecer un techo, cuando se dispone de sitios donde se van a hacer permanente los procesos de compostaje, esta puede ser buena alternativa si se dispone de recursos para emprender esta obra. También es aconsejable, en este caso, impermeabilizar el piso para impedir que los lixiviados se drenen en el terreno.

5.3 Marco legal.

Ley 142 de 1994 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.

Decreto ley 2811 de 1974 código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente. (Título III)

Decreto 2891 del 2013 el cual reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

Decreto 68 del 2003 por el cual establece las competencias, procedimientos para la arborización, aprovechamiento y tala de arbolado en el perímetro urbano de Bogotá.

Decreto 472 del 2003 reglamenta la arborización, aprovechamiento, tala, poda, trasplante o reubicación del arbolado urbano.

Resolución 475 de 2007 Secretaría Distrital de Ambiente delega al Jardín Botánico "José Celestino Mutis", la función de desarrollar los programas de arborización y ornamentación de la ciudad de Bogotá, en particular de especies nativas y efectuar el registro de inventario de las mismas.

Decreto 1713 de 2002 Establece normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a

sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios.

Decreto 281 del 2013 Se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

Decreto 383 del 2018 modifica el Decreto 531 de 2011, 2010 Reglamenta el aprovechamiento de arbolado aislado, relacionado con la silvicultura urbana, las zonas verdes y la jardinería en el perímetro urbano de Bogotá.

Concepto 220266 de 2009 Secretaría Distrital establece al jardín botánico en realizar la tala, arborización, poda, aprovechamiento, trasplante o reubicación del arbolado urbano.

Acuerdo 435 de 2010 Concejo de Bogotá D.C Dicta los lineamientos para la cobertura en áreas para parques y zonas verdes de equipamiento público, como complemento de las acciones adelantadas por la administración distrital.

6. Marco metodológico de la investigación.

Se va a realizar la proyección de una compostera a nivel distrital, que tendrá la capacidad de reducir la cantidad de residuos de origen vegetal que llegan al relleno sanitario doña Juana, además tendrá como producto resultante abono que puede ser utilizado para el mantenimiento de las zonas verdes del distrito, en el proceso de producción de compostaje es importante realizar un control periódico para asegurar un resultado óptimo de buena calidad y a costos mínimos, es importante realizar la proyección de la compostera distrital para poder definir la inversión, beneficios y situación final que se quiere lograr.

En la tabla 5 se puede verificar los costos que se requieren para hacer la compostera.

Tabla 5. Costos demandados por la realización de la compostera.

Costos de la realización de la compostera a nivel distrito.

Insumos y maquinaria	Costo \$ pesos colombianos
Terreno 16000 m ²	850.000.000
Maquina volteador de compost	25.000.000
Trituradora compacta	19.616.333
Trómel industrial	26.000.000
Llenadora y selladora	3.000.000
Equipos de control y medida	53.000.000
Sondas de temperatura, del tipo pt – 100	10.000.000
Formadoras de pilas	32.000.000
Microrganismos eficientes (15 litros mensuales)	105.000

Cal (bulto año)	45.000
Infraestructura 200 m ²	180.000.000
Hornos industriales	130.000.000
Mano de obra transporte por las 4 empresas de aseo	120.000.000
Transporte por las 4 empresas de aseo	80.000.000
Empacado de material final	50.000.000
Medidor de humedad para suelo	15.000.000
Total	1.593.766.333

Fuente: Autoras.

El promedio de la inversión económica de la realización de una compostera a nivel industrial con la capacidad de tratar las toneladas que van al relleno sanitario Doña Juana tiene un costo de \$ 1.593.766.333 pesos colombianos.

6.1 Paradigma.

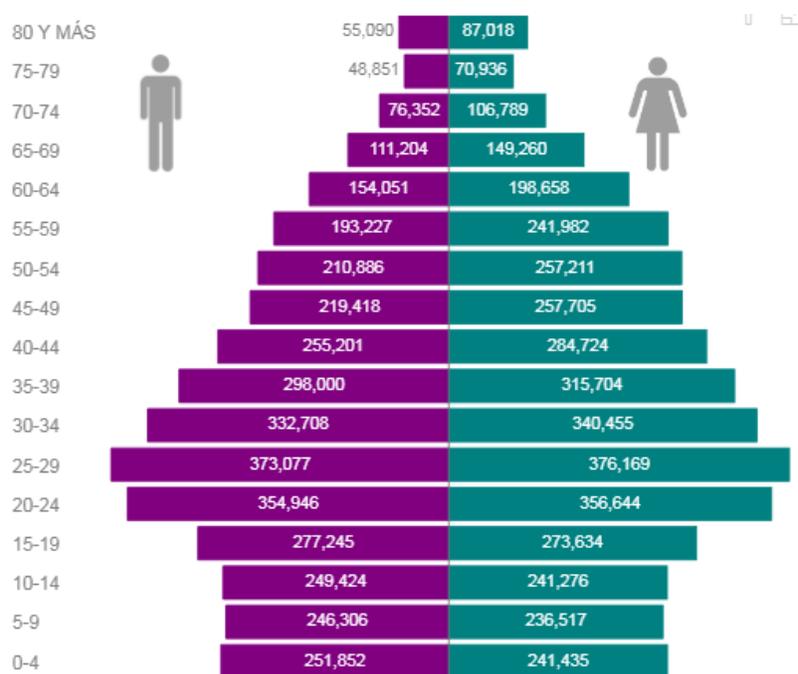
La orientación es positivista ya que se enfoca en la aplicación del método científico, el cual se centra en el cumplimiento de los objetivos encaminados a la proyección de la elaboración de una compostera distrital junto con la identificación de sus beneficios en cuanto a la reducción de residuos en el botadero de Doña Juana, creando espacios y condiciones específicas para que sea un éxito comprobable.

6.2 Recolección de información.

6.2.1 Población.

La población beneficiada será la de Bogotá que para el año 2018 según el DANE en de Bogotá 7.181.000, ya que los residuos de corte de césped y las podas de los árboles se encuentran distribuidas a nivel distrito siendo una necesidad de los habitantes el generar productos de aprovechamiento de este tipo de residuos y así disminuir la cantidad que llega al relleno doña Juana, buscando mejorar la calidad de vida impactando de manera positiva y sustentable promoviendo un modelo de ciudad deseada.

Imagen 2: Población a nivel distrital de acuerdo al último censo distrital 2018.



Fuente: (Observatorio de Salud de Bogotá , 2021)

6.2.3 Preparación.

Para preparar el compostaje se siguen varios pasos:

Etapa termofílica: Las pilas de compostaje pasan por una etapa termofílica (temperaturas mayores de 45 ° C), en la cual hay una transformación de los materiales compostables, se aumenta

la velocidad inicial de rompimiento de moléculas y empieza la desaparición de las moléculas fitotóxicas. Pasada la etapa termofílica, que debe durar una o dos semanas, la temperatura comienza a bajar y con condiciones apropiadas de humedad y aireación, en semanas se llega a valores cercanos a la temperatura del medio ambiente, considerándose el proceso como terminado.

Mezcla (volteos): Consiste en movilizar todo el volumen de materiales a un sitio contiguo, de tal forma que esta acción promueva la mezcla de materiales del interior con los materiales del exterior de las pilas. Se recomienda, al menos, realizar el siguiente plan mínimo de volteos: el primer volteo realizarlo una vez se pasa la etapa termofílica y, de allí en adelante, realizar volteos más regularmente según la temperatura. Con la operación de volteo (mezcla) se logran varios objetivos:

- A. Airear intensamente los compostables de la pila.
- B. Observar algunos detalles del proceso como: si es necesario humedecer o no los compostables para que el proceso continúe.
- C. Detectar la presencia de malos olores
- D. Controlar la homogeneización de los materiales.

6.2.3 Consolidado del comportamiento del residuo.

Entre los años 2006 y 2009 estos usuarios fueron los generadores del residuo para la planta de compostaje y la cantidad de residuos:

- Comerciales y de servicios
- Grandes productores (no peligrosos).
- Terminales de transporte, Plazas de mercado.
- Residuos de barrido de calles y limpieza de áreas públicas.
- Mantenimiento de separadores, parques y áreas verdes (poda de árboles y prados)

- Cenizas y escorias (no peligrosas).

Tabla 6: tabla del consolidado del comportamiento de residuos sólidos urbanos año 2006-2009 en toneladas anuales.

Año	Recolección Domiciliaria	Corte de césped	Grandes generadores	Plazas de mercado	Poda de arboles
2006	1.358.981	23.100	214.698	38.296	6.982
2007	1.430.009	28.278	195.386	45.148	7.138
2008	1.440.485	31.262	215.748	47.392	6.183
2009	1.329.100	24.904	160.556	26.439	5.440
Total	5.558.575	107.544	786.388	157.275	25.743
%	83.8	1.6	11.9	2.4	0.4

Fuente: UAESP- Informes de interventoría servicio de aseo.

Comportamiento general de los residuos de interés a Compostar del distrito capital.

En la (Tabla 7), vemos la producción promedio de las toneladas anuales de corte de césped en la ciudad de Bogotá, de las empresas prestadoras de este servicio.

Tabla 7: corte de césped del 2006-2009 (tn/año).

Año	Corte de césped (tn/año).
2006	23.100

2007	28.278
2008	31.262
2009	29.904
Total	107.544
%	1.6

Fuente: Unidad Especial de Servicios Públicos.

En la (Tabla 8), vemos la producción promedio de las toneladas anuales de poda de árboles en la ciudad de Bogotá, de las cuatro empresas prestadoras de este servicio.

Tabla 8. Poda de árboles del 2006-2009 (tn/año).

Año	Poda de árboles (tn/año).
2006	6.982
2007	7.138
2008	6.183
2009	5.440
Total	25.743
%	0.4

Fuente: Unidad Especial de Servicios Públicos.

Con los datos de la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos), se tiene un estimado anual de las podas realizadas en el distrito capital y así saber cuánto es el material vegetal que se va a tratar en la planta de compostaje propuesta. Que es el total de las podas producto

de corte de césped y las podas producto de la poda de árboles es de 133.287 Toneladas para los cuatro años.

El promedio anual de las podas producto del corte de césped es un estimado de 26.886 Toneladas anual y la suma del material año a año por cuatro años es de 107.544 Toneladas (Tabla 7: corte de césped del 2006-2009).

El promedio anual de las podas producto de mantenimiento de árboles es un estimado de 6.436 toneladas por año y la suma del material año a año por cuatro años es de 25.743 (TN). (Tabla 8: poda de árboles del 2006-2009).

La suma del promedio anual de la poda de árboles más la poda de césped nos da un estimado de la capacidad de composta que debe tener la planta de tratamiento de compostaje de 33.322 Toneladas Año.

El porcentaje de material que se desea compostar en corte de césped es 40% y la poda de árboles es 60% de los residuos sólidos totales de la capital, significa que se estaría dejando de darles la disposición en el relleno sanitario Doña Juana, y si brindándole un aprovechamiento para la recuperación de suelos por medio de la técnica de composta.

6.2.4 Técnica y procedimiento.

El proyecto se plantea bajo una idea de formulación para el desarrollo a mediano plazo. Surge la necesidad de establecer un modelo de desarrollo para saber cuánto dinero se requiere para poder dar inicio al proyecto y como dirigir la innovación, se debe establecer una relación lógica entre la organización y el factor económico que altera el proyecto. El proyecto plantea una descripción técnica y un diseño completo sobre una compostera a nivel distrital, donde se desarrolla el diseño y proyecta cual es la inversión que debemos realizar, por lo que evidenciamos

una técnica cualitativa ya que se debe procesar y analizar la información que arrojará números y elementos interpretativos (Crotte, 2011).

El proyecto se plantea de manera crítica que respaldara los elementos de la formulación de la técnica para realizar una validación adecuada del instrumento por lo que su diseño consta de:

- Las causas que llevaron a elegir el proyecto.
- La definición conceptual.
- La población objeto y descripción del contexto.
- Formulación del modelo, descripción del contexto.
- Análisis del modelo y explicación del proceso que llevo a la versión final del

instrumento (Crotte, 2011).

6.3 Tipo de Investigación.

Partiendo de una ciencia natural y propiciando escenarios como temperatura y humedad para la obtención de resultados en cuanto a cantidad de residuos posibles de tratar se orienta a una metodología cuantitativa.

Para la obtención de tales datos se partió de información recolectada en cuanto a la cantidad de residuos y se realizó una prueba piloto generando datos base como el nivel de degradación, la determinación de nitrógeno y carbono en gramíneas y corte de árboles para la obtención del total del material degradado, compactado y sin compactar.

Tomando como base estos resultados para la generación de un esquema base de la planta de compostaje y tratar los volúmenes proyectados de la generación de estos residuos.

6.4 Fuentes de Información.

Son de tipo secundario y terciario debido a que la información consultada parte de documentos elaborados a partir de las fuentes de primarias, siendo como principal medio la Internet consultando páginas web oficiales de entidades gubernamentales como el Jardín Botánico José Celestino Mutis, IDEAM, CORPOICA, SDA y fuentes de generación de investigación como tesis y otras publicaciones de universidades como Universidad Javeriana, Universidad Politécnica de Buenos Aires, Universidad Nacional de Colombia.

6.5 Población y Muestra

La población está constituida por total de habitantes del distrito de Bogotá D.C dado que se utilizarán todos los residuos de poda provenientes de todas las áreas verdes como corte de césped, arreglo de jardines o arbolados y arbustos públicos ubicados en todos los estratos socioeconómicos.

El muestreo de esta investigación obedece a los trabajadores del Jardín botánico de Bogotá José Celestino Mutis, donde se llevará a cabo el proceso de compostaje con dichos residuos sólidos.

6.6 Criterios de Inclusión y Exclusión

El principal criterio de inclusión para tener en cuenta es pertenecer a la subdirección científica o subdirección técnica operativa enfocada en la arborización ya que de estas áreas depende de la gestión de los residuos de poda o arborización y así mismo el manejo de las pilas de compostaje.

De forma contraria no serán tenidas en cuenta las personas que no se relacionen con las actividades anteriormente mencionadas ya que no cuentan con la experiencia necesaria en el campo para brindar un aporte a la investigación.

6.7 Instrumentos de recolección de datos.

El proyecto es basado bajo un modelo experimental, el cual permite que se manipulen las variables así poder medir el efecto que tiene el método de interés para poder aprender y entender acerca de la forma cómo funciona el proceso. Un experimento diseñado es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida. La metodología es basada en el diseño experimental que se desarrolló en el presente documento en el cual se determinó las variables controladas que tienen mayor influencia en la respuesta, buscando mejoras en el rendimiento del proceso y menor tiempo de desarrollo.

Los datos serán recolectados del proceso de mantenimiento de los diferentes escenarios de la ciudad en el proceso de retiro de hojas muertas, control de prados y mantenimiento del arbolado público en las vías, aceras y el sistema distrital de parques por las empresas prestadoras del servicio de aseo en Bogotá, estas empresas son Promoambiental Distrito S. A. ESP, Lime S. A. ESP, Ciudad Limpia de Bogotá EPS, Promesa Sociedad Futura Bogotá Limpia y Área Limpia S. A. ESP (Portafolio, 2018).

6.8 Análisis de la información.

La suma del promedio anual de la poda de árboles más la poda de césped nos da un estimado de la capacidad de composta que debe tener la planta de tratamiento de compostaje de

2776,3 Toneladas/mes. Con la proyección que se realiza la planta solamente va a recibir y compostar satisfactoriamente mensualmente 140,305 Toneladas/mes.

6.8.1 dimensiones de la pila en la compostera.

Las dimensiones que tendrá la pila serán de: 2 metros de alto, 2 metros de ancho, 20 metros de largo, es importante que las pilas tengan 2 metros de alto y ancho para garantizar la degradación del material y se entra a determinar el volumen de acuerdo a la cantidad de toneladas de material vegetal disponible para composta.

La capacidad de volumen de cada una de las pilas sería de 80m^3 , y, de acuerdo al espacio disponible, se plantea 6 pilas, para un volumen total del 480m^3 .

Es importante que el terreno sea adecuado para realizar el proceso de compostaje además de la construcción de un techo para evitar la deshidratación de las pilas o la sobre hidratación por aguas lluvias, para el terreno es recomendable que tenga una leve inclinación permitiendo aprovechar los lixiviados que pueden ser utilizados como abono liquido; y permite que el agua escurra y no se acumule evitando que el agua desplace el aire presente en la base de la pila. La importancia que la materia prima al iniciar el proceso de compostaje sea no mayor a un centímetro, se debe a que disminuye el tiempo de transformación de la materia orgánica; gracias a que la superficie expuesta será más susceptible al ataque microbiano, además facilita y mejora la mezcla de los materiales.

6.8.2 Proyección del material producto de podas de arboles y Corted de cespel para la compostera distrital.

Mensualmente la compostera recibe un promedio de material vegetal producto de poda de árboles y corte de césped mantenimiento de zonas verdes de 536,3 Tonelada/mes y de 2.240 Tonelada/mes; debe obtener el resultado mensual con la ayuda de microorganismos eficientes y

la mezcla del material.

La compostera tiene como meta compostar 2776.3 Toneladas mensuales que corresponden al 100% del total de material mensual llevado al relleno sanitario de Doña Juana definido por las autoras según el espacio y la capacidad de tratamiento en 45 días.

La compostera debe tener la capacidad degradar las podas de 1 mes con el espacio suficiente para que se tarde 45 días en la obtención de un abono de alta calidad. Todo el material debe llegar triturado muy bien chapeado de tal manera que permita la degradación rápida del material vegetal objetivo de degradar.

6.8.3 Proyección del material producto de podas de árboles y corte de césped para la compostera distrital.

- Inicialmente tenemos el dato de llegada del producto por cuatro años.

Corte de césped anual por cuatro años: 107.544 Toneladas/año

Corte de árbol anual por cuatro años: 25.743 Toneladas/año

Sumatoria de los cuatro años: 133.287 Toneladas/año

- Necesitaremos el promedio anual de corte de césped:

Corte de césped anual: 26.886 Toneladas/año

Corte de árbol anual: 6.436 Toneladas/año

Sumatoria un año: 33.322 Toneladas/año

- Necesitaremos el promedio mensual de corte de césped:

Corte de césped mensual: 2240 Toneladas/mes

Corte de árbol mensual: 536,3 Toneladas/mes

Sumatoria mensual: 2776,3 Toneladas/mes

- Necesitamos tomar el peso y volumen del material a compostar, lo haremos con un

balde el cual conocemos el peso y volumen, así poder realizar la proyección a escala.

Peso específico: Para determinar el peso específico se debe desarrollar una fórmula que corresponde a la proyección al nivel de degradación útil estimado del material ya final es decir el abono ya terminado.

Peso del balde: 600gr = 0.6 kg.

Volumen: 13 litros = 0.013 m³

Decimos entonces que:

13 L —————> 100%

L? <————— 40%

X = 5,2 Litros equivalen al 40% Nitrógeno (Pato verde- Gramíneas frescas)

13 L – 5.2 L = 7.8 Litros equivalen al 60% Carbono (Gramíneas secas y corte de árboles madera).

Peso del material:

Los 5,2 L de pasto utilizados pesaron 0,6Kg

Los 7.8L de poda de árboles utilizados pesaron 3,4Kg

Peso del Material Crudo más Balde = 4,6 kg. Se toma material sin degradar.

Peso del material menos el balde: 4,6 kg – 0,6 kg: 4 kg.

- En el proceso de compostaje optimo se espera una reducción estimada del 20%, para el ejercicio formularemos la perdida del 19%, inicialmente hallaremos el volumen que ocupara la perdida durante el proceso en los litros del balde.

13L----- 100%

X ----- 19% (efectividad de perdida)

X: 2,47 Litros.

13 Litros – 2,47 Litros= 10,53 Litros.

Ahora formularemos el peso del compost

13L----- 4Kg

10,53 Litros ----- X

X: 3.24 Kg peso del compost.

- Formularemos el volumen de la capacidad de las pilas de compostaje en el jardín

Botanico.

Largo: 20m

Amcho: 2m

Alto: 2m

V: $20m \times 2m \times 2m$: $80m^3$ el volumen para una pila.

- Como realizaremos 6 pilas calcularemos el volumen total:

$80m^3 \times 6 = 480m^3$ el jardín botanico solamente puede tratar $480m^3$.

Proyeccion del material que puede recibir el jardín Botanico:

- Hallaremos el volumen que ocupara la poda y cespced de corte de arbol al mes:

Promedio mensual de poda de cespced y corte de arbol: 2776,3 tonelada/mes

2776,3 tonelada/mes= 27.763.000 kg/mes.

13L----- 4kg

X ----- 27.763.000 kg/mes.

X: 90.229.750 Litros/ mes.

$1m^3$ ----- 1000L

X ----- 90.229.750 Litros/ mes 27.763.000 kg/mes.

X: 90.229,75 m^3

Si $90.229,75\text{m}^3$ ----- 100%

480m^3 ----- X

X: 5,32%

La planta de tratamiento solamente puede recibir el 5,32% del total del material de todo el distrito.

- Con el volumen establecido podemos saber cuanto podemos recibir de corte de cesped y cuanto de poda de arboles

Proyección de Corte de cesped:

480 m^3 ----- 100%

X ----- 40%

X: 192 m^3 Volumen del cesped para el tratamiento total del compost.

Ahora buscaremos cuanto peso se puede recibir la planta de tratamiento:

1.000 L----- 1 m^3

X ----- 192 m^3

X: 192.000 L.

5,2 L----- 0,6 kg

1L ----- X

X: 0,11538 Kg peso del cesped por cada litro ocupado.

1L----- 0,11538 Kg

192.000 L-----X

X= 22.152,96 KG = 22,15296 Toneladas.

La planta solamente podra recibir 22, 15296 Toneladas de residuo mensual.

- Proyección de Corte de arbol:

480 m³----- 100%

X ----- 60%

X: 288 m³ Volumen del corte de arbol para el tratamiento total del compost.

Ahora buscaremos cuanto peso puede recibir la planta de tratamiento:

1.000 L----- 1 m³

X ----- 288 m³

X:288.000 L.

7,8 L----- 3,4 kg

288.000 L ----- X

X: 125.538,46 Kg de peso de corte de cesp ed = 125, 538 Toneladas.

La planta solamente podra recibir 125, 538 Toneladas de residuo mensual.

La planta solamente podra recibir 22, 15296 Toneladas de residuo mensua para corte de arbol y 125, 538 Toneladas de residuo de corte de cesp ed para un total del 147.69726 tonaladas y los residuos que se generan son 2776.3 Toneladas mes.

6.8.4 Diseño de una compostera que trate las podas del Distrito Capital.

En la (Imagen 5) se observa las distintas áreas que contendr a la planta de compostaje del distrito. A continuación, se explica el proceso que se llevar a a cabo en cada una de estas áreas proyectadas.

a) Recepción de la fracción orgánica podas del distrito.

La fracción orgánica procedente de la recogida selectiva se tamiza para eliminar las pocas impurezas que aún contenga.

b) Trommel: máquina con una gran criba cilíndrica que rueda y separa la materia orgánica (gen cat et al , 2020)(podas) del desecho basto.

- c) Cabina de selección manual.
 - i. Este desecho pasa por un último control que se realiza manualmente. Después, un electroimán elimina los residuos metálicos que pueda haber.
- d) Recepción de la fracción vegetal y trituración.
 - i. Residuos vegetales procedentes de la tala de árboles y poda de césped.
- e) Mezcla y homogenización.
 - i. Se mezclan las dos fracciones en las proporciones siguientes: 40% de nitrógeno y 60% de carbono. La mezcla resultante se somete a un proceso de compostaje.
- f) 6.2.1 Proceso de compostaje:
- g) Disposición en pilas.
 - i. La mezcla se dispone con una pala mecánica formando pilas, dentro de un cobertizo sin paredes y encima de un pavimento adecuado para la recogida de lixiviados.
 - h) Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso.

Para que los microorganismos puedan descomponer adecuadamente la materia orgánica, hay que mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y la concentración de oxígeno suficiente. La humedad se mantiene regando periódicamente las pilas. La oxigenación se consigue removiendo totalmente las pilas con una máquina volteadora.
 - i) Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales.
 - i. Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje (los lixiviados) se recogen y sirven para continuar regando las pilas.
 - ii. Toda la superficie de la planta está pavimentada de manera que las aguas pluviales puedan ser recogidas y aprovechadas para el riego del compost.
- j) Cribado del compost maduro.

1	Revisión bibliográfica bases de gestión de residuos de poda y arbolado en Bogotá	X	X				
	Revisión bibliográfica componentes básicos de compostaje y generación de abono		X	X			
3	Visita JBB			X			
	integración de contenidos, creación de documento línea base			X			
5	Prueba piloto con material vegetal				X		
	Determinación de áreas para el funcionamiento de las pilas de compost y su control			X	X		
7	Análisis y consolidado de resultados prueba piloto				X	X	
	Análisis de insumos necesarios para ejecución del proyecto					X	
9	Generación de esquema plata de compostaje					X	
	Análisis de costos					X	X
1	Análisis y conclusiones						X
1							

7. Resultados.

7.1 Análisis y discusión de resultados.

El plantear la necesidad de llevar a cabo este proyecto requiere del esfuerzo de construir una base sólida que permita alcanzar la meta y plantear a futuro logros más amplios, se hace la reflexión en el contexto de contribuir en el desarrollo sostenible en la ciudad así trascender en materia del buen manejo de los recursos naturales y del entorno.

Es importante generar métodos de aprovechamiento de los residuos vegetales que se generan a nivel distrital, ya que estos residuos se generan de manera permanente y pueden reducir la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario doña Juana, el proceso de compostaje que se realizara utilizara los residuos de hojarasca, poda de césped y árboles. Es necesario que se realice una organización bien establecida para cada proceso que se desarrolla, ya que la cantidad de residuos de descarga es elevada y las pilas abarcaran un gran volumen, es importante que la zona de compostaje sea permanente; al igual manera se debe asignar una ruta de ingreso y evacuación del material y del persona que va a manipular las pilas.

Se evidencia la necesidad de generar en los trabajadores que se destinaran al proceso del compostaje al interior del jardín botánico conocimientos, ya que ellos deben tener comprensión del proceso que se está desarrollando para obtener un compost de buena calidad, por lo que la educación ambiental debe ser importante durante el desarrollo y manejo del proyecto, ya que al adquirir los conocimientos suficientes sobre el tema generara en los funcionarios conocimiento y compromiso, inicialmente se desarrollara un proceso de aprendizaje experimental ya que así es como se irán desarrollando habilidades.

Para generar un compost en los tiempos establecidos es importante que se realice un control permanente de los factores que afectan la proliferación microbiana que permita la mineralización de la materia orgánica, ya que si no se hace este proceso podría generar un proceso de compostaje anaerobio o reacciones que no permitan que el proceso se desarrolle de manera adecuada, el compostaje no puede dejarse que se genere de manera espontánea, durante el proceso de formación de las pilas es importante tener en cuenta la relación Carbono/Nitrógeno ya que si no se hace de manera adecuada iniciara un proceso lento, durante el proceso de transformación es importante evaluar frecuentemente los parámetros físicos como la temperatura, humedad, pH, aireación (proceso de volteado de la pila).

8. Análisis Financiero

Costos de la realización de la compostera a nivel distrito.	
Insumos y maquinaria	Costo \$ pesos colombianos
Terreno 16000 m ²	850.000.000
Maquina volteador de compost	25.000.000
Trituradora compacta	19.616.333
Trómel industrial	26.000.000
Llenadora y selladora	3.000.000
Equipos de control y medida	53.000.000
Sondas de temperatura, del tipo pt – 100	10.000.000
Formadoras de pilas	32.000.000
Microrganismos eficientes (15 litros mensuales)	105.000
Cal (bulto mes)	3.750
Infraestructura 200 m ²	180.000.000
Hornos industriales	130.000.000
Mano de obra transporte por las 4 empresas de aseo	120.000.000
Transporte por las 4 empresas de aseo	80.000.000
Empacado de material final	50.000.000
Medidor de humedad para suelo	15.000.000
Salario mensual para 10 funcionarios	9.085.260
Realización de la proyección por parte de las estudiantes	1.817.052
Total	1.604.627.395

9. Conclusiones

Debido a la gran cantidad de residuos orgánicos que no son aprovechados en nuestro país, se implementaron procesos como el compostaje, que permite disminuir la cantidad de residuos que llegan al botadero de basura Doña Juana y así lograr la obtención de abono natural, disminuyendo la huella de carbono y los gases de efecto invernadero, logrando un aporte significativo en el cambio climático.

El fin de este proyecto es lograr el aprovechamiento del máximo porcentaje posible del material vegetal resultante de la poda de árboles y césped, inicialmente se planteó tratar el 100% de los residuos orgánicos recolectados por las 5 empresas prestadoras del servicio de recolección de residuos sólidos en Bogotá D.C, para un total de 6276,3 Tn / Mes. Sin embargo, en la prueba piloto en la toma de pesos para el cálculo del volumen específico del material vegetal apto para el compostaje, arrojó que solo es posible tratar una cantidad de 22,16 Tn de residuo mensual de corte de árbol y 125, 54 Tn de residuo de corte de césped para un total del 147,70 Tn/Mes, es decir aproximadamente el 5,36% , siendo esta una cantidad pequeña teniendo en cuenta el 100% de la producción mensual.

La aplicación de este proyecto disminuiría los costos económicos del Jardín botánico asociados a la recolección, disposición final de estos residuos y mantenimiento del arbolado, césped urbano ubicado en espacio público junto a la plantación de nuevos individuos al incorporar el compost obtenido por dicha planta de compostaje.

Es necesario personal adicional para manejar la planta generando así empleo impactando de forma positiva el componente social y ambiental reduciendo la cantidad de residuos que llegan al botadero de basura de Doña Juana.

Siendo el Jardín Botánico José Celestino Mutis el lugar elegido para colocar estas pilas fomenta la educación respecto al compostaje tanto para los visitantes como a universidades ya que aporta material necesario para investigación y fomenta la buena cultura sobre este tipo de procesos para generar menos residuos en hogares, empresas y universidades.

10. Recomendaciones

Se recomienda realizar capacitación tanto a los encargados de la recolección como del manejo de los residuos de material vegetal recolectados, ya que se deben tener en cuenta todos los factores de control de las pilas, su volumen y el volcamiento de estas.

Se debe elegir una zona dentro del Jardín botánico dentro de la cual las pilas de compostaje sean de utilidad para ser incluidas dentro del recorrido y al mismo tiempo tengan la privacidad para ser controladas por el personal encargado.

Montar siempre las pilas con las medidas establecidas para garantizar el volumen de tratamiento y las condiciones indicadas como la Temperatura y las características microbiológicas para su adecuada degradación, estableciendo el sistema de drenaje para evitar la presencia de vectores en la zona.

Se recomienda realizar los estudios previos para determinar el tiempo de desarrollo del proceso de construcción de la compostera al interior del jardín Botánico José Celestino Mutis, que cuenten con una duración de 1 a 2 meses, donde se esbozan las primeras ideas de cómo será el proceso al interior del jardín.

Índice de imágenes.

Imagen gráfica 1: residuos sólidos de corte de césped (ene/06 a nov/09) (tn/año).....	13
Imagen gráfica 2: residuos sólidos de poda de árboles (Ene/06 Nov/09) (Tn/Año).....	14
Imagen 3. Aporte de Carbono Nitrógeno a pila Aeróbica.	35
Imagen 2: Población a nivel distrital de acuerdo al último censo distrital 2018.....	41
Imagen 3. Peso neto del balde.....	¡Error! Marcador no definido.
Imagen 4: toma de pesos para el cálculo del volumen específico del material vegetal objeto de compostaje.....	¡Error! Marcador no definido.

Índice de tablas.

Tabla 1. Cuadro de las empresas prestadoras del servicio de recolección de residuos sólidos en Bogotá y zonas en donde prestan el servicio.	10
Tabla 2: tabla del consolidado del comportamiento de residuos sólidos urbanos año 2006-2009 en toneladas anuales.....	12
Tabla 3: corte de césped del 2006-2009 (tn/año).....	12
Tabla 4. Poda de árboles del 2006-2009 (tn/año).	13
Tabla 5. Costos demandados por la realización de la compostera.	39
Tabla 6: tabla del consolidado del comportamiento de residuos sólidos urbanos año 2006-2009 en toneladas anuales.....	43
Tabla 7: corte de césped del 2006-2009 (tn/año).....	43

Bibliografía

(s.f.).

Aristizabal, C., & Sachica, M. S. (2001). *El aprovechamiento de los residuos domiciliarios no tóxicos en Bogotá*. Bogotá : Pontificia universidad javeriana .

Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. (s.f.). *Manual de producción de compost*. Quito-Ecuador : Artes Gráficas SILVA.

Casco, J. M., & Herrero, R. M. (2008). *Compostaje Mundi*. Madrid: Persa ISBN 978-84-8476-346-8.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. (s.f.). *Producción de abonos Orgánicos de Buena Calidad*. Palmira: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.

Crotte, I. R. (2011). *Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica* . toluca, México: tiempo de educar/ Universidad Autónoma del estado de México.

Dalzell, H. W. (1991). *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. ROMA: Organización de las Naciones Unidas Para La Agricultura y la Alimentación FAO.

Datasketch. (05 de 09 de 2020). *especiales datasketch*. Obtenido de Arboles bogota: <http://especiales.datasketch.co/arboles-bogota/>

Dalzell, H. W., Biddlestone, A. J., Gray, K. R., & Thurairajan, k. (1991). *Manejo del suelo, producción y uso del compostaje en ambientes tropicales*. Roma: FAO Organización de las Naciones Unidas.

Diputacion foral de Gipuzkoa. (2018). *Manual para el compostaje Individual*. Obtenido de

LIBROS AGRONOMICOS PERU :
<https://librosagronicosperu.blogspot.com/2018/04/librosmanualgratis-manual-para-el.html>

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam . (s.f.). *El medio Ambiente en Colombia* . El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ideam .

Fernández, A. I. (2020). *Infoagro*. Obtenido de Factores que influyen en el proceso de compostaje de residuos:
https://www.infoagro.com/documentos/factores_que_influyen_proceso_compostaje_residuos.asp

Fernández, E. S. (2020). *Encuentro en la biología*. Obtenido de Bacterias termófilas. Al límite de lo tolerable: <http://www.encuentros.uma.es/encuentros91/bacterias.htm>

gen cat et al . (01 de 12 de 2020). *que es una planta de compostaje* . Obtenido de <http://www.gencat.cat/mediamb/ea/virtual/e-botare3.htm>

Gomez, E. D., Gomez, J., Miranda, M., & Bonilla, C. R. (2002). *El Suelo. Lombricompostaje, establecimiento y derivados. Cuadernos ambientales N. 4*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

Gomez, R. B. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos, alicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso* . Barcelona : Universidad Autonoma de Barcelona .

Higuero, M. D. (2020). *Orius Biotech USA*. Obtenido de Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal.:

https://www.oriusbiotech.com/escrito?nom=Los_microorganismos_del_suelo_en_la_nutrici%C3%B3n_vegetal.

Jardín Botánico José Celestino Mutis. (2020). *Jardín Botánico José Celestino Mutis*. Obtenido de Mutis: <http://www.rjb.csic.es/icones/mutis/paginas/acercadelosdibujos.php>

Jardin Botanico Jose Celestino Mutis. (2020). *Jardin Botanico Jose Celestino Mutis*. Obtenido de Jardin Botanico Jose Celestino Mutis.: <http://www.jbb.gov.co/index.php/servicio-al-ciudadano/horarios-tarifas-y-ubicacion>

Marquez, B., Blanco, D., & Cabrera, F. (2008). *Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Sevilla.

Morales, E. (2020). *Medio ambiente de Bolivar*. Obtenido de El compost y su Biología: <http://medioambientebolivia.blogspot.com/2010/05/el-compost-y-sumicrobiologia.html>

Nilda Arrigo, M. d., & Palma, R. M. (2005). *Residuos de poda compostados y sin compostar: uso*. Buenos Aires: Cátedra de Química General e Inorgánica, Universidad Politécnica de Madrid Buenos Aires.

Observatorio de Salud de Bogotá . (15 de 02 de 2021). *Salud Data* . Obtenido de Datos de SALud y demografía y salud : <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/demografia/piramidepoblacional/>

OrganicSA. (25 de 09 de 2008). *OrganicSA en armonía con la madre tierra*. Obtenido de Relación C:N en el compost: <http://organicsa.net/relacion-cn-en-el-compost.html>

Periodico Granada Hoy. (2020). *Periodico Granada Hoy*. Obtenido de Un proyecto piloto de compostaje reduce a la mitad los restos de poda: <http://www.gradahoy.com/article/provincia/1016181/proyecto/piloto/compostaj>

- plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS. (2015). *plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS*. Bogotá: plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS.
- Portafolio . (2018 de 02 de 12). Portafolio. *Empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá*, pág. 1.
- Portafolio. (12 de 02 de 2018). Portafolio. *Empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá*, pág. 1.
- Portafolio. (2020). *Portafolio*. Obtenido de Estas son las empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/estas-son-las-empresas-encargadas-de-la-recoleccion-de-basuras-en-bogota-514175>
- Presidencia de la república. (2020). *Oficina de Planeación y Presupuesto Unidad De Desarrollo Municipal*. Obtenido de <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
- Presidente de la república de Colombia. (26 de 09 de 2020). *DECRETO 1713 DE 2002*. Obtenido de https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto1713_20020806.htm
- Ruiza, M. F. (2020). *La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de José Celestino Mutis.: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/mutis.htm>
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2020). *Secretaria Distrital de Ambiente*. Obtenido de Conservemos nuestra fauna silvestre: <http://www.ambientebogota.gov.co/web/fauna-silvestre/conservemos-nuestra-fauna#:~:text=Aunque%20no%20existen%20inventarios%20biol%C3%B3gicos,aves%20C%20tercera%20en%20reptiles%20y>
- Tortosa, G. (2020). *Compostando ciencia*. Obtenido de La importancia de la relación carbono-nitrógeno en un compost: <http://www.compostandociencia.com/2018/04/la-importancia-de-la-relacion-carbono-nitrogeno-en-un-compost/>

- Vizoso M. (2012). *El Dia La opinion de Tenerife*. Obtenido de La Laguna recicla desde hace seis años los residuos de las podas municipales: <https://www.eldia.es/2012-01-31/LAGUNA/7-Laguna-recicla-hace-seis-anos-residuos-podas-municipales.htm>
- Zambrano, J. G. (2001). *El suelo materia organica y procesos de compostaje*. Universidad Nacional-sede Palmira: Pronatta .
- Sztern, D., & Pravia, M. (1999). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. [lignecatalogo.latu.org.uy](http://www.lignecatalogo.latu.org.uy). Retrieved 23 September 2020, from <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>