

**APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE COMO MÉTODO DE TRANSFORMACIÓN
DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN UN CENTRO URBANO COMO BOGOTÁ.**

GABRIEL ESTEBAN OSORIO CARRILLO

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS
BOGOTÁ D.C.**

2020

**APLICACIÓN DEL COMPOSTAJE COMO MÉTODO DE TRANSFORMACIÓN
DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN UN CENTRO URBANO COMO BOGOTÁ.**

GABRIEL ESTEBAN OSORIO CARRILLO

**Monografía para optar el título de Especialista en
Gerencia de Empresas**

Orientador

GUSTAVO ADOLFO DÍAZ VALENCIA

Economista

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE EMPRESAS
BOGOTÁ D.C.**

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la especialización

Firma del Calificador

Bogotá D.C., Julio de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Marcel Hofstetter Gascon

Director Especialización en Gerencia de Empresas

Dr. José Andrés Rueda Montaña

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su incondicional apoyo y a Jenni por su invaluable aporte a mi vida y al proyecto.

A la planta docente y a la universidad por sus enseñanzas.

Contenido

	pág.
Glosario	11
Resumen	13
Introducción	14
Objetivos	17
1. Evaluación y diagnóstico del compostaje	18
1.1 Estado de la recolección de residuos sólidos en Colombia	18
1.2 Sostenibilidad de la elaboración de abonos orgánicos	19
1.3 Problemas y soluciones del compostaje	20
1.4 Fases del compostaje	22
1.4.1 Fase Mesófila	22
1.4.2 Fase Termófila o de Higienización	23
1.4.3 Fase Mesófila II o de Enfriamiento	23
1.4.4 Fase de Maduración	23
1.5 Técnicas compostaje	23
1.5.1 Sistemas Abiertos o en Pila	24
1.5.2 Sistemas Cerrados o en Recipiente	24
1.6 Lombricultura y lombriz roja californiana (<i>eisenia foetida</i>)	24
1.6.1 Ventajas de la Lombricultura vs. el Compost	26
1.7 Diagnóstico	26
1.7.1 PESTAL Colombia	27
1.7.1.a Factores Políticos	27
1.7.1.b Factores Económicos	29
1.7.1.c Factores Sociales	30

1.7.1.d Factores Tecnológicos	31
1.7.1.e Factores Ambientales	31
1.7.1.f Factores Legales	32
1.7.2 PESTAL Bogotá	33
1.7.2.a Factores Políticos	33
1.7.2.b Factores Económicos	34
1.7.2.c Factores Sociales	35
1.7.2.d Factores Tecnológicos	36
1.7.2.e Factores Ambientales	37
1.7.2.f Factores Legales	38
1.8 Análisis económico del sector	39
1.9 Análisis DOFA	41
1.9.1 Debilidades	41
1.9.2 Fortalezas	42
1.9.3 Amenazas	42
1.9.4 Oportunidades	42
1.9.5 Estrategias	42
2. Lineamientos de implementación	44
2.1 Consideraciones	44
2.2 Selección de residuos	45
2.3 Factores de selección	46
2.4 Sustento normativo	47
3. Propuestas de implementación en centros urbanos (conjuntos residenciales)	49
3.1 Reducción de la tarifa variable por peso	50
3.2 Materiales e instalaciones	50
3.3 Sensibilización y capacitaciones	53
3.4 Propuestas de implementación	54

3.5 Análisis cualitativo de beneficios	56
4. Conclusiones	59
5. Recomendaciones	62
Bibliografía	64

Lista de figuras

	pág.
Figura 1. Normativa acerca de los residuos sólidos y el compostaje en Colombia.	27
Figura 2. Aporte al PIB de Colombia del reciclaje y la gestión integral de residuos sólidos (2005 – 2019).	30
Figura 3. Códigos CIU.	35
Figura 4. Aporte del subsector del manejo integral de residuos al PIB de Colombia (2005 – 2019).	40
Figura 5. Análisis DOFA	43
Figura 6. Recomendaciones iniciales para hacer compostaje.	44
Figura 7. Identificación de residuos compostables.	45
Figura 8. Normativa base para la reducción de tarifas.	48
Figura 9. Características de los sistemas cerrados de compostaje.	51
Figura 10. Composteras de pequeña escala.	52
Figura 11. Lugares aptos para compostaje en los conjuntos.	54
Figura 12. Precios de fertilizantes por peso y nutrientes.	57

Glosario

Botadero a cielo abierto: área de disposición final de residuos sólidos sin control y sin la adopción de medidas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales y sanitarios (Román et al., 2013).

Celda transitoria: son instalaciones o estructuras para la disposición segura de los residuos sólidos, de manera que permanezcan allí recolectados, antes de que puedan ser llevados a un relleno sanitario (Román et al., 2013).

Compostaje: es un método para transformar los residuos orgánicos generados a partir de cualquier actividad humana o industrial en insumos y abonos para el sector agrícola y los cultivos de cualquier especie (Román et al., 2013).

Lixiviado: se define un lixiviado como un líquido residual generado por la descomposición de los residuos sólidos como resultado de la percolación de agua a través de los mismos (Decreto 1713, 2002).

Nitratos: es una forma inorgánica del nitrógeno. El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y nutrición de las plantas (Román et al., 2013).

Relleno sanitario: método utilizado para la disposición final de las basuras, el cual consiste en compactar la basura en capas, cubriendo cada una con material adecuado y depositándola en el subsuelo. Comprende otras técnicas como: relleno de área, de zanja y combinado o rampa. Los anteriores se diferencian por la metodología y son usadas o combinadas según las características del terreno. Todos requieren de una preparación especial, incluyendo impermeabilización, drenajes y plantas de tratamiento de aguas (Román et al., 2013).

Residuos orgánicos (material compostable): son los restos en distintas etapas de descomposición que quedan de alguna actividad agrícola o en general del diario quehacer de las personas y pueden ser procesados por organismos vivos presentes en el suelo; se incluyen los residuos de frutas y verduras, restos de podas y cosechas, estiércol, entre otros (Román et al., 2013).

Vermicompost (lombricompost): es el mismo proceso de compostaje pero llevado a cabo con lombrices, las cuales también son ayudadas por microorganismos (Román et al., 2013).

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo plantear iniciativas que hagan del compostaje una práctica común en los centros urbanos, buscando generar maneras de ahorro en los cobros de aseo como beneficio para motivar la realización de éste método de transformación y aprovechamiento de residuos orgánicos; empezando por Bogotá. Esto se realizó mediante la revisión de la literatura disponible con el fin de establecer conceptos claros soportados en un marco legal que pudieran llevarse a la realidad con facilidad. El área de estudio se definió en Bogotá y las propuestas se hicieron teniendo en cuenta los lineamientos con los que cuenta el distrito sobre el tema. El trabajo profundiza en los temas prácticos del compostaje, con el fin de que sirva como una guía para el lector que esté interesado en probar la técnica por sí solo, ya que se considera que hay suficiente información y bibliografía citada para realizar este proyecto en casa. El proyecto consiguió determinar que en Bogotá, y el país en general, existen muchas áreas grises en la legislación, las cuales pueden ser aprovechadas para proponer iniciativas, generar nuevas oportunidades y emprender en el marco de la economía circular.

Palabras clave: compostaje, medioambiente, responsabilidad social, emprendimientos sostenibles, materia orgánica, sostenibilidad, reciclaje, transformación, aprovechamiento de residuos, economía circular.

Introducción

El compostaje como método de transformación de residuos no es nuevo ni se desarrolló debido a las tendencias medioambientalmente responsables, de hecho, hace parte de los procesos naturales por los cuales el suelo más somero se renueva, se mantiene nutrido y poco erosionado. Permite la descomposición de la materia orgánica producida por actividad animal y vegetal, junto con la liberación de nutrientes gracias a microorganismos presentes en los residuos orgánicos. Partiendo de lo anterior, el presente trabajo se propone como objetivo estructurar iniciativas para la implementación de esta técnica en zonas residenciales con el fin de involucrar y capacitar a la gente, aliviar la carga de desechos que llegan al relleno sanitario y plantear un ahorro económico para los hogares que decidan poner en práctica la iniciativa. El proyecto se centra en Bogotá debido a su densidad poblacional y posibilidades de aplicación; en este caso las limitaciones son obvias porque el alcance del proyecto en esta etapa es teórico y no tiene un piloto del cual se puedan obtener resultados fehacientes y aplicados a la realidad. De ser exitoso en la práctica, este proyecto abriría una gran cantidad de oportunidades tanto de emprendimientos en el marco de la economía circular y de alivios ambientales que son tan necesarios hoy en día, además, sería relativamente fácil escalarlo e implementarlo en otras ciudades del país y del mundo con problemas en la gestión de sus desechos.

Durante el desarrollo del primer capítulo se propone analizar la evolución del compostaje en Colombia y Bogotá, de lo cual se puede decir que gracias a la tradición agricultora de sus campesinos, el compostaje se ha usado de una u otra manera en todos los cultivos, sin embargo, dado al papel que el país tiene en el marco global como despensa de alimentos, los cultivos tuvieron que responder a la demanda y crecer; para lograrlo, hubo que recurrir a todo tipo de abonos inorgánicos y ayudas industriales que aumentaran el rendimiento de las cosechas, lo cual reemplazó (al menos comercialmente) a los abonos obtenidos a través de

la transformación de residuos orgánicos. Ahora bien, las ciudades que tenemos hoy en el país, son el resultado de reaccionar a las necesidades que iban surgiendo en vez de una proyección juiciosa de su desarrollo. De esta manera, los desechos fueron incrementando exponencialmente junto con la gente, y con esto, nuevos desafíos para la gestión integral de desechos, ya que, al menos en Colombia, los sistemas de recolección y tratamientos de basuras seguían con procedimientos arcaicos y las ciudades no estaban preparadas para recibir tal cantidad de residuos.

Focalizando el problema en Bogotá, se encuentra que concentra una gran cantidad de personas en un espacio relativamente pequeño, todas generando desperdicios, que, según la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), alcanzan las 6368 toneladas por día y 194.000 toneladas al mes, de las cuales, más del 30% (este valor fluctúa en el rango de 15% hasta más del 80%) es material orgánico que es enterrado, sin ningún tipo de aprovechamiento, directamente en el relleno sanitario “Doña Juana”, dejando inexploradas oportunidades de mejora, tanto medio ambientales y sociales, como económicas, de emprendimiento y de generación de empleo.

Por otro lado, el capítulo dos se hace cargo de los lineamientos, ya que mucho es lo que se sabe sobre la separación, el reciclaje y reutilización de desechos como los plásticos de un solo uso, el papel, el vidrio, entre otros, pero es poco lo que se conoce acerca de la transformación de residuos orgánicos por medio del compostaje, y la ciudadanía y el distrito parecen ignorar que implementarlo es un proceso relativamente simple que no demanda gran cantidad de recursos técnicos ni económicos; por ejemplo, en un hogar común, solo se necesita un recipiente bien ventilado, tierra o algún tipo de material seco como cáscara de arroz o aserrín, lombriz californiana (ayudan a acelerar el proceso y aumentar la calidad del compost y por eso no son estrictamente necesarias para obtener buenos resultados) y los desechos que se producen día a día. Asimismo, el distrito falla en

promover esta práctica dentro de su gestión de desechos, y como consecuencia tiene que lidiar con un relleno sanitario insuficiente que sirve como foco de problemas sociales y vectores infecciosos, poniendo en riesgo la salud pública de las comunidades aledañas y la calidad de vida de la ciudad en general.

Para finalizar, el último capítulo retoma la relevancia de la transformación de los residuos, especialmente ahora que las facilidades de recolección y enterramiento de basuras quedan insuficientes ante la cantidad de desechos que llegan diariamente, y para esto plantea una serie de propuestas para la implementación del proyectos en conjuntos residenciales con el fin de reducir los desechos entregados a los entes encargados para obtener un beneficio económico representado en la disminución de las tarifas de recolección y aseo.

La pertinencia del compostaje es tal que, además de ser una excelente alternativa para el manejo de desperdicios en las grandes urbes, abre la oportunidad para la creación de nuevos negocios y empleos en el marco de la economía sostenible. Por todo lo anterior que el presente trabajo se propone profundizar en el compostaje como la mejor alternativa de transformación de materia orgánica, ya que si bien es un procedimiento de efectividad probada, no se encuentra adoptado en los entornos urbanos; además, se evaluará su viabilidad para aplicarlo en conjuntos residenciales de Bogotá, mientras se responde lo siguiente: ¿con la aplicación del compostaje como método de transformación de residuos orgánicos en las ciudades, se le dará solución a la problemática del manejo de los desechos producidos en una ciudad como Bogotá, y además de eso, obtener un producto sostenible y rentable?.

Objetivos

A continuación se describen los objetivos para el desarrollo de la propuesta.

Objetivo general

Analizar la aplicación del compostaje como método de transformación de residuos orgánicos en Bogotá.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual del compostaje en cuanto a su estado y prácticas mediante las cuales se lleva a cabo.
- Plantear lineamientos sobre los cuales se puede desarrollar la iniciativa de compostaje en zonas residenciales e incluso como base para emprendimientos sostenibles.
- Estructurar una propuesta de reducción en las tarifas de recolección de basuras y aseo en Bogotá a partir del compostaje.

1. Evaluación y diagnóstico del compostaje

Para propósito del proyecto, se hablará de compostaje como los procesos de transformación de residuos sólidos en abonos orgánicos, diferenciándolo en dos grandes técnicas: el compost y la lombricultura.

Con el fin de contextualizar al compostaje, se debe tener conocimiento sobre los aspectos que a este conciernen y por eso es necesario definir con claridad las teorías, conceptos, técnicas y tecnologías que rigen el tema en cuestión, para lo cual se fundamenta lo siguiente:

1.1 Estado de la recolección de residuos sólidos en Colombia

En Colombia, al igual que en la mayoría de los países en desarrollo, hay muchas falencias en cuanto a la recolección de los residuos orgánicos (biorresiduos), ya sea por falta de tecnología, facilidades insuficientes, desconocimiento de la materia o falta de políticas e incentivos, pero se encuentra en común que poco se hace para darle solución al problema que genera la disposición inadecuada del material orgánico; y preocupa más que las estadísticas demuestren que los desechos de este tipo son los que conforman del 55% hasta el 75% del total de los desperdicios diarios, por ejemplo, en una ciudad como Bogotá, este porcentaje, en ocasiones, llega con facilidad por encima del 75% (Oviedo Ocaña et al., 2012). Lo anterior establece la urgencia de generar alternativas que den solución a esta problemática, y por eso se propone el compostaje como método transformación de los biorresiduos en un abono utilizable, de buena calidad y con potencial remediador de suelos.

En lo que respecta al relleno sanitario Doña Juana (RSDJ), ubicado cerca a los barrios Mochuelo bajo y alto, en la localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá, es el lugar en el que se realiza la disposición final de los residuos de la ciudad, junto con los

de los municipios de Cáqueza, Choachí, Chipaque, Fosca y Gutiérrez, Ubaque y Une. Este fue inaugurado en 1988, como resultado del planteamiento de un gran proyecto urbano con la expectativa de resolver la problemática ambiental causada por la disposición de las basuras en la capital, dados por los procesos de transformación comercial e industrial que vivía la ciudad. Desde entonces, el relleno sanitario pasó de recibir 2597 toneladas diarias de basura a 6368 en la actualidad (Molano Camargo, 2019).

El ente encargado del manejo de los residuos de la ciudad de Bogotá es la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), esta unidad es una entidad pública adscrita a la Secretaría de Hábitat y por tanto descentralizada del Distrito. Su objetivo es “garantizar la planeación, prestación, coordinación, supervisión y control de los servicios de: recolección, transporte, disposición final, reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos, la limpieza de vías y áreas públicas, los servicios funerarios en la infraestructura del distrito y el servicio de alumbrado público” (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP], 2020).

1.2 Sostenibilidad de la elaboración de abonos orgánicos

Como se trata del manejo y transformación de desechos en abonos orgánicos (compost y lombricultura) utilizables en distintas actividades del sector agropecuario, esto es, por definición, sostenible. Es importante aclarar que para mejorar este proceso y contribuir con su sostenibilidad, es necesario hacer la recolección de los residuos orgánicos en la fuente, o si de ser posible, (como se propone el proyecto) llevar a cabo el proceso mismo en el lugar de generación.

El hecho de evitar que más material hubiese terminado enterrado en un relleno sanitario a desbordar, contribuyendo con la contaminación del suelo y la proliferación de vectores, ya es razón suficiente para considerar a procesos como

el compostaje, una alternativa sostenible, pues no requiere gran cantidad de recursos, la materia prima siempre estará disponible y los productos son reintroducidos en la cadena de valor; ahora bien, si se le agrega que el compostaje puede ser usado para la fertilización de suelos, para conseguir abonos de mejor calidad y para la generación de utilidades por medio de su comercialización, se tiene un método que no solo contribuye al mejoramiento del medio ambiente y del sistema de recolección, tratamiento y disposición de basuras, sino que da la oportunidad de crear una actividad productiva con muy buena proyección de crecimiento, de rentabilidad y de generación de empleos formales en el sector del reciclaje.

Es preciso considerar que el compostaje sería una gran adición al movimiento de la “agroecología”, término que analizado desde un punto de vista netamente teórico y agropecuario, propone un acercamiento sostenible a la producción en el sector primario, teniendo más consideración sobre el impacto que se tiene en el suelo y la incertidumbre que lleva consigo la producción a escala en un entorno en el que los recursos escasean (Rivera y León Sicard, 2013).

Si se plantea la agroecología como una manera de poner en sintonía la producción agrícola con la necesidad de hacer las actividades humanas más sostenibles a largo plazo y que tengan menos impacto negativo en el ambiente; el compostaje es una excelente manera de llegar a cumplir con ese objetivo, pues sería la fuente de abonos orgánicos producidos con un mínimo impacto ambiental mientras aportan a la solución paulatina del problema de disposición de los residuos sólidos.

1.3 Problemas y soluciones del compostaje

Como todos los procesos industriales y de transformación, el compostaje necesita un cuidadoso control de calidad, ya que se manejan sustancias orgánicas en

descomposición que pueden generar productos no deseados o con cierto grado de toxicidad. Para eso hay que tener claros los parámetros óptimos para el adecuado uso del compost.

Antes de hablar sobre los riesgos, es deseable destacar los beneficios que tiene el compostaje sobre el suelo, ya que tener esto claro ayuda en facilitar su uso. En cuanto a lo físico, mejora propiedades como porosidad, permeabilidad y retención de agua, las propiedades químicas, como el contenido de micro y macronutrientes se ven mejoradas y en el aspecto biológico, ayuda a que proliferen y coexistan microorganismos necesarios para que el suelo albergue vida (Puerta Echeverri, 2004).

Habiendo aclarado lo anterior, a continuación se describen los problemas que pueden generar malos resultados y sus respectivos métodos de prevención.

- **Salinidad:** esta proviene de los residuos con alto contenido de cloruro de sodio y su efecto en el suelo va desde imposibilitar el crecimiento y germinación de semillas hasta alterar la composición de este. Se evita haciendo un lavado frecuente a las pilas y seleccionando mejor los residuos (Puerta Echeverri, 2004).
- **Restos inertes:** en esta clasificación se encuentran restos de plástico, vidrio, papel, etc., que provienen de una mala separación del material compostable. Para esto se debe hacer una correcta selección de los residuos en la fuente (Puerta Echeverri, 2004).
- **Toxicidad:** proviene principalmente de contaminantes orgánicos y metales pesados, estos se encuentran presentes en residuos con algún tipo de material plástico o artificial, así como empaques metálicos. Una excelente clasificación del material es imperativa para prevenir este riesgo (Puerta Echeverri, 2004).

- **Malos olores:** son propios de la descomposición de cualquier material orgánico y se generan por la falta de circulación de aire y oxígeno. Esto se soluciona asegurando una correcta ventilación de la pila de compostaje (Puerta Echeverri, 2004).
- **Inmadurez del compost:** esto se produce cuando no se cumple el ciclo completo de compostaje y el producto final aún no ha llegado a su condición óptima; en estos casos es necesario tener buen conocimiento de las etapas del compostaje y asegurarse que el compost tenga las características de uno maduro (Puerta Echeverri, 2004).
- **Patógenos:** son microorganismos naturalmente presentes en muchos procesos de descomposición en los que los residuos fueron mal seleccionados; por fortuna, las altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso actúan como un agente de sanitización (Puerta Echeverri, 2004).

En cuanto a la lombricultura, realmente no trae consigo muchos problemas diferentes a los que ya fueron descritos sobre el compostaje; al contrario, trae beneficios en términos de productividad, ya que de este único proceso se obtienen tres productos utilizables al final del ciclo: lombrices, lixiviados y vermicompost.

1.4 Fases del compostaje

Durante el proceso para producir compost, se distinguen cuatro fases principales, las cuales se definen de la siguiente manera:

1.4.1 Fase mesófila

Comienza en el momento en el que el material orgánico inicia el proceso de compostaje. Durante esta etapa, los residuos alcanzan una temperatura de 45°C

debido a la actividad de los microorganismos que descomponen los residuos. Dura entre 2 y 8 días (Barrera Gómez, 2006; Román et al., 2013).

1.4.2 Fase termófila o de higienización

Empieza una vez la temperatura es mayor a los 45°C y los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias termófilas, que son capaces de degradar cadenas más complejas de carbono. Esta etapa también se denomina de higienización, ya que el calor generado destruye los contaminantes perjudiciales de origen fecal como la *salmonella* y la *escherichia coli* (Barrera Gómez, 2006; Román et al., 2013).

1.4.2 Fase mesófila ii o de enfriamiento

Aquí la temperatura desciende nuevamente hasta los 40 – 45°C, cuando se agotan las fuentes de nitrógeno y carbono; los microorganismos mesófilos reinician su actividad para continuar con la degradación. Puede tomar varias semanas (Barrera Gómez, 2006; Román et al., 2013).

1.4.3 Fase de maduración

Durante este periodo se producen reacciones secundarias de condensación y proliferación de compuestos carbonados, además, el compost estabiliza sus componentes y se hace seguro para su uso. Toma algunos meses para completarse (Barrera Gómez, 2006; Román et al., 2013).

1.5 Técnicas de compostaje

Así como para las fases del compost, también se definen dos técnicas principales para llevar a cabo el proceso; para fines del proyecto, se puede afirmar desde

ahora, que un entorno urbano y residencial donde no abunda el espacio y la concentración de personas es mayor, el sistema más adecuado es el cerrado o de recipiente.

1.5.1 *Sistemas Abiertos o en Pilas*

Es más recomendable para las ocasiones en las que hay una gran cantidad de residuos orgánicos disponibles (igual o superior a 1 m³), además de disponer una extensión de tierra relativamente amplia. Generalmente, requiere de algún tipo de carpa que cubra los montículos del agua lluvia y los separe de los espacios comunes en caso de llegar a encontrarse en una zona poblada o de alta circulación de personal (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009; Román et al., 2013).

1.5.2 *Sistemas Cerrados o en Recipiente*

Es el método más viable para uso familiar o en entornos cerrados donde no sea posible dejar al aire libre los desechos compostables. Presenta ventajas en cuanto al cuidado del material en degradación, pues evita la entrada de lluvia, de vectores como ratones y aves y de personal no autorizado. Es evidente que este sistema es el mejor adaptado para uso en conjuntos residenciales e incluso dentro de los hogares donde el espacio es limitado (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2009; Román et al., 2013).

1.6 *Lombricultura y lombriz roja californiana (*eisenia foetida*)*

La lombricultura es la actividad productiva compuesta por la cría de grandes cantidades de lombrices rojas en cautiverio, alimentadas con residuos orgánicos y utilizadas para la generación de humus con alto contenido de nutrientes, para aprovechar su carne o para harina de lombriz con alto contenido de proteína

(Jaramillo Henao y Zapata Márquez, 2008). En otras palabras, se puede decir que la lombricultura es el proceso por el cual se usan lombrices para hacer compost a partir de residuos orgánicos (Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia, 2014).

Esta especie de lombriz es de interés del proyecto ya que actúa como catalizador para el proceso de transformación de la materia orgánica sometida al compostaje. El uso de esta lombriz significa cambios en las condiciones que se deben mantener durante el proceso, pues no sobreviven a temperaturas demasiado altas (superiores a 50°C), y se encuentran en condiciones óptimas en un rango de 15 a 25°C (Durán y Henríquez, 2009).

Las lombrices rojas son de las pocas especies que se han logrado cultivar productivamente en cautiverio (lombricultura) y son usadas para la generación de vermicompost (compost de lombrices) y harinas con alto contenido proteico. Los individuos adultos son de color rojo oscuro o marrón, pesan 1 gramo aproximadamente, llegan a medir de 5 a 6 cm y 3 a 5 mm de grosor. Pueden vivir hasta 16 años y en condiciones adecuadas, expelen hasta el 60% en humus (excremento) de su ingesta diaria, la cual se aproxima a su peso (Fuentes Yagüe, 1987).

El abono producido por estas lombrices mejora notablemente la calidad del compost, aportándole un significativo aumento de nutrientes (5 veces más nitratos, 7 veces más fósforo, 11 veces más potasio y 3 veces más magnesio) que favorecen la absorción de nutrientes por parte de las plantas y cultivos (Jaramillo Henao y Zapata Márquez, 2008).

1.6.1 Ventajas de la Lombricultura vs. el Compost

El uso de lombrices para la producción de abonos, presenta gran variedad de ventajas sobre el tradicional compost.

- Requiere menos controles técnicos e infraestructura, y por lo tanto menor cantidad de personal para el proceso.
- Como las lombrices son las que permiten la aireación del material, no se necesita hacer volteo de la pila; esto significa una reducción de costos y tiempo comparado con el compost.
- El vermicompost genera naturalmente que los nutrientes presentes en los residuos que se transforman, se mantengan en a sus niveles iniciales durante el proceso de descomposición.
- Las lombrices aportan una cantidad adicional significativa de microorganismos que favorecen y nutren al suelo.
- Como se mencionó anteriormente, del lombricompost se obtienen 3 productos diferentes: abono sólido, abono líquido o lixiviado y crías de lombriz; todos ellos, con valor agregado en el mercado.

1.7 Diagnóstico

Se requiere ubicar la situación actual del compostaje en Colombia, y para eso, se realiza un diagnóstico basado en la literatura disponible y las experiencias de otras regiones similares.

1.7.1 PESTAL Colombia

Es correcto asegurar que el país está en las etapas tempranas del desarrollo de este tema; sin embargo, los emprendedores ya parecen estar al tanto de sus ventajas tanto ambientales como económicas, pues han empezado a desarrollar propuestas dirigidas a suplir la necesidad de transformación de residuos orgánicos, que de otra manera terminarían siendo enterrados en los atiborrados rellenos sanitarios del país.

1.7.1.a Factores Políticos

Los aspectos políticos van de la mano con los legales ya que uno depende del otro y es la normativa sobre la cual se puede hacer política. Para ello se hace un listado con los diferentes decretos y normas que aplican principalmente sobre los residuos sólidos y su manejo.

Figura 1.

Normativa acerca de los residuos sólidos y el compostaje en Colombia.

Ley, Decreto o Resolución	Descripción
Ley 99 de 1993	"Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones".
Ley 142 de 1994	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.
Decreto 605 de 1996	"Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo".
Ley 388 de 1997	Define que dentro de desarrollo urbanístico se debe incluir necesariamente la variable ambiental.

Figura 1. (Continuación)

Decreto 1713 de 2002	"Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 200 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos sólidos".
Decreto 1505 de 2003	Por el cual se hacen modificaciones a los planes de gestión de residuos contenidos en el decreto 1713 de 2002
Decreto 1140 de 2003	Hace modificaciones parciales al decreto 1713 de 2002 en cuanto a las unidades de almacenamiento.
Decreto 838 de 2005	Por el cual se modifican los artículos sobre disposición final de residuos sólidos contenidos en el Decreto 1713 de 2002.
Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos - CONPES 3874 de 2016	Se enfoca en la gestión de residuos no peligrosos y plantea la base para avanzar hacia la economía circular desde la gestión de residuos sólidos, entre otras cosas.
Resolución ICA No. 00150 del 21 de enero de 2003	Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilización y acondicionadores de suelos para Colombia
Resolución 148 de 2004	Por la cual se crea el "Sello de Alimento Ecológico" y reglamenta su uso y condiciones de otorgamiento.
Resolución 00074 de 2002	"Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos".
Ley 1259 de 2009	Fomenta las buenas prácticas ambientales e instaura comparendos ambientales contra las infracciones a las normas de aseo, recolección y limpieza de escombros y residuos sólidos.

Figura 1. (Continuación)

Decreto 2412 de 2018	"Por el cual se adiciona el capítulo 7, al título 2, de la parte 3, del libro 2, del Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015, que reglamenta parcialmente el artículo 88 de la Ley 1753 de 2015, en lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones".
-----------------------------	--

Nota: Elaboración propia. Con base en: Jaramillo Henao, G. y Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. Universidad de Antioquia y Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. (febrero de 2013). Manual de Compostaje. Earth Green Colombia.

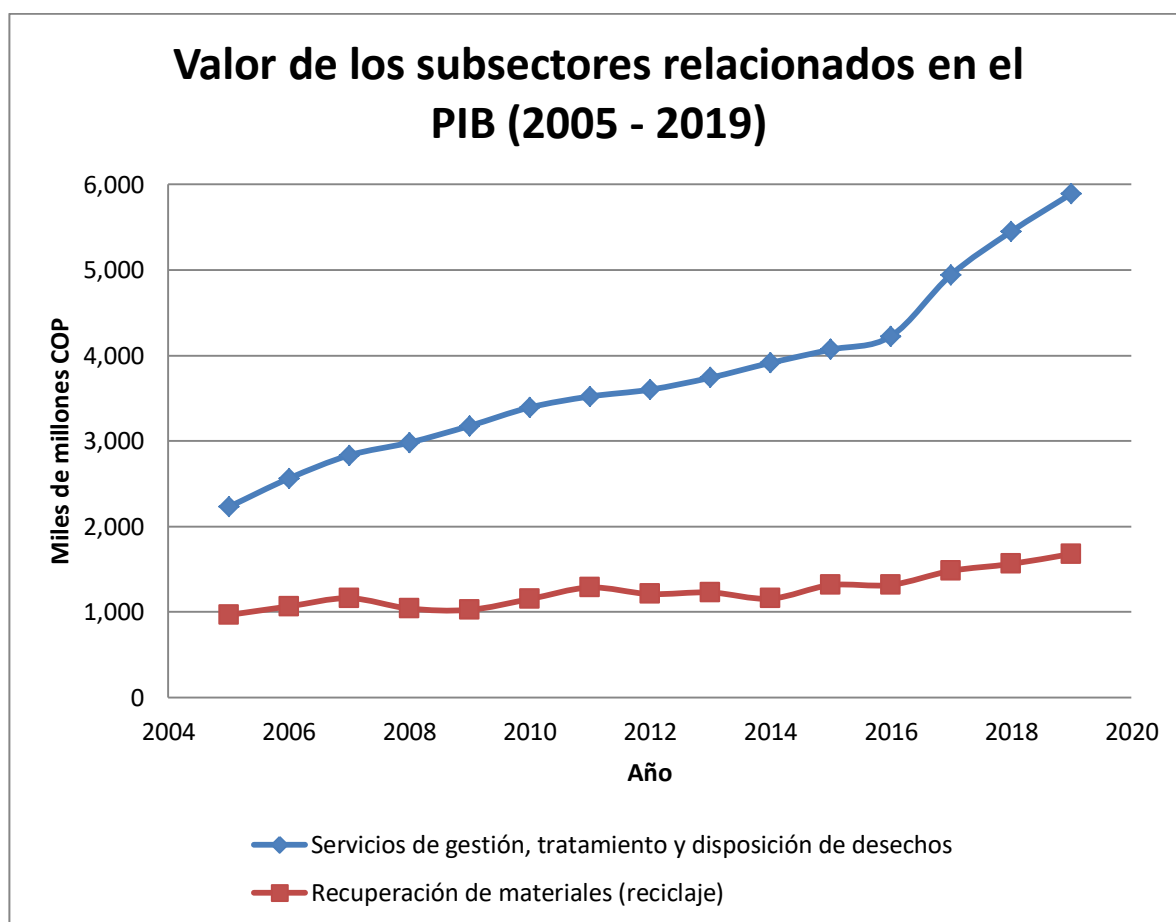
1.7.1.b Factores Económicos

Se presentan los datos correspondientes al aporte al producto interno bruto (PIB) del sector de “Distribución de agua; evacuación y tratamiento de aguas residuales, gestión de desechos y actividades de saneamiento ambiental”, sector en el cual se determinó que pertenece la actividad económica del compostaje; se excluyen los valores correspondientes a la captación, tratamiento y distribución de agua, ya que no son concernientes al tema.

Lo anterior demuestra que la gestión integral de desechos y el reciclaje tienen un aporte significativo a la economía y cuentan con gran potencial, lo cual se evidencia en su crecimiento sostenido de los últimos años.

Figura 2.

Aporte al PIB de Colombia del reciclaje y la gestión integral de residuos sólidos (2005 – 2019).



Nota: Elaboración propia. Con base en datos reportados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE].

1.7.1.c Factores Sociales

El país cuenta con un gran porcentaje de territorios rurales en su geografía, lugares en donde muchos agricultores, la mayoría de ellos con pequeñas extensiones de tierras, han hecho uso de manera tradicional de los residuos sólidos orgánicos para la transformación de los mismos en compostaje en sus propios cultivos; mucho de este conocimiento se ha transmitido de generación en generación entre las familias y comunidades de manera informal.

Sin embargo, en los centros municipales, cascos urbanos o grandes capitales; una parte significativa de la población desconoce o ignora por completo el concepto del compostaje y sus beneficios, por lo tanto su uso en los hogares es casi nulo. Además, la práctica de separación de los residuos es algo que desde hace solo un par de años se ha venido inculcando en la población, pero siempre ha existido una fuerza laboral en todas las ciudades que facilita los procesos de separación en la fuente como lo son los recicladores de oficio.

1.7.1.d Factores Tecnológicos

En realidad es un proceso que no requiere de técnicas muy avanzadas y por lo tanto no es indispensable hacer una investigación muy profunda ni grandes inversiones de dinero (dependiendo de la escala del proyecto), pues las bases ya están disponibles en la literatura; sin embargo, lo que si requiere de mucha atención es el monitoreo del material durante todas sus etapas de compostaje para garantizar la calidad del producto final y que cumpla los requerimientos del consumidor final.

De la misma manera, es importante tener en cuenta que se deben tener instalaciones adecuadas para el proceso, las cuales constan de un pequeño encerramiento o caseta que impida la entrada de roedores, moscas y personal no autorizado, que mantenga las pilas de compostaje aisladas de la lluvia y asegure una buena ventilación para evitar malos olores y la correcta maduración del compost. (Sepúlveda Villada y Alvarado Torres, 2013)

1.7.1.e Factores Ambientales

En el país, la recolección, separación, reutilización y disposición final de los residuos ha sido históricamente deficiente, pues existen pocas facilidades realmente tecnificadas y con enfoques que disminuyan el impacto ambiental.

Según el informe de disposición final de residuos sólidos de 2018 realizado por superintendencia de servicios públicos domiciliarios, Colombia cuenta con 308 sitios de disposición final, de los cuales 174 son rellenos sanitarios; sin embargo, aún existen sistemas no autorizados que comprenden 101 botaderos a cielo abierto y 15 celdas transitorias (Superservicios, 2019). De lo anterior se puede evidenciar que los rellenos sanitarios son el sistema predominante (no por mucho), no obstante, al ser una tecnología con cierto grado de inmadurez en el país al haber iniciado su implementación en 1984 (Ente Vasco de Energía et al., 1998) mediante proyectos experimentales, ha generado graves consecuencias ambientales dentro de las que se pueden destacar la filtración de lixiviados a cuerpos de agua, derrumbes de basuras, proliferación de roedores, moscas y la explosión de vertederos por acumulación de gases.

El compostaje es un excelente oportunidad de alivio y mejora, sobre todo para el sistema de recolección de basuras y los rellenos sanitarios que datan ya de varios años y aún utilizan técnicas que hacen proliferar problemas sanitarios y sociales, aún más, teniendo en cuenta la cantidad de toneladas diarias de desechos que llegan a un sistema desbordado.

Por otro lado, se puede ver que la gran mayoría de los desechos son residuos sólidos aptos para compostaje, por lo tanto, el hecho de aprovecharlos significa que el sistema de recolección alivianaría su carga y los rellenos tendrían más capacidad para recibir otros desechos y desarrollar nuevas estrategias de cara a las nuevas tendencias ambientales que mejoran la calidad de vida en las ciudades.

1.7.1.f Factores Legales

Como se ilustró anteriormente en el factor político, los asuntos legales se ocupan de la normativa de los residuos sólidos y los sistemas de gestión de desechos, y si

bien no reglamenta explícitamente el compostaje como tal, si se encuentra regulación sobre la disposición de los desechos sólidos y la comercialización de abonos, lo cual es naturalmente parte del proceso.

1.7.2 PESTAL Bogotá

El análisis para la ciudad capital es muy importante, ya que esta concentra la mayor cantidad de habitantes, quienes además de tener su residencia allí, están involucrados en las actividades económicas resultantes del acelerado crecimiento industrial y por lo tanto hay más posibilidades de aplicación de proyectos de compostaje. Los resultados serían representativos para el resto del país y análogos a las demás ciudades; por otro lado, las iniciativas que impactan al país suelen desarrollarse aquí, así que es el mejor punto de partida.

En la actualidad, el programa “Basura Cero”, en funcionamiento desde 2012, es el encargado de lograr el aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables buscando que estos no sean enterrados o incinerados y que los ciudadanos se involucren en la separación por medio de la clasificación en bolsas negras (desechos orgánicos y no reciclables) y bolsas blancas (material reciclable). Sin embargo, no existen como tal dentro del programa actividades que favorezcan la transformación y utilización de desechos sólidos orgánicos en la ciudad.

1.7.2.a Factores Políticos

A nivel de distrito, no se conocen sobre iniciativas en funcionamiento que promuevan el compostaje como una manera de reducir el impacto en el ambiente y de aliviar la carga diaria en el RSDJ, que ya es conocido que sufre una crisis de desbordamiento de desechos. Sin embargo, si se contempla dentro del plan de desarrollo darle especial importancia a la separación de residuos en la fuente,

incentivando actividades que incluyan a la comunidad en este proceso y dándole un papel más relevante a los recicladores de la ciudad.

Vale la pena destacar que el nuevo plan distrital de desarrollo “Un nuevo contrato social y ambiental para el siglo XXI” (2020 – 2024) firmado y aprobado por la actual alcaldía, promueve una alianza regional para el compostaje que contemple el aprovechamiento, la transformación y el uso de los residuos orgánicos.

1.7.2.b Factores Económicos

En la ciudad, ya se pueden identificar iniciativas y emprendimientos que se encuentran en marcha, probando la factibilidad del compostaje como actividad productiva que genera utilidades y empleos; estas son llevadas a cabo en su mayoría por actores privados.

Asimismo, para fines de ubicar el compostaje dentro de una actividad económica, fue necesario remitirse a la lista de códigos CIIU de la Cámara de Comercio de Bogotá; esto es útil a la hora de desarrollar una propuesta sobre la cual se erija un emprendimiento sostenible escalable a largo plazo y que en el futuro se convierta en una empresa ambiental y económicamente estable.

Figura 3.

Códigos CIIU.

Código CIIU	Actividad productiva	Descripción
3811	Recolección de desechos no peligrosos	Incluye la recolección de desechos sólidos no peligrosos dentro de un área local, como los hogares y empresas.
3821	Tratamiento y disposición de desechos no peligrosos	Incluye, entre otras cosas, la producción de compost con desechos orgánicos.
3830	Recuperación de materiales	Procesamiento, transformación, tratamiento, separación y clasificación de materiales recuperables de desechos no peligrosos (metálicos y no metálicos).

Nota: Elaboración propia. Con base en datos de la Cámara de Comercio de Bogotá. Tomado en línea de: <https://linea.ccb.org.co/descripcionciiu/>.

1.7.2.c Factores Sociales

Aunque inicialmente el RSDJ se creó en una zona periférica de la ciudad sin la presencia de cascos urbanos cercanos, pronto empezaron a conformarse asentamientos en los límites del relleno, la mayoría de ellos compuestos por familias de escasos recursos propias de la región y familias desplazadas por la violencia de otras regiones del país. El crecimiento de estos asentamientos fue exponencial, y no hubo una adecuada intervención distrital que estableciera un ordenamiento territorial favorable para mitigar los riesgos de estar expuestos a gases tóxicos y vectores como roedores y moscas; esto provocó que miles de personas se encontraran en posición de vulnerabilidad, que afectó significativamente su salud física, mental y financiera.

Por otra parte, hace unos años se implementó el programa Basura Cero, el cual fue creado dentro del marco del Plan de Desarrollo Distrital 2012 – 2015 con el fin de contrarrestar los efectos socio-ambientales del cambio climático; dentro de los aspectos sociales, un punto fundamental de este programa fue la inclusión de la comunidad recicladora dentro del esquema de aseo de la ciudad, lo cual favoreció el aprovechamiento de los residuos sólidos hasta en un 14% (Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia, 2014), y además, logró normalizar en la ciudad el oficio de los recicladores, reduciendo el estigma que se les tenía y reconociendo su importante aporte a la estabilidad de la sociedad.

En cuanto al proceso del compostaje, hay poco conocimiento sobre ello en la ciudad; sin embargo, debido a las tendencias que siguen los nuevos consumidores, se promueve una relación más neutral con el medio ambiente, y por tal motivo, cada vez hay más interés por hacer compost en el hogar con herramientas básicas y de fácil obtención, con el fin de contribuir de alguna manera al cuidado ambiental evitando el deterioro de la periferia de la ciudad a causa de los efectos negativos del RSDJ.

1.7.2.d Factores Tecnológicos

La ciudad de Bogotá posee suficiente infraestructura para implementar un plan piloto con el fin de probar iniciativas públicas de cara a la crisis sanitaria que tiene el RSDJ; así mismo, en los conjuntos residenciales se puede adaptar fácilmente el espacio necesario para un sistema cerrado o de recipiente que reciba los residuos separados por cada unidad residencial y sean transformados en dichas instalaciones; inclusive, desde la construcción de los proyectos inmobiliarios, se puede destinar un lugar específico para este fin, el cual sea promocionado dentro de los beneficios que ofrece vivir en un determinado proyecto inmobiliario, así como lo son piscinas comunales, gimnasios, salones de reuniones, entre otros.

1.7.2.e Factores Ambientales (Molano Camargo, 2019)

Previo a la utilización del RSDJ, la disposición final de los residuos de la capital se realizaba en dos basureros autorizados a cielo abierto: el Cortijo y Gibraltar, sin embargo, estos eran focos de contaminación persistentes, especialmente para el río Bogotá. Por otro lado, para la disposición de basuras, durante mediados del siglo XX, el gobierno nacional y distrital aceptaban métodos como la incineración de basuras, disposición en mares y los ríos, además del compostaje y la alimentación de cerdos.

A pesar que desde 1950, en el país ya se hablaba de rellenos sanitarios, fue hasta 1980 cuando el Ministerio de Salud, el cual para el momento era el ente encargado de las políticas sanitarias, adoptó las directrices de la Organización Panamericana de la Salud, en donde se postulaba la técnica del relleno sanitario como el método más eficiente y potencialmente económico para la disposición de las basuras. De esa manera, en 1984 se inició el proceso de creación distrital de un macro proyecto para la recolección de basuras basado en la creación de múltiples rellenos sanitarios en las periferias de la ciudad; sin embargo, después del estudio de distintas firmas ambientales independientes y desacuerdos políticos entre las administraciones a cargo, se determinó que lo más conveniente era el desarrollo de un relleno único al sur occidente de la capital, lugar en el que se encuentra actualmente.

Desde la inauguración del relleno, el 1 de noviembre de 1988, las problemáticas ambientales no han parado. Inicialmente, la construcción del relleno se basó en proyecciones y estudios experimentales, pues en ese entonces, no se encontraban proyectos de la misma magnitud a nivel mundial que usaran esta tecnología; esto llevó a que los años siguientes se presentaran deslizamientos de basura y explosiones por las altas concentraciones de gases, hechos que no fueron manejados de manera adecuada por el operador a cargo,

desencadenando, 27 de septiembre de 1997, una de las mayores tragedias ambientales hasta el momento, en donde un millón doscientas mil toneladas de basura inundaron el cauce del río Tunjuelito. Desde ese entonces, se ha intentado tomar medidas preventivas con el fin de evitar nuevos desastres, infortunadamente, no han sido lo suficientemente efectivas, lo cual se evidencia en los hechos ocurridos el 28 de abril de 2020, cuando se presentó el derrumbe de más de 6000 toneladas de desechos (cabe notar que esa es la cantidad que se deposita en un día) que causaron una crisis sanitaria de grandes proporciones en la ciudad (El Espectador, 2020). Solo esto es suficiente para demostrar que hay acciones urgentes que se deben tomar para aliviar la carga y actualizar el manejo del RSDJ, pues los residuos de la ciudad, en su extensa mayoría, aun cumplen un ciclo corto y obsoleto: recolección, transporte y disposición final en el relleno.

1.7.2.f Factores Legales

Para este factor se tiene como una de sus bases, el decreto 1713 de 2002, en el cual se establecen las tarifas para recolección de basuras en todo tipo de conjuntos o condominios residenciales. Esto da espacio para proponer incentivos que promuevan el compostaje en lugares con alta densidad poblacional.

Ahora bien, ya fue establecido que dentro del programa vigente en la ciudad “Basura Cero” no existe lineamiento alguno que establezca el aprovechamiento y la reintroducción de material orgánico a la cadena productiva, pues este solo contempla el reciclaje de los desechos sólidos reciclables más comunes, como lo son el papel, el plástico, el vidrio y demás; por esto mismo, se determinó que, como están las cosas, no hay posibilidad de reducir el costo de recolección a pesar de que en efecto se haya logrado disminuir la cantidad de residuos orgánicos entregados a la entidad encargada. En este punto, se encuentra que este detalle podría invalidar todo el propósito del presente proyecto, ya que esto es el objetivo del mismo; sin embargo, la realidad es que este es un vacío legal, en

el cual no necesariamente se establece que no sea posible reducir los costos de las tarifas de aseo reduciendo el peso, ya que no hacen distinción entre los tipos de basura; por este motivo, para validar el proyecto y llevarlo a la realidad, se debe aprovechar la ambigüedad de la ley para presentarle esta iniciativa a las entidades encargadas de la toma de decisiones, como una posibilidad para incluir específicamente a los residuos sólidos orgánicos dentro de los programas de reciclaje y de transformación de la misma manera como se hace con el material reciclable convencional en el plan “Basura Cero”.

1.8 Análisis económico del sector

El recorrido histórico del compostaje data de miles de años atrás, pero no se puede decir lo mismo de su historia productiva, ya que no ha llegado a tanta población como para que su impacto y magnitud sea apreciable, aunque los beneficios ya son muy bien conocidos.

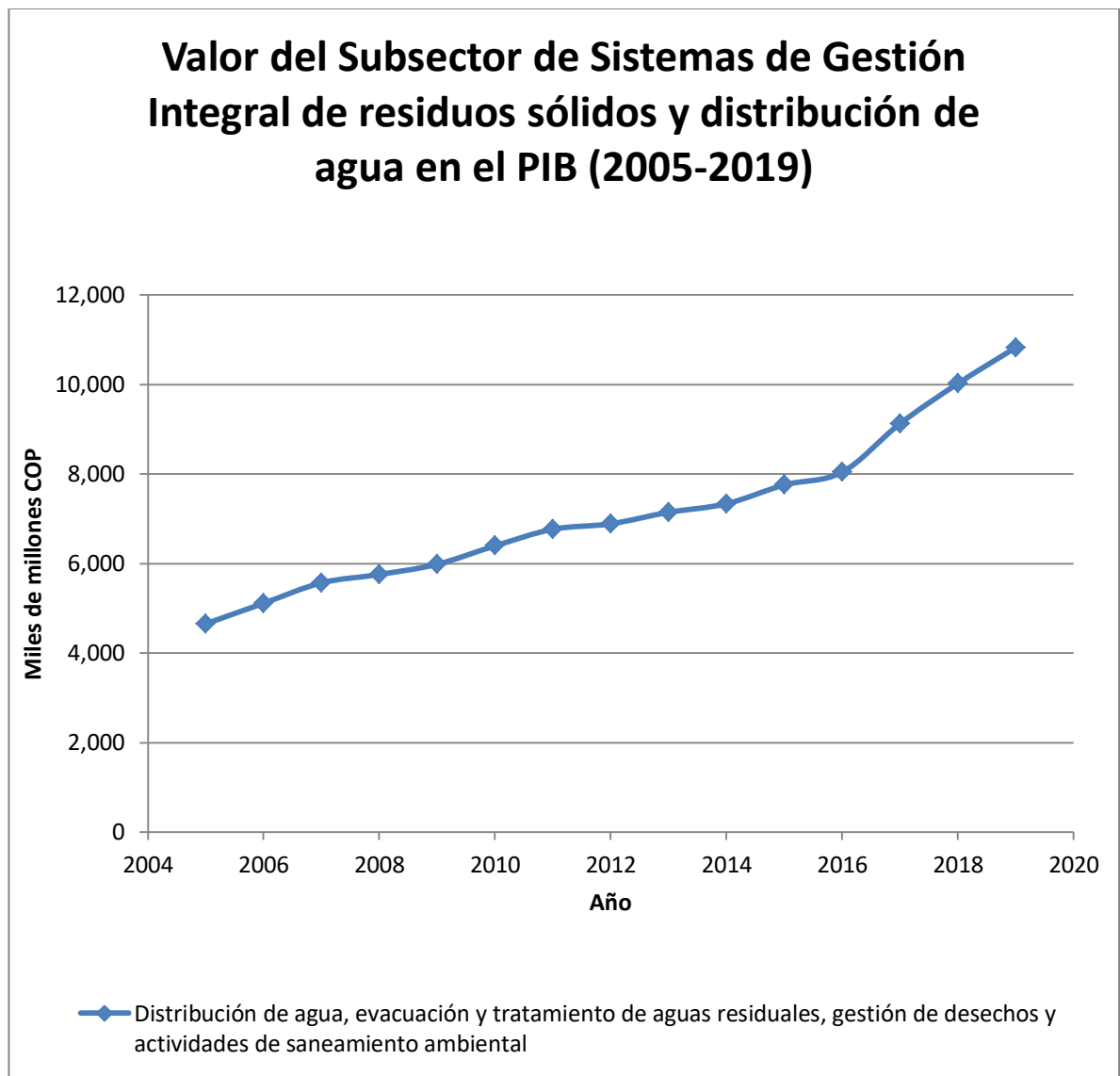
Ahora bien, el hecho de que el compostaje como actividad productiva esté en sus etapas tempranas, significa que el camino está abierto para ser descubierto y las oportunidades abundan; en teoría, no habría límites para encontrar espacios en el mercado que suplir, obtener beneficios económicos y para la experimentación; sin embargo, la falta de experiencia en el campo, también resulta en una desventaja, ya que el proceso de aprendizaje, entre otras cosas, supone mayor probabilidad de error, y a pesar de que errar es esencial para aprender y mejorar, las fallas cuestan dinero, y ese es un recurso del cual un emprendedor o una pequeña empresa no puede disponer tan fácilmente.

Para ubicar mejor el compostaje en la economía colombiana, se debió analizar el sector del PIB al que este pertenecería, y luego de estudiar las divisiones por subsectores que hace el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) de la economía, se determinó que este servicio hacía parte de la gestión

integral de desechos y actividades de saneamiento ambiental, que incluyen todo desde la distribución de agua hasta las actividades de reciclaje. De la misma manera como se analizaron los valores en el factor económico del PESTAL Colombia, acá se hará lo mismo, pero esta vez incluyendo todos los ítems de este subsector de la economía para darle un enfoque un poco más amplio.

Figura 4.

Aporte del subsector del manejo integral de residuos al PIB de Colombia (2005 – 2019).



Nota: Elaboración propia. Con base en datos reportados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE].

Al ver los resultados, es evidente que el sector ha tenido crecimiento constante, incluso durante los periodos de crisis económica posteriores a la caída de los precios del petróleo en el 2014, que si bien no es algo que afecte a este subsector directamente, si fue algo que ralentizó a toda la economía como un conjunto y seguramente, de alguna manera indirecta, los estragos pudieron haber llegado hasta aquí; aun así, el desaceleramiento es muy poco pronunciado y luego de la recuperación vuelve a repuntar con fuerza. Lo anterior deja clara la resiliencia de esta actividad y la seguridad que provee como inversión a futuro.

Por otro lado, es necesario mirar las cifras, que en este caso fueron provistas por el Centro de Gerenciamiento Doña Juana S.A. E.S.P. CGR, en las que se puede ver que en promedio, de las más de 6000 toneladas de desechos que recibe diarias, la mayoría es material orgánico que es susceptible o apto para el proceso de compostaje; por lo tanto es correcto suponer que la materia prima nunca hará falta y además que el tema de la transformación de residuos está siendo postergado e ignorado por las autoridades competentes.

1.9 Análisis DOFA

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede generar un análisis DOFA para determinar los puntos fuertes y débiles, tanto externos como internos, que pueden ayudar, sobre todo, a la estructuración de estrategias que sean usadas por un emprendimiento sostenible entorno al compostaje.

1.9.1 Debilidades

Es un campo relativamente nuevo, económicamente hablando, por lo que las bases no están muy bien establecidas y se podrían cometer errores costosos que afecten principalmente a pequeñas empresas que carezcan de capital robusto.

1.9.2 Fortalezas

El sector está a la espera de ser explotado, ofrece muchas facilidades para su implementación ya que la inversión inicial de capital y tecnología es relativamente baja, pues no se requiere mucho más que espacio para las instalaciones y los residuos orgánicos que son desechados día a día.

1.9.3 Amenazas

La falta de conocimiento de la población podría provocar rechazo debido a que, como se trata de residuos y basura, es probable que se piense que es inseguro, insalubre o incómodo transformarlos en ambientes residenciales.

1.9.4 Oportunidades

En el contexto actual, la necesidad de manejar mejor los desperdicios en los rellenos sanitarios de las ciudades y el interés de los consumidores e industrias por utilizar productos y materias primas sostenibles que cuiden del medio ambiente, son todas oportunidades que ofrece el entorno para aprovechar. Además, este puede ser un método que los gobiernos pueden añadir a sus propuestas de desarrollo en pro de cuidado ambiental y así cumplir con sus objetivos.

1.9.6 Estrategias

A partir de lo anteriormente identificado, se pueden estructurar estrategias de tal manera que se usen las fortalezas para aprovechar al máximo las oportunidades y hacer de las debilidades, la base para mejorar. Las siguientes solo son un ejemplo de lo que podría realizarse.

Figura 5.

Estrategias DOFA.

ESTRATEGIAS	Oportunidades	Amenazas
Debilidades	<ul style="list-style-type: none">- Aprovechar el desconocimiento del tema para avanzar en campañas de sensibilización y enseñanza.	<ul style="list-style-type: none">- Una empresa puede ofrecer un servicio gratuito a un cliente escéptico con el fin de demostrarle a éste que el proceso bien hecho no causa incomodidades a los residentes.
Fortalezas	<ul style="list-style-type: none">- Un sector nuevo y con normas vagamente establecidas, es el campo de pruebas ideal para la innovación e ideas disruptivas.	<ul style="list-style-type: none">- Ofrecer servicios y alianzas de tal manera que se puedan hacer proyectos piloto en los conjuntos residenciales y así probar la efectividad y rentabilidad del compostaje

Nota: Elaboración propia.

2. Lineamientos de implementación

El siguiente capítulo tiene con finalidad establecer las bases sobre las cuales se puede llevar a cabo un proceso de transformación de residuos en el ámbito urbano residencial, de tal forma que se realice el correcto procedimiento, procurando el bienestar de las partes involucradas y la obtención de un buen compost.

2.1 Consideraciones

Es importante tener en cuenta que el compostaje no solo consiste en mezclar residuos orgánicos y dejar que se descompongan sin ningún tipo de control, lo único que esto ocasiona, sería malestar de las personas cercanas, malos olores y proliferación de moscas y roedores. El compostaje es un proceso de cuidado como cualquier otro y su buen resultado depende de una buena ejecución y control.

Figura 6.

Recomendaciones iniciales para hacer compostaje.

Recomendaciones	El espacio destinado debe ser suficiente para depositar los residuos generados y su posterior manejo.
	Es bueno acompañar el lugar con una zona de jardines o con huertos, y en una zona residencial lo ideal es ubicarlo en la terraza; esto asegura fácil acceso al sitio, buena ventilación, superficies planas y distanciamiento de las unidades residenciales.
	Los lugares cerrados y las pilas sin ventilación o herméticas no se recomiendan.
	Es necesario elegir correctamente el tipo de contenedor a utilizar, asegurando que este pueda ser manipulado con facilidad y que tenga vías de ventilación suficientes.

Figura 6. (Continuación)

Recomendaciones	Si se hace uso de la lombricultura, ya sea para cultivarlas o simplemente para que mejoren el proceso de compostaje, es necesario proteger la pila de la lluvia y el sol, para mantener las condiciones adecuadas y preservar la vida de las lombrices.
	Es muy importante separar adecuadamente el material compostable en la fuente, ya que de esto depende el éxito del proceso.

Nota: Elaboración propia. Tomado y adaptado de: Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. (febrero de 2013). Manual de Compostaje. Earth Green Colombia.

2.2 Selección de residuos

No todos los residuos son compostables y es por esto que el paso más importante es la correcta separación en la fuente, y así asegurar la calidad del producto. Esto debe ir de la mano con un programa de sensibilización a los involucrados.

Figura 7.

Identificación de residuos compostables.

Residuos	Descripción	Características
Sobras de comida y preparaciones de la cocina	Restos vegetales	<ul style="list-style-type: none"> Le dan humedad a la mezcla. Descomposición rápida. Aporte de nitrógeno y carbono al compost.
	Restos frutales	
	Cáscaras de huevos	
	Restos de infusiones de plantas aromáticas, ripsios del café	
Restos de poda, de jardinería y huertas	Aserrín	<ul style="list-style-type: none"> Descomposición rápida. Aportan Carbono al compost. Dan estructura a la mezcla en proceso de compostaje.
	Hierba seca	
	Hojas secas	
	Cáscaras secas (arroz, nueces)	<ul style="list-style-type: none"> Descomposición intermedia. Aportan nitrógeno al compost.
	Poda	
	Césped	
	Hojas	

Figura 7. (Continuación)

Los estiércoles de animales para cría y consumo también son compostables, sin embargo, para aplicaciones residenciales de menor escala no son recomendables porque no hay disponibilidad y su manejo requiere de mayor cuidado y criterio profesional. Estos aportan carbono y nitrógeno y son los más usados en el campo y cultivos de vasta extensión.		
Residuos No compostables	Vidrio, plástico, metal, tetra pack	Agregar estos productos altera la calidad del compost ya que algunos no se degradan naturalmente (como el plástico) y otros pueden aportar materiales contaminantes, tóxicos y patógenos que ponen en riesgo la salud humana.
	Pañales desechables	
	Excremento de mascotas domésticas	
	Medicamentos	
	Papel higiénico	
	Polvo de barrido y aseo	
	Filtros de cigarrillos	

Nota: Elaboración propia. Tomado y adaptado de: Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. (febrero de 2013). Manual de Compostaje. Earth Green Colombia.

2.3 Factores de selección

Con el fin de elegir la técnica adecuada para hacer compostaje en un área urbana, es preciso determinar la disponibilidad de espacio, el tiempo de descomposición del material, los tipos de residuos y costos.

Debido a la naturaleza de las zonas residenciales, el sistema apropiado es el cerrado, ya que este se puede hacer bajo techo o en lugares con poco espacio. Este método se caracteriza por ser ampliamente usado en compostaje doméstico pues no requiere de grandes espacios para su elaboración y puede controlar fácilmente la proliferación de vectores. Dentro de los recipientes más usados se encuentran los verticales o continuos, los cuales permiten agregar el material por la parte superior a manera de capas según la disponibilidad; acá la descomposición se verá en el fondo y tiene como desventaja que en algunas

ocasiones no alcanza la temperatura suficiente para completar las fases del compostaje; y los horizontales o discontinuos, que permiten llenar completamente el recipiente una vez para que se desarrolle el proceso de descomposición sin interrupción. Este método necesita que toda la carga de residuos se introduzca completa pues no se puede abrir una vez haya empezado el ciclo. (Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia, 2014)

De los dos sistemas cerrados descritos anteriormente, el más práctico y fácil de usar, es el horizontal.

2.4 Sustento normativo

Con el fin de poner en práctica este método en un entorno residencial, hay que tener en cuenta las normas dentro de las cuales el procedimiento pueda desarrollarse. Es necesario estar al tanto de las reglas de propiedad horizontal y de convivencia en los conjuntos de tal manera que la transformación de basuras no cause ninguna incomodidad al usuario ni problemas de sanidad.

Un punto muy importante es que el foco para la reducción de las tarifas se encuentra en el peso, y es por esto que el usuario debe solicitar a la entidad encargada del servicio de aseo y recolección de basuras en su área, que les realice mediciones periódicas de los residuos que se entregan, ya que las mediciones y fórmulas sobre las cuales se determinan los montos a pagar de las tarifas variables, son dependientes y proporcionales a las toneladas de desechos que genere el usuario.

Figura 8.

Normativa base para la reducción de tarifas.

Bases	Utilidad
Resolución CRA 151 de 2001	Reúne modificaciones asociadas a la regulación y gestión integral de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
Resolución CRA 236 de 2002	"Por la cual se establece la metodología para la realización de aforos a multiusuarios y se modifica la Resolución 233 de 2002."
Decreto 1713 de 2002. Artículo 115	Establece que las tarifas de recolección de basuras para conjuntos residenciales o cualquier tipo de desarrollo multifamiliar, se dividen en un cargo fijo y un cargo variable. La fluctuación de este cargo sirve para proponer rebajas en la tarifa mediante la reducción de desechos a través del compostaje medidos por peso.
Resolución CRA 351 de 2005	Los costos del servicio público de aseo están dados por metodologías de cálculo en donde existe una tarifa fija de referencia que incluye los costos de barrido, limpieza y operación; asociado a un costo variable en el cual la recolección, el transporte y el costo de la disposición final está establecido con una tarifa por tonelada.

Nota: Elaboración propia.

3. Propuestas para la implementación en centros urbanos (conjuntos residenciales)

En esta etapa del proyecto, se proponen estrategias para llevar a cabo el objetivo del mismo; como se dijo anteriormente, la ventana para implementar el compostaje en zonas residenciales de la ciudad, está en la posibilidad de generar descuentos en las tarifas de recolección de basuras por medio de la reducción en el peso que se le entrega a los encargados de esa tarea, ya que luego de hacer una revisión a la legislación disponible y los parámetros que a esta rigen, se determinó que el componente variable de las tarifas, subía o bajaba en proporción directa al peso de los desechos, pues esta es la manera como se miden los residuos en el país.

A manera de reflexión, de lo anterior se puede intuir que el método de pesaje influye en la baja cantidad de reciclaje que hace el país en general, ya que estas mediciones pueden propiciar que la basura sea mezclada en su totalidad, pesada y enterrada en los rellenos, impidiendo que se separe todos los tipos de material reciclable transformable en distintos productos con aplicaciones ilimitadas y rentabilidades muy atractivas para su comercio.

De nuevo, es preciso recordar que en Bogotá existe ambigüedad en las directrices sobre lo que se puede hacer con los residuos orgánicos y la reducción en las tarifas gracias esto, y que por eso, las propuestas aquí presentadas, se hacen aprovechando este terreno incierto para demostrar que si es viable la disminución de los desechos orgánicos que llegan a los rellenos mientras se abre la posibilidad de que los residentes de la ciudad encuentren la manera de reducir sus tarifas de aseo reciclando y transformando los mismos. De esta manera, si bien no se puede asegurar que la reducción en la tarifa sea automática una vez empieza el proyecto debido a estos vacíos y ambigüedades, parte del dinero de la venta del compost

puede ir directamente al pago de los costos de administración o mantenimiento del edificio, haciendo efectiva la reducción de costos para el cliente.

3.1 Reducción de la tarifa variable por peso

Habiendo determinado que (a pesar del vacío legal) las rebajas en los cobros de aseo y recolección de basuras se pueden obtener y calcular mediante la disminución del peso de los residuos orgánicos, se debe proceder a coordinar el pesaje y el seguimiento del proceso con las entidades pertinentes, con el fin de asegurar la transparencia de las medidas y de involucrar a los participantes de la iniciativa. En este caso, las entidades de interés son las empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá (Área Limpia, Bogotá Limpia, Ciudad Limpia, Lime y Promoambiental) las cuales tienen esta responsabilidad por un periodo de 8 años iniciado en el 2018.

En cuanto a las propuestas, se cree necesario plantear distintas opciones, ya que las condiciones no son las mismas para todos los clientes o usuarios, y las preferencias van a cambiar según las circunstancias o la conveniencia, por eso se proponen una serie de alternativas que buscan brindar una posibilidad de implementación para cada tipo de necesidad.

3.2 Materiales e instalaciones

Inicialmente, hay que dotar al conjunto de los materiales y facilidades necesarias para que puedan hacer compostaje garantizando su seguridad, la obtención de un buen producto y su salubridad.

Como se dijo antes, para la aplicación del compostaje (compost o lombricultura) a pequeña escala en un espacio reducido, la mejor opción son los sistemas cerrados, ya que ofrecen gran variedad de ventajas como su tamaño compacto,

fácil instalación, mantenimiento y manejo, gestión de lixiviados y protección contra los elementos y vectores.

Durante el desarrollo de los lineamientos se estableció que los sistemas cerrados se dividían en verticales u horizontales; los verticales o continuos presentan la desventaja de tener que contar con un mecanismo o un lugar adicional para realizar el volteo del material para oxigenarlo, pero dan la facilidad de introducir nuevo material a la compostera a medida que este se genera. Los horizontales o discontinuos evitan las dificultades del volteo, ya que por su disposición longitudinal, se les puede adecuar una palanca giratoria con mucha facilidad. Escoger entre uno u otro depende únicamente de las preferencias y de la facilidad de uso que requiera el usuario.

Figura 9.

Características de los sistemas cerrados de compostaje.

Tipo	Características
Horizontal o discontinuo	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: fácilmente controlable y distribución uniforme. • Volteo: sencillo. • Compactación del material orgánico: no se compacta. • Calidad del abono producido: mayor
Vertical o continuo	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad: distribución heterogénea y difícil control. • Volteo: complicado. • Compactación: si se compacta (presión desde la superficie de la columna de material). • Calidad del abono producido: menor.

Nota: Elaboración propia. Con base en: Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura.

Para sintetizar lo anterior, se ilustra en una tabla las composteras para compostaje a pequeña escala según sus características. Todas ellas son de fácil obtención y no requieren de inversiones altas.

Figura 10.

Composteras de pequeña escala.

Composteras	Características
Domiciliaria giratoria de palanca de volteo	Se distinguen por contar con una palanca que gira unas aspas en el interior del recipiente para facilitar el volteo y controlar la oxigenación, esto logra que el proceso se complete más rápido y con mejores resultados (de 1 a 4 meses). Ocupa un espacio no mayor a los 2 metros cúbicos, requiere de baja inversión y poco mantenimiento.
Domiciliaria artesanal	Se pueden usar canecas plásticas de pintura o barriles reutilizados adecuadas con orificios en su cuerpo para la ventilación y un drenaje en el fondo para la evacuación de lixiviados. Se adecuan fácilmente a sistemas verticales.
Compostaje en contenedor o corral	Se puede fabricar fácilmente con estibas en desuso, con ladrillos o con concreto forrados en mallas para permitir el paso del aire. El volteo se hace mediante el traslado del material orgánico de un corral a otro (se requieren al menos 2 o 3) cada dos semanas hasta que termine el proceso que por lo general toma de 2 a 4 meses.

Nota: Elaboración propia. Con base en: Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura.

Teniendo esto en cuenta, como norma general para todas las composteras, es mejor aprovisionar el sitio con un toldo que las cubra para resguardarlas del ambiente, además, no se deben poner directamente en el suelo, sino con una

elevación que permita la evacuación de residuos por la parte baja del contenedor, junto con ayudar a la ventilación.

3.3 Sensibilización y capacitaciones

Dentro del programa, se debe incluir un espacio para la enseñanza de los métodos y beneficios del compostaje a los residentes de los conjuntos y al personal que se va a encargar directamente de este. Es esencial explicar las razones por las que se va a realizar este proceso, denotando los pasos y actividades correctas a seguir de tal manera que todos sepan qué hacer en caso de que la iniciativa se implemente en su lugar de residencia; así mismo, es necesario exponer cómo la reducción de sus desechos y el aprovechamiento de sus productos representan un beneficio económico que les favorece sus finanzas personales.

Por otro lado, al personal que se va a ocupar del seguimiento del proceso, hay que capacitarlas acerca de las buenas prácticas y métodos a seguir con el fin de que estén en capacidad de llevar a cabo el proceso correctamente sin total supervisión; entre los puntos más importantes se pueden destacar:

- Adecuado manejo de residuos sólidos en ambientes cerrados.
- Charlas de seguridad, salud y manejo de los elementos necesarios.
- Manipulación de las pilas de compostaje.
- Separación de residuos.
- Material orgánico apto y no apto para compostaje.
- Diferencias entre compost y vermicompost (lombricultura).
- Cuidado de las lombrices y manejo del proceso de lombricultura (en caso de optar por este método).
- Ventanas de tiempos y características de cada etapa del compostaje.
- Parámetros clave para obtener un buen abono.

3.4 Propuestas de implementación

A continuación, se presentan 3 alternativas para la implementación de la iniciativa de producción de abono en conjuntos residenciales, estas se distinguen de manera resumida en un cuadro comparativo, dado que, dependiendo del lugar en el cual se haga el compostaje, puede cambiar la técnica, los procesos o materiales que utilicen los involucrados, esto considerando que existen variables que no se pueden modificar o son complejas de controlar, como el clima y la presencia de vectores. Este análisis se realizó tomando en cuenta los lugares mejor adaptados y con los cuales cuentan la mayoría de conjuntos residenciales en la ciudad, que son el lugar de disposición y recolección de basuras, terrazas o techos de los edificios y una zona verde comunal.

Figura 11.

Lugares aptos para compostaje en los conjuntos.

Lugar	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Terrazas	Lombricultura, compostaje en sistema cerrado vertical u horizontal.	Lombricultura, Compostaje en sistema cerrado vertical u horizontal.	Esta alternativa se realiza en instalaciones independientes al complejo residencial, por lo cual no es necesario hacer recomendaciones al respecto.
Zona de disposición comunal de basuras	Compostaje en sistemas cerrados horizontales.	Compostaje en sistemas cerrados verticales u horizontales.	
Zona verde comunal	Lombricultura, Compostaje en sistema cerrado vertical u horizontal.	Compostaje en sistemas cerrados horizontales, lombricultura.	

Nota: Elaboración propia.

- **Alternativa 1: Actividades de compostaje autogestionadas por los residentes o con el apoyo del personal del conjunto.**

Esta consiste en que el conjunto se responsabilice de hacer todo el proceso de compostaje de manera independiente una vez los promotores de la iniciativa les doten de los materiales, facilidades y capacitaciones ya mencionadas, y una vez obtengan el producto final, se encarguen de venderlo a un tercero (que puede ser el mismo ente que les doto de las facilidades) para que este lo comercialice. Las ganancias que recibe el conjunto de la venta, pueden ser trasladadas por medio de mejoras a la edificación sin cargos adicionales o por descuentos a los cánones de administración mensuales, por ejemplo, además del beneficio que da la reducción de la cantidad de residuos entregados al distrito.

Esta alternativa busca involucrar más a la comunidad con el fin de ayudar con todo el proceso de educación y sensibilización de los beneficios del compostaje y sus potenciales provechos y así llegar a más población.

- **Alternativa 2: Actividades de compostaje gestionadas por un tercero realizadas dentro del conjunto.**

Busca que un independiente dote al conjunto residencial de todo lo necesario para realizar el compostaje, y que así mismo, sea este quien se encargue de desarrollar y monitorear el procedimiento allí mismo en el conjunto para que al final, este se quede con el abono producido sin necesidad de comprárselo a la administración y le dé el usufructo que crea conveniente.

Aquí la finalidad sigue siendo disminuir la cantidad de desechos que el condominio entrega a los servicios de recolección para reducir las tarifas, con la adición de aliviarles la responsabilidad de tener que poner de sus propios

recursos humanos y financieros para llevar a cabo el compostaje. Ambas partes siguen viéndose beneficiadas.

- **Alternativa 3: Disposición de material orgánico sólido por parte de los residentes para la recolección y compostaje por parte de un tercero en instalaciones externas.**

Esta alternativa apunta a satisfacer la necesidad de quien quiera adherirse a la iniciativa pero no tenga suficiente espacio, disponibilidad o interés en hacer parte del todo el proceso más allá de la separación de basuras en la fuente; por eso se plantea adecuar las facilidades en el conjunto con la capacidad suficiente para recibir los residuos generados y separados a diario por los residentes para que un tercero pase a recoger periódicamente estos desechos sin transformar y hacerles el respectivo tratamiento y posterior compostaje en sus propias instalaciones designadas para esto.

3.5 Análisis cualitativo de beneficios

A lo largo del presente trabajo, se han descrito los potenciales beneficios del compostaje en la economía y en el medio ambiente, es por esto que resulta fácil identificar esta práctica como una solución natural al problema de basuras en las ciudades y de falta de empleos y generación de riqueza.

Dado que el proyecto se concentró en la transformación de residuos en zonas urbanas a manera de involucrar a la población con el proceso de separación de desechos orgánicos y así generar una solución para el manejo de residuos en la ciudad, se debe decir que el compostaje visto de esta manera, es una buena forma para acelerar el proceso de enseñanza y sensibilización hacia este tema a la vez que se da comienzo a una iniciativa que alivie el ya tratado problema que

existe actualmente en los rellenos sanitarios de Colombia (y el mundo en general) como Doña Juana en Bogotá y sus alrededores.

Asimismo, más allá del problema de las basuras, también es pertinente hablar del beneficio que trae el uso de los abonos producto del compostaje, los cuales significan una mejora considerable a los agricultores que buscan usar insumos orgánicos, de mayor contenido nutricional necesario para las plantas y potencialmente más económicos que sus pares sintéticos.

Figura 12.

Precios de fertilizantes por peso y nutrientes.

Fertilizantes más usados (por nutriente)	Precio por tonelada (USD)	Nutrientes por tonelada	Precio por nutriente (USD/kg)	Precio del kilo de nutrientes (USD)
Compost (a granel)	50	Nitrógeno (N): 15 kg	3.33	13.33
		Potasio (K): 10 kg	5	
		Fósforo (P): 10 kg	5	
Urea	393	Nitrógeno (N): 460 kg	0.85	6.58
Superfosfato simple	435	Fósforo (P): 88 kg	4.94	
Cloruro potásico	395	Potasio (K): 498 kg	0.79	

Nota: Elaboración propia. Con base en: Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Como se puede interpretar en la figura 12, el compost por tonelada, en efecto, es más barato que otros fertilizantes inorgánicos de uso común, la gran diferencia se encuentra en el precio real de los nutrientes presentes en la mezcla, en donde a

primera vista, el compost ya no empieza a parecer tan buena alternativa como se aseguró anteriormente, pues el contenido de nutrientes esenciales por tonelada está muy por debajo que el de los abonos artificiales; sin embargo, se debe analizar más a fondo, ya que no todos los suelos son iguales y las necesidades de los cultivos son diferentes, además, hay que agregar que el compost lleva consigo materia orgánica, microorganismos y micronutrientes que son aún más importantes para la nutrición de las plantas y el buen mantenimiento del suelo, así que cuando esto se tiene en cuenta, el compost vuelve a retomar su atractivo tanto comercial como agrícola.

Por otro lado, a medida que se produzca abono orgánico a mayor escala con la implementación de proyectos como este y de otras iniciativas, los costos se van abaratando y por consiguiente, los precios para el consumidor disminuyen y las utilidades para el productor aumentan; una situación en la que todos ganan.

4. Conclusiones

- Existe un vacío legal en términos de la presencia de incentivos y beneficios a través de la reducción total de basura a expensa de los residuos sólidos orgánicos; por lo tanto, vale la pena estructurar estrategias claras sobre el tema por parte del Distrito, teniendo en cuenta que estos residuos representan la mayoría de basuras que llegan al relleno Doña Juana y se demostró que su transformación disminuiría significativamente la carga del mismo.
- El compostaje es una alternativa muy atractiva para el manejo de basuras en los centros urbanos, ya que a diferencia del enterramiento y la ocupación inoficiosa y dañina del espacio, los residuos que se transformen pueden ser reintroducidos a la cadena productiva y aliviar la carga en los rellenos sanitarios.
- En el desarrollo de los lineamientos se tuvo en cuenta el bienestar de los residentes, y a pesar de que el compostaje bien hecho no presenta ningún riesgo para la salud ni el bienestar, estos lineamientos procuran evitar cualquier confusión o mala práctica que afecte a la población de influencia.
- Dentro del marco de la economía sostenible, o economía circular, como actualmente se conoce, el compostaje juega un papel protagónico, ya que reintroduce desperdicios a la cadena productiva transformados en abonos de importante contenido de nutrientes y benéfico para el suelo y por lo tanto hace que no se requieran más materias primas para producirlos y a su vez evita que parte de los desechos no lleguen a los rellenos sanitarios de las comunidades.
- Además de abonos orgánicos, del compostaje se pueden obtener gran variedad de subproductos como abonos líquidos (lixiviados maduros) y, en caso de irse por la ruta de la lombricultura, el vermicompost y crías de lombriz,

las cuales pueden ser comercializadas para fines ya expuestos en el desarrollo del trabajo.

- El compostaje se propuso como solución al problema de manejo de residuos en las ciudades luego de evaluar otras opciones como la generación de energía con biomasa residual, que haría uso de los desechos orgánicos generados en zonas urbanas, pero su implementación requiere de una inversión considerablemente más alta en cuanto a infraestructura y procesos, y el compostaje al ser un método que no requiere de muchos recursos y lo puede hacer cualquier persona con elementos básicos, se decidió que era la mejor opción para proponer una solución práctica y con potencial de implementación.
- En cuanto a la reducción de tarifas, se expuso que, si bien la legislación es ambigua y a primera vista no da la posibilidad de reducir tarifas directamente reduciendo el peso de los desechos, durante el trabajo se planteó que se puede aprovechar ese campo gris como una oportunidad, además, porque sí existe un elemento variable en el cálculo de los cobros que se puede bajar entregándole menor cantidad de desechos al Distrito.
- Dentro del proyecto siempre se habló sobre emprendimientos que surgieran a partir del compostaje, y esto es posible cuando se analizan las propuestas, ya que existe la necesidad de una empresa privada prestadora de servicios relacionados al compostaje que se dedique a contratar con los conjuntos residenciales, la cual, además de proveer de insumos al cliente y controlar el proceso, obtenga beneficios económicos de la comercialización de los abonos producidos.

- Se busca involucrar a la comunidad en todo el proceso y esa es la razón por la cual las alternativas 1 y 2 buscan que durante la implementación, los habitantes sean capacitados y aprendan sobre los beneficios de esta práctica.

5. Recomendaciones

- La finalidad del proyecto era la de dar propuestas basadas en el conocimiento que hasta ahora se tiene y en experiencias similares que se pudieran usar como análogos; por lo tanto, la continuación natural del trabajo, es ponerlo en práctica tomando en cuenta todo lo aquí establecido y reuniendo información para continuar satisfactoriamente.
- Para la profundización del proyecto y con el fin de adquirir información real y experiencia que aterrice la propuesta, se recomienda hacer un proyecto piloto con el fin de verificar la aplicabilidad de los lineamientos y procesos aquí planteados para llevar a cabo el compostaje en un ambiente urbano donde las condiciones de espacio, control y manejo son más restrictivas.
- El control del proceso es de suma importancia, ya que al realizarse en un ambiente relativamente cerrado y con gran concentración poblacional, presenta más retos en cuanto al control de malos olores, lixiviados, vectores como insectos, roedores y sanidad en general.
- El éxito de la implementación del proyecto depende en gran medida de la participación de los entes encargados de la recolección de basuras en la ciudad, ya que serían los encargados de hacer el pesaje de los residuos reciclados y este valor es el que establece los ahorros monetarios en las tarifas de aseo.
- Una vez implementados los pilotos bajo los lineamientos y propuestas aquí presentadas, es necesario retroalimentar con los resultados obtenidos y las observaciones de los entes involucrados, con el fin de modificar lo que no funcionó y reafirmar y mejorar lo que sí lo hizo.

- Dado a que el abono resultado del compostaje es una materia prima para la nutrición y mantenimiento de los cultivos, se recomienda tener en cuenta lo aquí plasmado para expandir el proyecto a cultivos realizados dentro de las ciudades en el marco de la agricultura urbana, los cuales seguramente serán beneficiados con este tipo de abonos y prácticas en general.

Bibliografía

Acosta Carrión, W. y Peralta Franco, M. I. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. (Trabajo de grado). Universidad de Cundinamarca. Repositorio digital Universidad de Cundinamarca. <https://url2.cl/hKf3r>

Alcaldía Mayor de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura [Archivo en PDF]. http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Alcaldía Mayor de Bogotá. (Noviembre 2012). Aportes para la construcción de la política Basura Cero Bogotá Humana. [Archivo en PDF]. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/BasuraCero/DocumentoBasuraCero.pdf

Asmar Soto, S. (26, febrero, 2020). Solo el 17% de los residuos sólidos de Colombia son reciclados, advirtió el DNP. Agronegocios. <https://url2.cl/J8lnW>

Barrera Gómez, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas espirométricas en el seguimiento del proceso. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. Repositorio Institucional. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>

Cacua Barreto, L. F. (2008). Producción de abonos orgánicos, aplicando procesos de compostaje y lombricompostaje a residuos de cadenas agrícolas y pecuarias enfocado al bio-mejoramiento del agro colombiano. (Trabajo de grado). Universidad de Pamplona. Biblioteca José Rafael Faria. <https://url2.cl/l8yT7>

Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia. (21 de noviembre de 2016). CONPES 3874. Política Nacional para la gestión integral de residuos.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Decreto 1713 de 2002. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. 6 de agosto de 2002. D.O. No. 45862.

Decreto 838 de 2005. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. 23 de marzo de 2005. D.O. No. 44893.

Dueñas Castañeda, M. (12 de febrero de 2018). Estas son las empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá. Portafolio. <https://url2.cl/qHIH9>

Durán, L. y Henríquez, Carlos. (2009) Crecimiento y Reproducción de la Lombriz Roja (*Eisenia foetida*) en Cinco Sustratos Orgánicos. *Agronomía Costarricense*. 2009. 33 (2), pp 275 - 281. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43613279011>

Ente Vasco de Energía, Zentrum fur Rationelle Energie y EEPPM. Gerencia Distribución Energía. (1998). Estudio de la viabilidad del aprovechamiento energético del biogás generado en el relleno sanitario de Curva de Rodas, Medellín, Colombia: informe final. Empresas Públicas de Medellín [EPM] <https://url2.cl/Wwtaz>

Fuentes Yagüe, J. L. La crianza de la lombriz Roja. (1987). [Archivo en PDF]. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1987_01.pdf

Jaramillo Henao, G. y Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia. (Trabajo de grado) Universidad de Antioquia. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

La República. (9 de julio 2015). Biodigestores, tecnología que permite reutilizar los desechos orgánicos del sector agro. Agronegocios. <https://url2.cl/RYvnP>

Ministerio de Ambiente Colombia. (s. f.) Política Nacional, gestión integral de residuos de aparatos electrónicos. Consultado el 20 de julio de 2020. <https://url2.cl/7uUQF>

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. (2009). Manual de compostaje [Archivo en PDF]. http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

Molano Camargo, F. (2019). El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: la producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *Historia crítica*, 74, pp 127-149. doi: <https://doi.org/10.7440/histcrit74.2019.06>

Monterrosa, H. (23, agosto, 2018). Hasta 70% de los residuos sólidos del país se pueden transformar en compostaje. *La República*. <https://url2.cl/ZL81j>

Oviedo Ocaña, R; Marmolejo Rebellon, L. y Torres Lozada, P. (2012). Perspectivas de la aplicación del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos sólidos municipales. Un enfoque desde lo global a lo local. *Revista*

Ingenierías Universidad de Medellín, 11, (No. 20) pp. 67-76.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v11n20/v11n20a06.pdf>

Peña Turrella, E., Carrión Ramírez, M., Martínez, F., Rodríguez Nodals, A. y Companioni Concepción, N. (2002). Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. (Archivo de PDF).
http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=121&cf_id=24

Puerta Echeverri, S. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de los suelos. Revista Lasallista de investigación, 1 (No. 1), pp 56 - 65. <https://url2.cl/bLPD8>

Redacción Bogotá. (28, abril, 2020). Verifican magnitud de derrumbe en relleno Doña Juana de Bogotá. El Espectador.
<https://www.elespectador.com/noticias/bogota/verifican-magnitud-de-derrumbe-en-relleno-dona-juana-de-bogota-articulo-917038/>

Rivera, C.C. y León Sicard, T. (2013) Anotaciones para una historia de la Agroecología en Colombia. Revista Gestión y Ambiente, 16 (3): pp 73-89.
<http://www.bdigital.unal.edu.co/38305/1/40885-186771-1-PB.pdf>

Rodríguez, A. R. (1996). Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva). [Archivo en PDF]. Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://url2.cl/pEX1X>

Román, P., Martínez, M. y Pantoja, A. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. [Archivo en PDF]. Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Sepúlveda Villada, L. y Alvarado Torres, J. (febrero de 2013). Manual de Compostaje. [Archivo en PDF]. Earth Green Colombia <http://www.earthgreen.com.co/descargas/manual-compostaje.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (2019). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2018. [Archivo en PDF]. Superservicios. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019_1.pdf