



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL  
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS  
ORGANICOS CON POSIBILIDAD DE  
APLICACIÓN POR PARTE DE  
LACORPORACIÓN DE ABASTOS DE BOGOTÁ  
– CORABASTOS**

**John Augusto Romero Gutiérrez**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Ambiental  
Especialización en Gestión Ambiental  
Medellín, Colombia**

**2020**



ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
SÓLIDOS ORGANICOS CON POSIBILIDAD DE APLICACIÓN POR PARTE DE LA  
CORPORACIÓN DE ABASTOS DE BOGOTÁ – CORABASTOS

John Augusto Romero Gutiérrez

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de Especialista en  
Gestión Ambiental

Asesor(a):

Faber Esteban Gil Acosta

Especialista en Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos

Línea de Investigación:

Tratamiento de Residuos sólidos Orgánicos

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Escuela Ambiental

Especialización en Gestión Ambiental

Medellín, Colombia

2020

## Contenido

Introducción.....	5
1 Planteamiento del problema.....	7
1.1 Antecedentes.....	7
1.2 Descripción del problema.....	8
1.3 Formulación.....	12
2 Objetivos.....	12
2.1 Objetivo General.....	12
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3 Marco teórico.....	13
3.1 Aspectos conceptuales de la investigación.....	14
3.1.1 Residuos orgánicos.....	14
3.1.2 Plazas de mercado.....	14
3.2 Tratamientos para valorar los RSO.....	15
3.3 Política pública y normatividad.....	17
4 Experiencias de aprovechamiento de los RSO.....	19
4.1 Ámbito internacional.....	19
4.2 Ámbito nacional.....	23
4.3 Ámbito distrital.....	26
4.3.1 Caracterización de los RSO en las Plazas de Mercado Distritales.....	28
4.3.2 Aprovechamiento de los RSO generados en plazas de mercado de Bogotá	32
4.3.3 Corporación De Abastos De Bogotá (Corabastos).....	32
4.4 Estado del arte.....	34
5 Metodología.....	38
5.1 Revisión bibliográfica sobre RSO a nivel Nacional.....	38
5.2 Revisión bibliográfica sobre RSO a nivel Internacional.....	38
5.3 Antecedentes sobre aprovechamiento de RSO en la capital.....	38
5.4 Compilación y análisis.....	39
6 Resultados y análisis.....	39
6.1 Propuestas de tratamiento para valorizar los RO de Corabastos.....	39
6.1.1 Generación de fertilizante y energía eléctrica a partir de biogás.....	39
6.1.2 Obtención de energía eléctrica a partir de la gasificación.....	40
6.1.3 Obtención de colorante en polvo.....	41
6.1.4 Generación de Bioaceite.....	41
6.2 Análisis de los resultados.....	42
Conclusiones.....	45
Anexo 1. Definiciones.....	47
Bibliografía.....	49

## Tablas

<b>Tabla 1</b>	Disposición final de los residuos sólidos en Colombia.....	9
<b>Tabla 2</b>	Clasificación de los residuos sólidos orgánicos .....	14
<b>Tabla 3</b>	Comparativo de Posibles Alternativas para el tratamiento de los RSO .....	16
<b>Tabla 4</b>	Marco normativo aplicable a la gestión integral de residuos sólidos.....	18
<b>Tabla 5</b>	Tratamientos de residuos sólidos orgánicos empleados en algunos países... ..	22
<b>Tabla 6</b>	Tratamientos de residuos sólidos orgánicos empleados en el ámbito nacional .....	26
<b>Tabla 7</b>	Composición macroscópica de residuos Bogotá 2017 .....	26
<b>Tabla 8</b>	Datos comparativos por ciudades del 2016 al 2018 .....	27
<b>Tabla 9</b>	Caracterización de los RSO en las Plazas de Mercado Distritales – PMD ..	30
<b>Tabla 10</b>	Línea base del Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el Distrito Capital .....	32
<b>Tabla 11</b>	Propuesta de tratamientos de los RSO en plazas de mercado - nivel local .	32
<b>Tabla 12</b>	Disposición final de residuos sólidos durante el año 2017 en CORABASTOS .....	35
<b>Tabla 13</b>	Residuos generados Corabastos 2010- 2016 .....	37

## Figuras

<b>Figura 1.</b>	Generación de desechos por región .....	20
<b>Figura 2.</b>	Porcentaje de composición de los desechos a nivel mundial.....	21
<b>Figura 3.</b>	Tratamiento y eliminación de desechos a nivel mundial .....	22
<b>Figura 4.</b>	Toneladas Aprovechadas reportadas por año .....	23
<b>Figura 5.</b>	Comportamiento Toneladas Aprovechadas .....	24
<b>Figura 6.</b>	Caracterización de los residuos sólidos en algunas ciudades .....	24
<b>Figura 7.</b>	Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos.....	25
<b>Figura 8.</b>	Generación de fertilizante y energía eléctrica a partir de biogás como producto de la biomasa .....	41

## Resumen

El sistema de producción y consumo vigente origina una gran cantidad de residuos que en repetidas ocasiones no consiguen su reincorporación en las cadenas productivas, para completar de este modo el ciclo de la economía circular basada en el desarrollo sostenible, sino que por el contrario, causa la pérdida de materias primas y la consecuente contaminación ambiental. Una buena parte de estos desechos son los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO, que se generan en la cadena de producción, logística y comercialización de alimentos, y es precisamente en este último proceso donde el volumen de RSO aumenta de manera significativa, con las plazas de mercado como principales fuentes productoras de este tipo de residuos.

El actual estudio pretende abordar una solución a la producción de RSO en los centros mayoristas de mercado y tiene como objetivo particular, analizar las alternativas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos susceptibles de ser implementados por la Corporación de Abastos de Bogotá – CORABASTOS. Para el logro de este objetivo el estudio aborda el contexto actual de los RSO en la central de abastos y los métodos de tratamiento aplicados a la plaza. La información obtenida se contrasta con los resultados de la búsqueda bibliográfica de los tratamientos de los RSO a nivel mundial, local y nacional, para finalmente proponer la alternativa más adecuada de aprovechamiento de los RSO en CORABASTOS.

**Palabras clave:** Residuos orgánicos, tratamiento, Corabastos, plazas de mercado, aprovechamiento.

## Summary

The current system of production and consumption generates a large amount of waste that repeatedly fails to be reincorporated into the production chains, thus completing the cycle of the circular economy based on sustainable development, but on the contrary, causes the loss of raw materials and the consequent environmental pollution. A good part of this waste is Organic Solid Waste - OSS, which is generated in the production, logistics and food marketing chain, and it is precisely in this last process where the volume of OSS increases significantly, with market places as the main sources of production of this type of waste.

The current study seeks to address a solution to the production of ORS in wholesale market centers and has the particular objective of analyzing alternatives for the treatment of organic solid waste that can be implemented by the Bogotá Supply Corporation - CORABASTOS. In order to achieve this objective, the study addresses the current context of RSO in the supply center and the treatment methods applied to the plaza. The information obtained is contrasted with the results of the bibliographic search of ORS treatments at the global, local and national levels, to finally propose the most appropriate alternative for the use of ORS in CORABASTOS.

**Keywords:** Organic waste, treatment, Corabastos, market places, use.

## Introducción

La industria alimentaria es sin duda uno de los sectores que más dinamiza el desarrollo del país, cada día, cientos de miles de productos agrícolas llegados desde diferentes regiones son comercializados en centros de abastecimientos, donde se realizan transacciones millonarias en operaciones que mueven toneladas de alimentos a lo largo del territorio. Sin embargo, un gran porcentaje de suministros traídos a las plazas de mercado se desecha, pues no cumplen con los estándares de calidad requeridos, dilapidando recursos y energía usados a lo largo de la cadena de producción, logística y comercialización y generando residuos orgánicos que finalmente al ser dispuestos en los sitios de disposición crearan emisiones contaminantes al ambiente.

Un caso evidente de este fenómeno se encuentra en la Corporación de Abastos de Bogotá – Corabastos, donde nueve millones de personas se reúnen para comercializar sus productos los siete días de la semana durante las 24 horas del día; en esta plaza de mercado se congregan cerca de 200 mil personas del sector agrícola y el público en general, para efectuar negociaciones económicas calculadas en 20.000 millones de pesos diarias, que involucran la comercialización de 12.000 toneladas de alimentos y un crecimiento anual proyectado de alrededor del 6%, según los datos que arroja el informe de gestión de 2017 (Corabastos., 2017). Toda esta dinámica que vive la plaza día a día deja según las investigaciones 127 Ton/día de desechos orgánicos.

Es precisamente en este escenario que se desarrollará la presente monografía que tiene por objetivo general, *“analizar las alternativas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos susceptibles de ser implementados por la Corporación de Abastos de Bogotá – CORABASTOS”*. Con la aplicación de este propósito se espera dar reconocimiento a la cadena de valor de los residuos sólidos e identificar los beneficios que representan como fuente de materias primas para generar ingresos, de igual manera, el logro del objetivo conducirá en la reducción de la contaminación ambiental y el aumento de la vida útil de los sitios de disposición final de residuos, atenuando de esta forma la demanda de recursos naturales y el consumo energético.

Después de una revisión bibliográfica en el escenario mundial de los tratamientos de Residuos Sólidos Orgánicos – RSO desarrollados mayormente en las plazas de mercado, y teniendo en cuenta el contexto nacional, el trabajo de monografía pretende desde una visión alternativa presentar opciones de aprovechamiento de recursos desperdiciados, de tal manera que se integren nuevamente a las cadenas productivas para beneficio de las población afectada y disminución de la carga contaminante.

Con la ejecución de los objetivos descritos se busca cumplir con los requerimientos del programa académico del posgrado, para poder optar al título de “Especialista en Gestión Ambiental”.

El documento se divide en 6 capítulos: el primero de ellos ofrece el planteamiento del problema, en el segundo se exponen los objetivos a conseguir, el tercero reseña el marco teórico del estudio, en cuarto lugar se ubican las experiencias de aprovechamiento de los RO en los ámbitos internacional, nacional y distrital, la metodología de la investigación se consigna en el capítulo cinco y por último se entregan las propuestas de tratamiento para valorizar los RO de Corabastos, dejando como colofón las conclusiones que ha dejado el estudio.

**Palabras claves:** residuos orgánicos, CORABASTOS, tratamientos de materia orgánica, economía circular, plazas de mercado.

## 1 Planteamiento del problema

### 1.1 Antecedentes

El actual modelo de desarrollo económico que consistente en “tomar, hacer y tirar” grandes cantidades de materiales y energía fácilmente disponibles, y deshacerse de ellas de la misma manera, está alcanzando sus límites físicos. Tal modelo lineal no es sostenible (Steffen et al., 2015). Por el contrario una economía circular es un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables (EMF, 2015). Para ponerse a tono con estas dinámicas globales y en cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el gobierno en su Plan Nacional de desarrollo 2018 – 2022 tiene dentro de sus estrategias implementar la economía circular para aumentar el reciclaje de residuos, el reúso del agua y la eficiencia energética y definir lineamientos de política pública en torno al Cambio climático (DNP, 2019).

La eficiencia del aprovechamiento de los residuos orgánicos, es proporcional a reducir los volúmenes dispuestos en los sitios de disposición final, que ocasionan problemas de contaminación hídrica y atmosférica causada por la generación de lixiviados y gases de efecto invernadero - GEI (ANDI, 2016). Los Residuos Sólidos Orgánicos - RSO representan el 61% de la generación de GEI, cuando son enterrados en los rellenos sanitarios según lo señala el (CONPES 3874., 2016) en la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (CONPES 3874., 2016).

En el mismo documento y frente al manejo de los RSO, se contempla desarrollar el programa Desperdicio Cero en Colombia, cuya finalidad es disminuir las pérdidas y el desperdicio de alimentos, a través de una mayor adopción de buenas prácticas agropecuarias y de comercialización de alimentos. El programa contempla brindar capacitación al personal que labora en las principales centrales de abasto del país con el fin de difundir buenas prácticas en el eslabón de comercialización de alimentos. En el mismo sentido el Departamento Nacional de Planeación - DNP (2016), relaciona en el modelo de producción las pérdidas de recursos por sobrantes a lo largo de la cadena de valor en los mercados de

alimentos, allí, los desperdicios no solo se registran en la comercialización de los productos sino a lo largo del sistema de producción desde la cosecha hasta el consumo. A nivel mundial se estima que cada año se malogra un tercio de los alimentos para el consumo humano.

En Colombia la pérdida de alimentos se prevé en un 34% (CONPES 3874., 2016) siendo los centros de abastecimiento uno de los actores que aporta al desperdicio. La Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS) la mayor central de abastos de Colombia genera entre 80 y 100 toneladas diarias de las cuales se calcula que el 80% son de carácter orgánico (Consortio NAM, 2008)

El propósito del actual trabajo es encontrar y analizar alternativas de tratamiento a los residuos sólidos orgánicos generados en CORABASTOS, de tal forma que puedan aplicarse al caso de estudio, y estos logren su reincorporación en las cadenas productivas completando de este modo el ciclo de la economía circular basada en el desarrollo sostenible.

## **1.2 Descripción del problema**

Para el año 2018, la disposición final de Residuos Sólidos -RS en Colombia fue de 11.305.133 toneladas. La Tabla 1 muestra el detalle de los distintos sistemas de disposición final de los residuos sólidos en Colombia.

Es importante señalar que la disposición de una tonelada de residuos en un relleno sanitario genera 21 moles de CO<sub>2</sub> de 1,3 toneladas por año durante toda su vida útil y posteriormente durante su abandono. Sin embargo el gas metano CH<sub>4</sub>, producto de la descomposición de la materia orgánica presente en los RSU, produce 21 veces más efecto invernadero que el CO<sub>2</sub>. (Sabalza & Villamizar, 2009).

Por otro lado, considerando la composición de residuos sólidos, se observa que, en las grandes ciudades del país, los residuos orgánicos corresponden al 61,5% de la generación de residuos. Dentro de la categoría de residuos orgánicos aparecen con gran importancia los residuos generados por los alimentos en sus diferentes etapas de la producción, los cuales se pierden y desperdician en el país a razón de 9,76 millones de toneladas de alimentos al año,

equivalentes al 34% de la oferta disponible de alimentos destinada a consumo humano (DNP., 2016)

**Tabla 1 Disposición final de los residuos sólidos en Colombia**

DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS 2018					
TONELADAS DISPUESTAS POR SISTEMA AUTORIZADO O NO AUTORIZADO					
Sistema autorizado	11.056.824	97,80%	Sistema no autorizado	248.309	2,20%
<b>Total</b>			<b>11.305.133</b>		
TONELADAS DISPUESTAS POR TIPO DE SISTEMA					
Sin información	-	0,00%	Celda transitoria	24.605,97	0,22%
Quema	-	0,00%	Celda de contingencia	191.434,67	1,69%
			Botadero a cielo		
Cuerpo de agua	-	0,00%	abierto	223.702,98	1,98%
Enterramiento	-	0,00%	Relleno Sanitario	10.853.833,9	96,01%
Planta de tratamiento	11.555,05	0,10%	<b>Total</b>	<b>11.305.133</b>	<b>100,0%</b>
MUNICIPIOS ATENDIDOS POR TIPO DE SISTEMA					
Cuerpo de agua	-	0,00%	Celda de Contingencia	18	1,63%
			Botadero a cielo		
Enterramiento	-	0,00%	abierto	101	9,17%
Planta de tratamiento	3	0,27%	Relleno Sanitario	973	88,29%
Celda transitoria	15	1,36%	Sin información	-	0%
<b>Total</b>			<b>1110*</b> <b>100,00%</b>		
NUMERO DE TIPOS DE SISTEMA					
Quema	-	0,00%	Celda de Contingencia	15	4,87%
			Botadero a cielo		
Cuerpo de agua	-	0,00%	abierto	101	32,79%
Enterramiento	-	0,00%	Relleno Sanitario	174	56,49%
Planta de tratamiento	3	0,97%	Sin información	-	-
Celda transitoria	15	4,87%	<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>100,00%</b>
TONELADAS DISPUESTAS AL AÑO - CIUDADES PRINCIPALES					
Bogotá D.C.	2.323.678		Cartagena	454.822	
Cali	756.304		Bucaramanga	200.612	
Medellín	659.035		Santa Marta	184.772	
Barranquilla	526.333		Pasto	120.705	
RELACIÓN DE SITIOS POR VIDA ÚTIL A DICIEMBRE 2018					
Vencida	22		Más de 10 años	66	
			Sin información/N/A	124	
0 - 3 Años	34		<b>Total</b>	<b>308</b>	
3 - 10 Años	62				
SITIOS DE DISPOSICIÓN REGIONALES					
Rellenos sanitarios regionales	62		Municipios atendidos	961	
Planta de tratamiento	0		Municipios atendidos	0	
Celda de contingencia	3		Municipios atendidos	6	
Celda transitoria	0		Municipios atendidos	0	
Botadero a cielo abierto	0		Municipios atendidos	0	
RELACIÓN DE TONELADAS DISPUESTAS FRENTE A LA VIDA ÚTIL DEL SITIO DE DISPOSICIÓN					
Vencida	52.256,99	0,46%	Más de 10 años	3.870.648,23	34,24%
			Sin información/N/A	257.351,58	2,28%
0 - 3 Años	1.734.672,19	15,34%	<b>Total</b>	<b>11.305.133</b>	<b>100%</b>
3 - 10 Años	5.390.203,62	47,68%			

Fuente: (SSPD, 2019).

Continúa señalando el DNP (2016) que, del total de alimentos perdidos y desperdiciados, el 36% de ellos corresponde a desperdicios que se generan en las etapas de

distribución y comercialización y consumo de los hogares. Gran parte de este porcentaje de RSO es generado en los centros mayoristas de abastecimiento, donde se comercializan ingentes volúmenes de alimentos que dejan a su paso toneladas de residuos y van a parar a los rellenos sanitarios.

El ejemplo más claro de lo anterior es la Corporación de Abastos de Bogotá (Corabastos), donde nueve millones de personas se benefician de los productos agrícolas que expende esta corporación, señalada como la segunda Central de Abastecimiento de América Latina, cuya actividad comercial es desarrollada los siete días de la semana durante las 24 horas; en este lugar a diario se reúnen cerca de 200 mil personas entre comerciantes, transportadores, productores agropecuarios, tenderos y público en general, para realizar transacciones económicas que ascienden a los 20.000 millones de pesos, con operaciones diarias superiores a las 12.000 toneladas de alimentos que crecen anualmente alrededor de un 6%, según los datos que arroja el informe de gestión de 2017 (Corabastos, 2018).

Toda esta actividad genera en la plaza entre 80 y 100 toneladas diarias de residuos sólidos que representa el 1.4% del total de residuos dispuestos diariamente en el vertedero de Doña Juana, (Hernando, 2014); se calcula que el 80% son de carácter orgánico (Consortio NAM, 2008) , y no son dispuestos de manera adecuada debido a la ineficiencia de espacios para recolectar, seleccionar y clasificar los residuos sólidos, pues los lugares diseñados para su acopio en cada una de las bodegas, fueron utilizados y ocupados para actividades de comercio, dejando a Corabastos sin zonas disponibles para el acopio temporal de RS en su interior y limitaron la logística de recolección y transporte que ocasionaron una serie de inconvenientes relacionados con la presencia de vectores, mal olor y la inadecuada disposición final de residuos sólidos orgánicos.

Según lo indica el Consorcio NAM – VELZEA (Consortio NAM, 2008) “En CORABASTOS, la descarga de frutas, verduras, hierbas, plátano y hortalizas, es la actividad que genera mayor cantidad de residuos. Los transportadores evidentemente no se llevan los desechos y estos quedan abandonados en el sitio de descarga”; continua la misma entidad

diciendo que, “En CORABASTOS el nivel de pérdida de productos vegetales es del 2% (aproximadamente 18.500 ton/año)”

Los deficientes hábitos de separación de materiales en la fuente y la discontinuidad de los planes y programas - Plan Institucional de Gestión Ambiental (PIGA) y Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos (PGIRS) (UAESP., Plan de Gestión de Residuos sólidos 2016 - 2027, 2015), sumado a una baja cultura de recuperación del material orgánico, han hecho que el humedal de la vaca, contiguo a la central de abastos este amenazado por los malos manejos de los residuos, que evidencian una baja valoración de los recursos naturales.

Por último, la falta de información de la comunidad afectada del potencial que representan los residuos como una oportunidad para generar recursos, acompañado del inadecuado manejo de los alimentos a lo largo de la cadena de comercialización, no hace más que seguir sumando a los volúmenes de residuos del sector.

La agregación de las situaciones mencionadas se materializa en un bajo aprovechamiento de los residuos sólidos, que genera consecuencias negativas en el entorno como el deterioro acelerado de la infraestructura de la plaza, el preocupante aumento de la tarifa por concepto de aseo que se le asigna a Corabastos dada su condición de gran generador de RS, los altos volúmenes que Corabastos sigue enviando al relleno Sanitario de Doña Juana para seguir acortando su exigua vida útil, las contaminaciones de acuíferos por parte de los lixiviados que se filtran en el subsuelo e impactan el ecosistema vecino, la pérdida de materias primas de la cadena productiva y su consecuente detrimento de beneficios monetarios por este hecho, y las afectaciones a la comunidad por presencia de vectores, hacen que Corabastos sea asociado a impactos negativos que vulneran la salud pública y el medio ambiente.

La materia orgánica en descomposición que es enterrada en los rellenos sanitarios, produce una mezcla de gases conocida como biogás compuesta principalmente por metano, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrogeno. Debido a la composición y contenido de estos, son considerados una importante fuente de GEI. Dado esto, y a que esta materia es la de mayor impacto en la capacidad de los rellenos sanitarios y donde además se pierde un

potencial importante de generación de energía y nutrientes para adecuación de suelos, es necesario planear estrategias para tratar este tipo de residuos (Quintana, 2011).

### **1.3 Formulación**

Luego de percibir como problema los residuos sólidos orgánicos – RSO generados en Corabastos y hacer un estudio previo sobre la teoría explicativa de este fenómeno, la pregunta de investigación que pretende orientar esta propuesta de monografía es:

¿Qué experiencias de éxito, a nivel mundial, en métodos de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en mercados municipales pueden ser implementadas en la Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS)?

La formulación de este cuestionamiento además de servir de bitácora para definir los objetivos concretos de la investigación, nos permitirá resumir lo que habrá de ser el propósito general del estudio.

Su respuesta conducirá a probar o desmentir la hipótesis que se asumirá en la presente investigación al afirmar que, “el compostaje se constituye como la alternativa más eficiente para el manejo de RSO en Corabastos”.

Las variables que permitirán esclarecer la hipótesis planteada y que nutrirán el estudio responderán a las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuáles son los principales RSO generados en la Corporación de Abastos de Bogotá (CORABASTOS)?
- b) ¿Qué tratamiento de RSO en otras plazas de mercado son aplicables al caso de estudio?

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Analizar las alternativas de tratamiento de residuos sólidos orgánicos susceptibles de ser implementados por la Corporación de Abastos de Bogotá - CORABASTOS

## 2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar consulta bibliográfica sobre los tratamientos aplicados en el mundo para el tratamiento de los RSO
2. Analizar los RSO con un año base y su evolución, comparativo de tratamientos de esos años, y concluir que tanto se está llevando a Doña Juana, que porcentaje se aprovecha.
3. Plantear la alternativa más eficiente para el tratamiento de RSO de la central de abastos Corabastos.

## 3 Marco teórico

El modelo del servicio público de aseo ha gestionado a nivel nacional los residuos sólidos bajo un esquema lineal. Este esquema extrae la materia prima, para luego emplearla en la fabricación de bienes, dejando a su paso residuos que son dispuestos como desecho. La premisa es que las empresas extraen los materiales, les aplican energía para la fabricación de un producto y venden dicho producto al consumidor final, quien luego lo descarta cuando ya no le sirve (CONPES 3874., 2016). La consecuencia de este comportamiento es el desperdicio de los recursos y el pobre nivel de reusó dada la facilidad de obtener nueva materia prima por el bajo costo de la eliminación de los residuos (FEC, 2016).

Buscando remediar esta situación el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS a través del Decreto 2981 de 2013, definió el Aprovechamiento como el servicio complementario del aseo que comprende la recolección, transporte hasta clasificación, pesaje, planta de tratamiento o de aprovechamiento. El Decreto Además de establecer las restantes definiciones en el marco del servicio público de aseo que se pueden ver en el Anexo 1, también incorporó el aprovechamiento de los residuos sólidos en los distintos niveles del estado.

### 3.1 Aspectos conceptuales de la investigación

#### 3.1.1 Residuos orgánicos

“Materiales sólidos o semisólidos de origen animal, humano o vegetal que se abandonan, botan, desechan, descartan y rechazan y son susceptibles de biodegradación incluyendo aquellos considerados como subproductos orgánicos provenientes de los procesos industriales” (ICONTEC., 2006). Los residuos orgánicos pueden clasificarse según su fuente de generación o característica física, la Tabla 2 muestra la clasificación de los residuos sólidos orgánicos.

**Tabla 2** Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

<b>Según su fuente de generación</b>	Residuos sólidos orgánicos provenientes del barrido de las calles	Su contenido es muy variado, las posibilidades de aprovechamiento son más limitadas al momento de la separación física.
	Residuos sólidos orgánicos institucionales	Su contenido varía entre restos de alimentos, papel y cartón, su aprovechamiento es limitado.
	Residuos sólidos orgánicos de mercados	Es una buena fuente para aprovechar el material orgánico y elaborar compost y fertilizante orgánico.
	Residuos sólidos orgánicos domiciliarios	Su contenido es variado entre restos de verduras, frutas, alimentos, jardín y papeles, se puede aprovechar para pequeñas huertas.
<b>Según su naturaleza o característica física</b>	Residuos de alimentos	Alimentos provenientes de diversas fuentes: restaurantes, hogares, comedores.
	Estiércol	Residuos fecales de animales (ganado), aprovechable para transformación de bioabono y biogás
	Restos vegetales	Residuos provenientes de podas de áreas verdes y residuos de cocinas y mercados.
	Papel y cartón	Residuos con gran potencial para el reciclaje.
	Cuero	Residuos derivados de artículos de cuero en desuso

Fuente: (Jara Samaniego, 2018)

#### 3.1.2 Plazas de mercado

El Departamento Nacional de Planeación - DNP (DNP., Construcción y dotación de una plaza de mercado, 2018) define a la plaza de mercado como:

El bien fiscal de uso público mediante el cual el Estado ejerce la función social de garantizar el abastecimiento de alimentos, con calidad nutricional, oportunidad, confianza y precio justo a través de la comercialización de productos provenientes de

la economía campesina de mediana y pequeña escala que conserva patrones culturales y tradicionales propios

Las centros de abasto de alimentos se clasifican en centrales de abastos o mercados mayoristas, plazas minoristas y plazas móviles. Bogotá cuenta con tres mercados mayoristas, veinticinco plazas minoristas privadas, diecinueve distritales y un número no determinado de plazas móviles.

**Mercado mayorista:** Es la instalación o su conjunto edificadas y apropiadas para realizar actividades de compraventa al por mayor de productos agropecuarios y pesqueros, que abastece a la población y facilita el proceso de modernización de la comercialización, ayudado del mejoramiento de las técnicas de manejo de los productos y de las prácticas de mercadeo (Minjusticia., 1995)

**Central de abasto.** El Departamento Nacional de Estadística – DANE (DANE., 2019) la define como:

Infraestructuras amplias que comparten diferentes propietarios vinculadas a la actividad comercial, acopio y al abastecimiento en ciudades, sus instalaciones les permiten manejar grandes volúmenes de mercancías, cuentan con bodegas especializadas y administración centralizada.

La central de abasto más grande de Colombia es la Corporación de Abastos de Bogotá (Corabastos).

### 3.2 Tratamientos para valorar los RSO

Valorar los residuos significa según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente, 2008)“...preparar los residuos para los diferentes procesos de aprovechamiento y, de esta manera, obtener el mayor beneficio de la transformación de los mismos”.

La valorización requiere de unos pasos mínimos que aseguren el tratamiento de los residuos, el primero de ellos es la construcción de plantas de aprovechamiento de RS, apoyadas de propuestas que incluyan la capacitación de la comunidad para desarrollar sensibilización por el deterioro ambiental que estos causan cuando no son separados, recogidos y dispuestos adecuadamente. Así mismo la valoración también necesita encargarse de informar sobre el valor

económico que tienen los residuos generados y las posibilidades de lograr ingresos a través de su tratamiento y comercialización (Jaramillo & Zapata, 2008).

Los tratamientos por la valorización de los recursos contemplan varias alternativas dentro de las que se destacan, el aprovechamiento biológico mediante procesos como el compostaje, la lombricultura y la biodigestión, el aprovechamiento alimenticio mediante la producción de concentrados para animales y el aprovechamiento energético a través de procesos como la gasificación. Estos tratamientos están resumidos en la Tabla 3 y explican brevemente cada uno de los procesos de la transformación de la materia orgánica.

*Tabla 3 Comparativo de Posibles Alternativas para el tratamiento de los RSO*

Alternativa	Descripción
<b>Uso alimento animales</b>	<b>Directo: para</b> Los residuos que corresponden a alimentos procesados son comercializados como alimento para cerdos "lavaza". Existe el riesgo de transmisión de enfermedades. Los R.V. tienen baja capacidad nutricional y no compiten con el pasto.
<b>Tratamiento físico: reducción de tamaño</b>	Etapa previa a otros procesos, acondiciona los R.O. en tamaño de partícula, homogenización del material y reducción de volumen.
<b>Transformación Química: Hidrólisis (ácida o alcalina)</b>	Se obtiene glucosa, ácidos orgánicos, metanol y acetatos, a partir de residuos orgánicos ricos en celulosa (como papel, bagazo de caña, tucas de mazorca). La hidrólisis y la deshidratación son empleadas para los residuos cárnicos.
<b>Transformación Térmica:</b>	Reducción de volumen de los residuos y conversión de éstos en productos gaseosos, líquidos o sólidos con la consiguiente emisión de energía en forma de calor. Los procesos estudiados, combustión, pirólisis, licuefacción y gasificación del plasma, se diferencian básicamente en sus requerimientos de oxígeno.
<b>Proceso biológico aeróbico: Compostaje (hileras, pilas aireadas y reactores) y coprocesamiento</b>	Este es el proceso que más se utiliza para la conversión de R.O. La descomposición controlada, en presencia de oxígeno, es realizada por poblaciones microbianas, que combinan actividades mesofílicas y termofílicas, produciendo CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , agua y calor principalmente. El coprocesamiento con lodos y la adición de cascarilla lleva a un compost de inferior calidad por la presencia de agentes patógenos y metales pesados.
<b>Proceso Biológico anaeróbico: Biodigestión</b>	Se obtiene gas metano, agua, dióxido de carbono, y un lodo de digestión que puede ser compostado.
<b>Método biológico: Lombricultura</b>	Es la conversión de materiales orgánicos biodegradables por medio de lombrices. Se promueve la actividad microbiana en los residuos y los nutrientes más importantes para el crecimiento vegetal, nitrógeno, potasio, calcio y fósforo, son liberados y convertidos en formas mucho más solubles y disponibles. La materia producida es más fragmentada y microbiológicamente más activa que la inicial.
<b>Métodos fisicoquímicos fermentación</b>	consiste en convertir en alcohol etílico (etanol), la biomasa rica en carbohidratos bajo forma de azúcares, almidón y celulosa, por medio de la acción de fermentos que reaccionan en presencia del aire

Fuente Consorcio NAM 2008

Los costos de los tratamientos dependen de diversos factores como la complejidad del tratamiento, el tipo de tecnología empleada etc. Según datos del CONPES (2016), los costos netos por tonelada de diferentes técnicas de manejo de residuos para instalaciones con una capacidad de 30.000 toneladas por mes señalan que, el relleno sanitario, junto con el compostaje, es la técnica que tiene un menor costo por tonelada, por debajo de otras como el reciclaje y el tratamiento mecánico de generación de energía (CONPES 3874., 2016)

### **3.3 Política pública y normatividad**

En Colombia rige una legislación orientada a controlar la correcta disposición y aprovechamiento de los residuos sólidos, aunque no de manera explícita a los orgánicos. “En suma el modelo tiene a los prestadores del servicio de aseo que realizan la recolección y transporte de los residuos domiciliarios, que son entregados previamente por los usuarios, para su disposición en rellenos sanitarios (Osorio & Ramirez, 2019).

Del mismo modo se asignan responsabilidades de planeación, vigilancia, control y regulación del servicio de aseo a las entidades de acuerdo a su pertinencia, a pesar de que no existan señaladas explícitamente establecidas las actividades de tratamiento y aprovechamiento de los residuos. Así el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio se encarga de formular las políticas y normas concernientes al servicio público de aseo; el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define las pautas para el manejo de los residuos; las Corporaciones Ambientales intervienen en el control ambiental de su jurisdicción; la CRA ajusta la prestación del servicio público de aseo; y la Superintendencia de Servicios Públicos tiene como objetivo la vigilancia y control de la prestación. Cabe mencionar que la normativa está circunscrita esencialmente en el servicio público; no obstante a la hora de planear acciones que propongan, el tratamiento y aprovechamiento de los residuos, las políticas no son claras sobre las entidades responsables.

**Tabla 4** Marco normativo aplicable a la gestión integral de residuos sólidos

<b>Tipo</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Leyes</b>	Servicio público de aseo	Ley 142 de 1994, modificada por la Ley 632 de 200 Ley 689 de 2001 Ley 1537 de 2012
	Ambiente	Decreto Ley 2811 de 1974 Ley 9 de 1979 Ley 99 de 1993
	Comparendo ambiental	Ley 1259 de 2008, adicionado por la Ley 1466 de 2011
	Sistema General. de Participaciones	Ley 1176 de 2007
	Ordenamiento territorial	Ley 388 de 1997 Ley 1454 de 2011
	Funcionamiento y organización de los municipios	Ley 136 de 1994
	Gestión de riesgo	Ley 1551 de 2012 (ver Anexo I) Ley 1523 de 2012
<b>Decretos</b>	Servicio público de aseo	Decreto 2981 de 2013, compilado en el Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015
	Residuos peligrosos	Decreto 1609 de 2002 y Decreto 4741 de 2005, compilados en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015
	Residuos hospitalarios	Decreto 351 de 2014, compilado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015
	Vertimientos	Decreto 3930 de 2010, compilado en el Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015
<b>Resoluciones</b>	Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico	Resolución 1096 de 2000, modificada por las Resoluciones 424 de 2001, 668 de 2003, 1447 de 2005, 1459 de 2005 y 2320 de 2009
	Cierre de botadero a cielo abierto	Resolución 1890 de 2011 y Resolución 1390 de 2003
	Manual de procedimientos para la gestión integral de los residuos hospitalarios	Resolución 1164 de 2002
	Manejo de escombros	Resolución 541 de 1994
	Instituto Colombiano Agropecuario adopta el Reglamento técnico de Fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia	Resolución 150 de 2003
	Metodología tarifaria del servicio público de aseo	Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005, Resolución CRA 720 de 2015
<b>Política</b>	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos	CONPES 3530 de 2008
	Gestión Integral de Residuos Sólidos	Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos 1997
	Producción y consumo sostenible	Política de Producción y Consumo Sostenible 2010

Fuente: (Minvivienda, 2015)

## 4 Experiencias de aprovechamiento de los RSO

### 4.1 Ámbito internacional

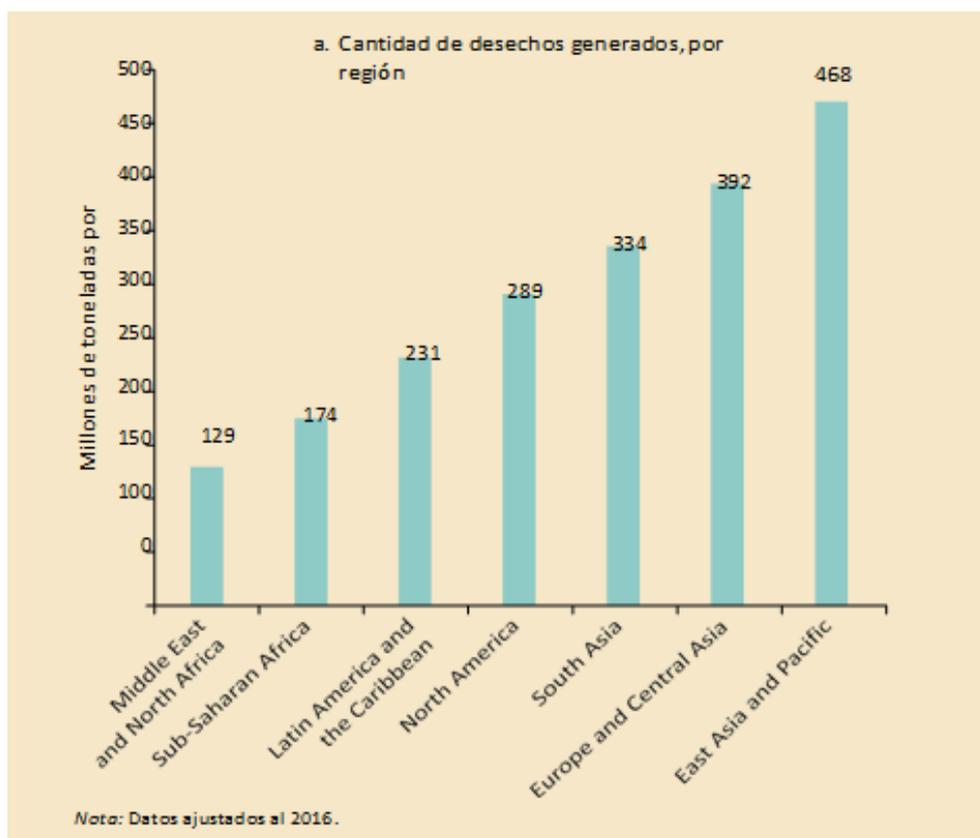
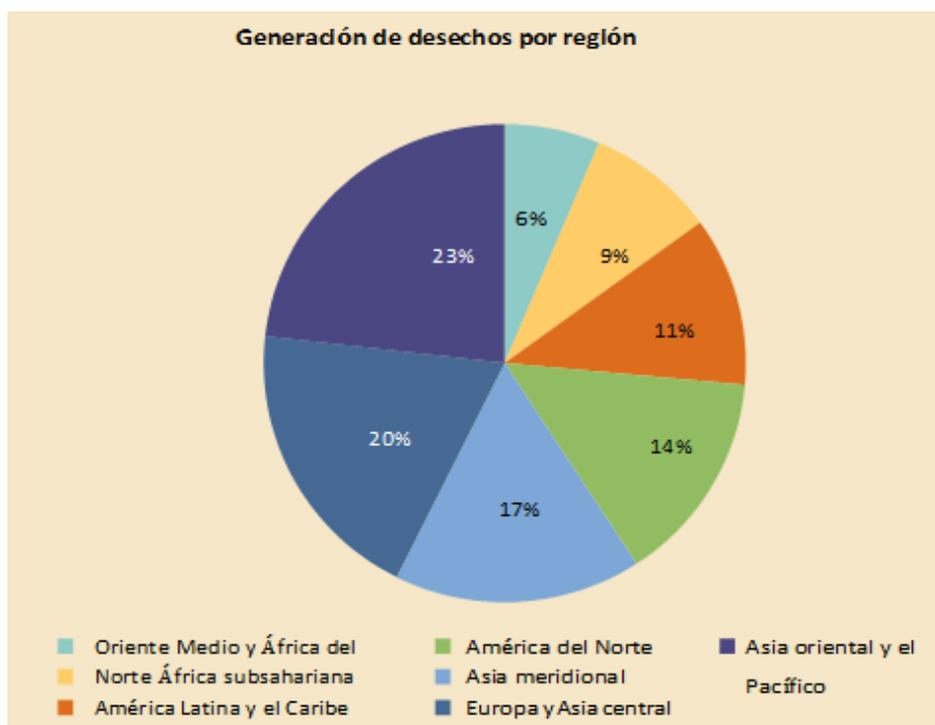
Un estudio realizado por el Banco Mundial que incluye 217 países y economías y 367 ciudades, reveló que en 2016 se produjeron en el mundo 1.600 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero, equivalentes al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>-equivalente) derivadas de la generación de residuos sólidos, esto corresponde a cerca del 5% de las emisiones mundiales; el mismo informe pronostica que para el 2050 las emisiones asociadas a los residuos sólidos aumenten a 2.600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-equivalente (Silpa et al., 2018).

En el mismo documento de 2018 de Silpa y compañía, se registra un descenso en la proporción de desechos orgánicos del 64% al 56% en los países de bajos ingresos, lo que refleja un cambio en las pautas de consumo. Así mismo la recolección de desechos en estos países aumentó notablemente, pasando de alrededor del 22% al 39%, lo que refleja la prioridad que se da a esta labor. Este comportamiento se ajusta con la tendencia mundial general de aumento del reciclaje y el compostaje. Se consignan en el mismo informe que la incineración de desechos para producir energía en los países de ingresos medianos altos, aumentó sensiblemente del 0,1% al 10%, estimulada principalmente por el uso de China hacia este tipo de tratamiento.

Actualmente el mundo genera 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos anualmente. Los países con ingresos altos aunque sólo representan el 16% de la población mundial, generan alrededor del 34% de los residuos del mundo, lo que equivalente a 683 millones de toneladas. Se estima que la producción diaria de desechos per cápita en los países de ingresos altos crezca en un 19% para 2050, en tanto que en los países de bajos y medianos ingresos se prevé que aumente en cerca de un 40% o más (Silpa et al., 2018).

Como se muestra en la Figura 1 la región de Asia oriental y el Pacífico está generando la mayor parte de los desechos del mundo, con un 23% mientras que la región de Oriente Medio y África del Norte solo producen el 6%.

**Figura 1. Generación de desechos por región**



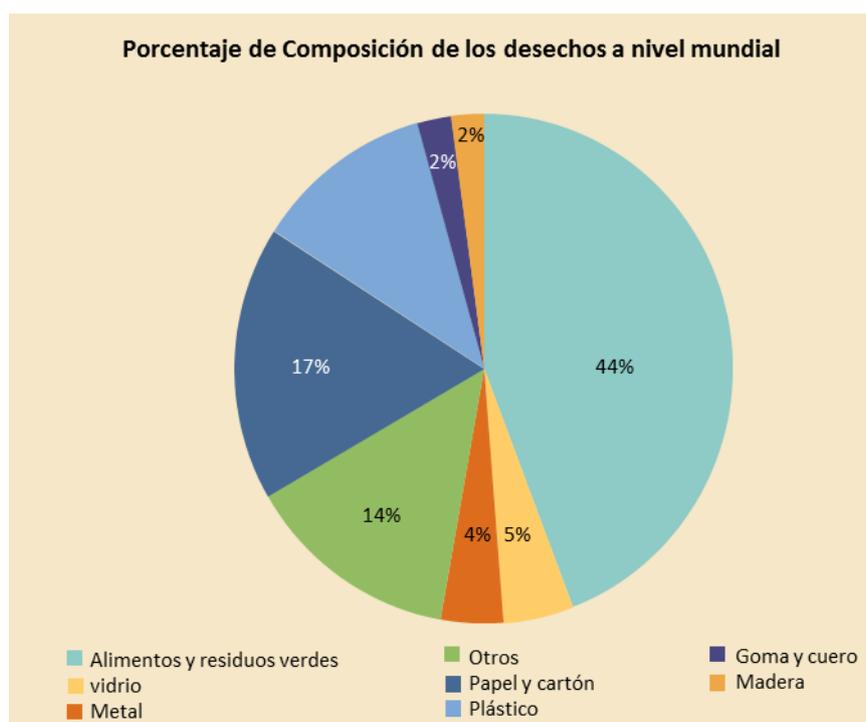
Fuente: (Silpa et al., 2018).

En el informe del Banco Mundial se señala que, de los residuos totales del mundo tan solo el 19% se recupera mediante el reciclaje y el compostaje. El tratamiento adecuado de los

desechos, como los vertederos controlados o las instalaciones que funcionan de forma más rigurosa, es casi exclusivamente competencia de los países de ingresos altos y medio-altos. Con referencia a la constitución de los residuos sólidos a nivel mundial, la Figura 2 muestra los porcentajes de los materiales de los cuales se componen y en ella se evidencia que son los residuos de alimentos y los residuos verdes (orgánicos) quienes más tienen peso en la conformación de los residuos totales con un 44% de participación.

El mismo informe de Silpa de 2018 reseña los principales tratamientos y métodos de eliminación de los residuos sólidos empleados en el mundo, que van desde el compostaje para los residuos orgánicos hasta el reciclaje en los inorgánicos; incluyen también los porcentajes de distintos vertederos dentro de los que se cuentan aquellos que no gozan de ningún control.

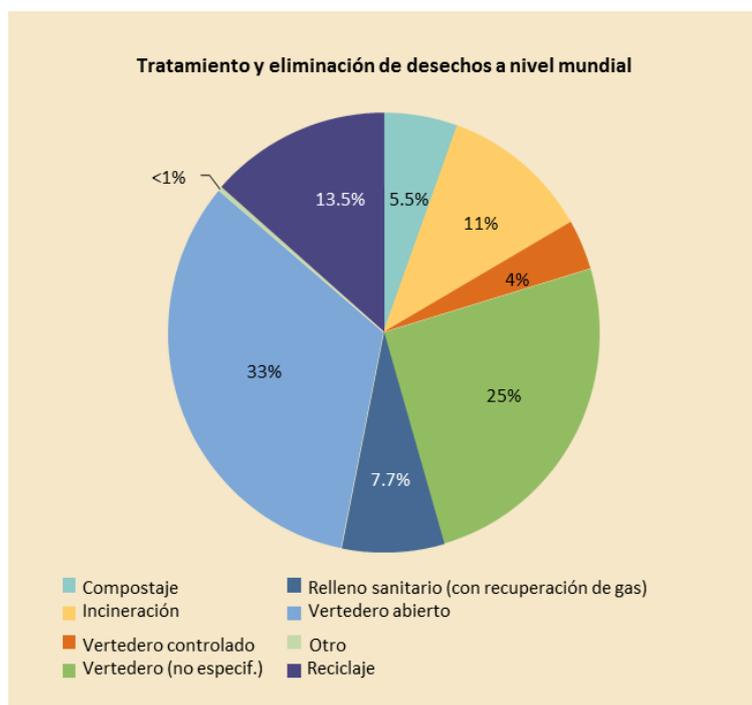
**Figura 2.** Porcentaje de composición de los desechos a nivel mundial



Fuente: (Silpa et al., 2018).

La Figura 3 expone los principales tratamientos al igual que métodos de disposición de los residuos y revela que en materia de residuos orgánicos el compostaje es el método de mayor empleo en el mundo con el 33% para el tratamiento de este tipo de residuos.

**Figura 3. Tratamiento y eliminación de desechos a nivel mundial**



Fuente: (Silpa et al., 2018).

La Tabla 5 expone tratamientos de residuos sólidos orgánicos empleados en otros países.

**Tabla 5 Tratamientos de residuos sólidos orgánicos empleados en algunos países**

País	Año	Tratamiento	Producto final
<b>Suiza, Tailandia - Costa Rica</b>	2011	Reducción de materiales orgánicos por medio de larvas mosca negra en su etapa de eclosión.	<b>Proteína:</b> Alimentos para aves de corral cerdos y peces. <b>Grasa:</b> Biodiesel <b>Quitina:</b> En elaboración de productos médicos, cosméticos y biotecnología (Diener et al., 2011)
<b>México</b>		Proceso a nivel de laboratorio en un digestor anaerobio para tratar los residuos orgánicos generados en mercados municipales	Determinación de propiedades físico-químicas, que sugieren que los materiales y su fermentación son adecuados para este tipo de proceso
<b>Perú</b>	2014	Empleo de residuos orgánicos como medio eficiente de reciclaje de nutrimentos, mediante su transformación en abonos orgánicos.	Fabricación del abono fermentado tipo Bocashi para empleo en suelos y plantas. (Ramos & Terry, 2014)
<b>Austria</b>	2016	Se quitan los metales de los residuos orgánicos y les reducen el tamaño de la partícula a <1cm.	Obtención de Biogás através de un digestor, creando calor y electricidad (Morales et al., 2016)
<b>Noruega</b>	2018	Los Residuos Orgánicos son sujetos a hidrólisis térmica en condiciones Mesófila de 38°C.	Obtención de biogás, que luego se transforma a estado líquido, para ser usado como fuente de combustión en el transporte público (Jain y et al., 2018)
<b>EEUU</b>	2018	Procesamiento de RO para compostaje	Aplicado a proyectos de paisajismo para mitigar la erosión de los suelos (Jain et al., 2018)

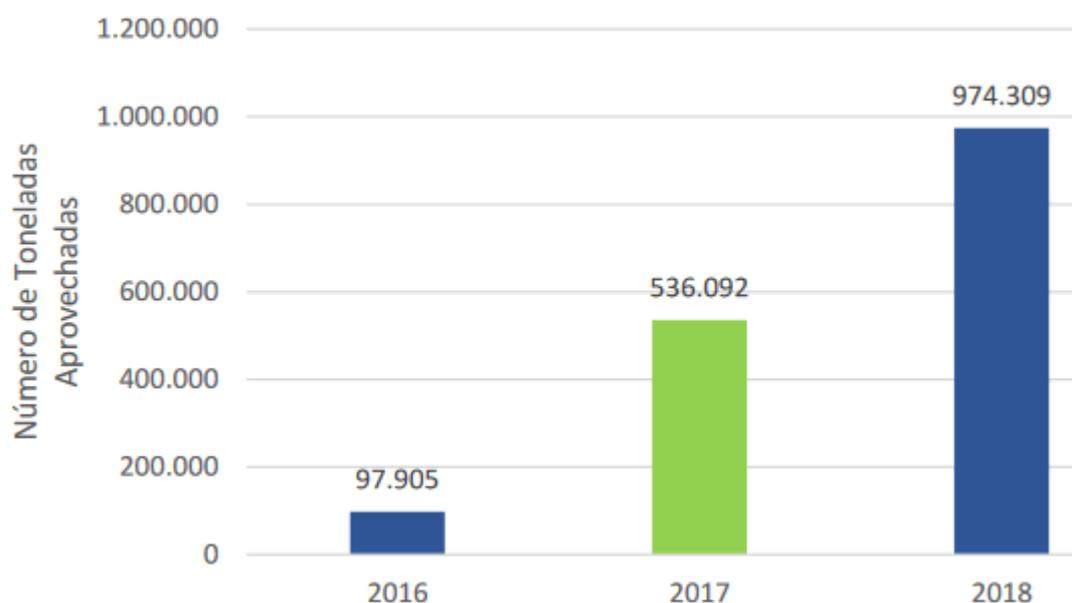
Fuente: propia

## 4.2 Ámbito nacional

Dentro de las políticas públicas impulsadas por el gobierno nacional está El CONPES 3874 (2016), que tiene como fin crear estrategias de minimización, reúso, aprovechamiento y reciclaje de residuos sólidos que permitieran enlazar la política nacional al contexto internacional y el concepto de economía circular en el país. En este orden de ideas, son varias las entidades comprometidas con el logro de los resultados de los objetivos estratégicos a través de la coordinación institucional y sectorial, así como, el fortalecimiento de fuentes de información que faciliten el análisis y la toma de decisiones para implementar esquemas de tratamiento de los residuos sólidos, principalmente orgánicos.

Conforme a los anterior y en el marco de Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, la Superintendencia de Servicios (SSPD., 2019), para el 2017 a nivel nacional señaló que se reportaron 536.092 toneladas/año de residuos sólidos aprovechados, mientras que para el año 2018 la cifra fue de 974.039 toneladas. Lo anterior configura un aumento cercano al 80% en el reporte de toneladas aprovechadas. La Figura 4 muestra este comportamiento.

**Figura 4.** Toneladas Aprovechadas reportadas por año

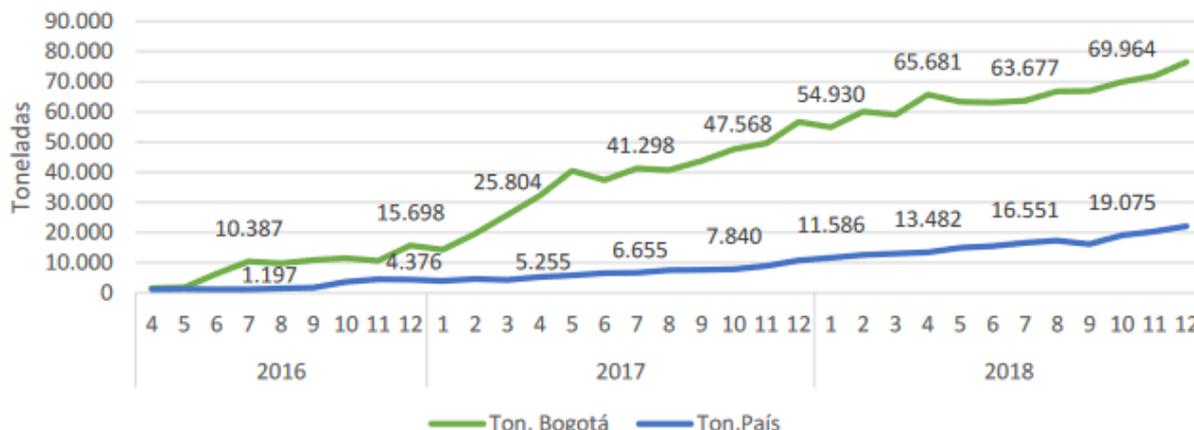


Fuente: (SSPD., 2019)

En el mismo informe (SSPD., 2019) se confirma una tendencia creciente del número de toneladas aprovechadas en la ciudad de Bogotá respecto del resto del país. De esta manera

se identificó que del total de toneladas registradas, la ciudad de Bogotá contribuye con un 81%. La Figura 5 da cuenta de este fenómeno.

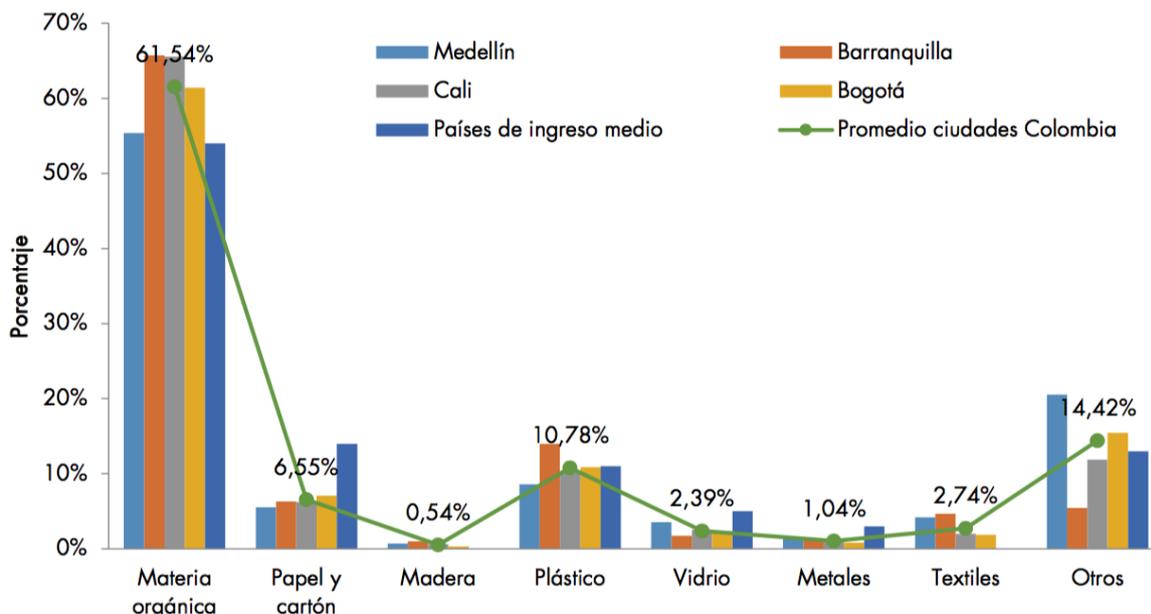
**Figura 5. Comportamiento Toneladas Aprovechadas**



Fuente: (SSPD., 2019)

Relacionado con lo anterior y para tener una aproximación a los RO aprovechados, el Departamento Nacional de Planeación (DNP., 2016) señala que los residuos orgánicos constituyen el 61,5% del total de residuos sólidos generados en el país, la Figura 6 revela la caracterización de los residuos sólidos en las principales ciudades del país.

**Figura 6. Caracterización de los residuos sólidos en algunas ciudades**

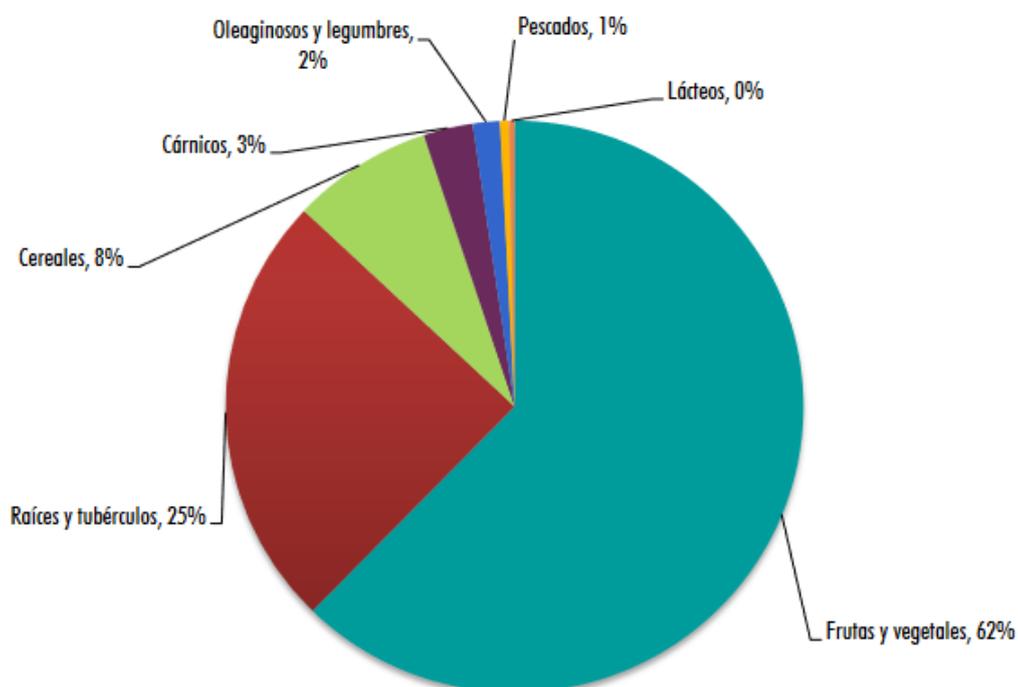


Fuente: BID, 2015.

Desde su cosecha hasta la comercialización, pasando por los procesos de transporte y almacenamiento, los alimentos se pierden a lo largo de la cadena de producción y consumo, 9,76 millones de toneladas de alimentos al año se desaprovechan en esta gestión, lo que equivale al 34% de la oferta disponible de alimentos destinada para el consumo humano.

El 64% del total de provisiones desperdiciadas está asociada a pérdidas ocasionadas en la producción, post-cosecha, almacenamiento y procesamiento industrial. El 36% remanente atañe a desperdicios que se generan en las etapas de distribución y comercialización y consumo de los hogares (DNP, 2016). Del mismo modo, de esas 9,76 millones de toneladas desperdiciadas, 6,1 millones conciernen a frutas y verduras, 2,4 millones a tubérculos, 772.000 a cereales, 148.000 a oleaginosos y legumbres y 29.000 a lácteos. La representación de las frutas y verduras dentro del total de la pérdida es del 62% escoltado por las raíces y tubérculos con una participación del 25%, ver Figura 7.

**Figura 7.** Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos



Fuente: cálculos DNP.

Con relación a los tratamientos de los RO más frecuentes documentados en el ámbito nacional y efectuados principalmente en las plazas de mercado, la Tabla 6 recoge algunos ejemplos.

**Tabla 6** Tratamientos de residuos sólidos orgánicos empleados en el ámbito nacional

Lugar	Año	Tratamiento	Producto final
Cartagena	2007	Diseño de una dependencia del relleno sanitario para la gestión de los residuos sólidos orgánicos a través del aprovechamiento para la generación de energía eléctrica y la obtención de abono orgánico.	Generación de energía eléctrica y biocombustible (Marquez & Reyes, 2007)
Plaza de mercado de Santa Elena –Santiago de Cali	2013	Compost. Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de Compost	Generar abonos orgánicos procedentes de los residuos orgánicos de la plaza de mercado (Rendon, 2013)
Cundinamarca	2017	Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para el departamento de Cundinamarca	Modelo de optimización conceptual, técnico y matemático de los residuos sólidos orgánicos (Castañeda & Rodríguez, 2017).
Plaza de mercado El Cacique, Chía – Cundinamarca	2016	Propuesta de aprovechamiento de residuos orgánicos producidos en la plaza de mercado de chía.	Abono orgánico (Pinto. & Suarez, 2016)
Plaza de mercado la 21, Ibagué	2012	Manejo de RO a través del compostaje	Abono orgánico (Muñoz, 2012)

Fuente: Propia.

### 4.3 Ámbito distrital

Es imprescindible caracterizar los residuos sólidos que pretendan aprovecharse para logra identificar los tratamientos, tecnologías y mercados de valorización de residuos que permitan ajustar la transición entre la economía lineal con disposición irrazonable de residuos, hacia una economía circular sostenible. A este respecto la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos –UAESP caracterizó para el año 2017 la composición de residuos sólidos producidos en Bogotá (UAESP., 2019), la cual se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Composición macroscópica de residuos Bogotá 2017

Material	Porcentaje de generación (%)
Orgánicas	51,32
Plásticos	16,88
Celulosas	13,67
Textiles	4,54
Vidrios	3,67
Otros	3,36
Madera	1,6
Finos	1,43
Metales	1,13
Complejos	0,96
Inertes	0,84
Peligrosos domiciliarios	0,61

Fuente: (UAESP., 2019)

En el mismo informe de la Superservicios (UAESP., 2019), se establece el comparativo de las toneladas de residuos sólidos dispuestos en sistemas de disposición final (Toneladas de Disposición Final -TDF) frente a las toneladas aprovechadas (Toneladas de Aprovechamiento -TA) de residuos sólidos inorgánicos aprovechados para los años 2016 al 2018 en Colombia, apoyados en el Sistema Único de Información - SUI, herramienta que recoge todos los datos relacionados con la prestación del servicio. Allí se observa como la ciudad de Bogotá se destaca en el porcentaje de participación que tiene con un 81,71% de representatividad respecto de las TA por mes a nivel nacional para el periodo referenciado. En La Tabla 8 se muestran los municipios seleccionados para la muestra de análisis del comportamiento de los residuos dispuestos en sistemas de disposición final frente a los residuos aprovechados de la muestra seleccionada del 2016 al 2018.los.

*Tabla 8 Datos comparativos por ciudades del 2016 al 2018*

Departamento	Municipio	Promedio TDF/mes de 2016 a 2018	Promedio TA/mes de 2016 a 2018	Porcentaje de participación frente al reporte de toneladas a nivel nacional de 2016 a 2018
Bogotá D.C.	Bogotá	185.540,2	36.384,1	81,71%
Antioquia	Medellín	53.890,0	1.219,0	2,74%
Atlántico	Barranquill	46.519,9	954,3	2,14%
Cundinamarca	Soacha	11.611,5	526,8	1,18%
Magdalena	Santa Marta	15.400,1	115,6	0,26%
Risaralda	Pereira	13.848,7	17,5	0,04%
Córdoba	Montería	9.976,3	405,7	0,91%
Cauca	Popayán	6.815,9	130,9	0,29%
Antioquia	Envigado	6.327,2	216,7	0,49%
Boyacá	Tunja	4.125,8	22,5	0,05%
Santander	Barrancabermeja	4.078,0	252,5	0,57%
Cundinamarca	Chía	2.789,0	130,4	0,29%
Antioquia	Rionegro	2.687,6	409,6	0,92%
Boyacá	Sogamoso	2.297,1	197,5	0,44%
Cundinamarca	Cajicá	1.398,9	31,36	0,07%

Fuente: (SSPD., 2019) basado en el Sistema Único de Información — SUI

Por su parte, el Acuerdo No. 761 de 2020 que esta articulado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos para 2030 - ODS 2030, adoptó el Plan Distrital de Desarrollo

“Un Nuevo Contrato Social y Ambiental para la Bogotá del siglo XXI” – PDD (Concejo de Bogotá., 2020), el cual establece dentro del programa estratégico de “Cuidado y mantenimiento del ambiente construido”, la formulación e implementación de un modelo de aprovechamiento de residuos para la ciudad en la que se incluya el aprovechamiento de residuos orgánicos, al igual que la creación de una estrategia para promover la separación en la fuente, el reusó, el reciclaje, valoración y aprovechamiento de residuos ordinarios orgánicos e inorgánicos. Todo ello enmarcado en el Propósito 2: “Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática” del PDD.

Otra estrategia planteada dentro del PDD de Bogotá para aportar a la solución de la generación de RSO es emprender alianzas regionales para el compostaje uso y aprovechamiento de residuos orgánicos, involucrando la asistencia de pequeñas empresas gestoras de aprovechamiento de residuos del sector productivo y agropecuario (Concejo de Bogotá., 2020).

Actualmente la Administración Distrital viene adelantando un proyecto piloto de tratamiento de RSO, a través de una planta de tratamiento ubicada en barrio Mochuelo Alto. En un proceso anaeróbico los RO se transforman en compost que luego sirve de alimento a las lombrices rojas californianas, las cuales lo convierten en humus (abono orgánico) para luego ser comercializado por la organización de recicladores Sineambore quien administra el complejo. Este modelo piensa ser fortalecido de manera tecnificada por la Alcaldía y se planea expandir en las demás localidades de la ciudad (UAESP., 2020).

#### **4.3.1 Caracterización de los RSO en las Plazas de Mercado Distritales**

El Instituto para la Economía Social IPES administra para el Distrito Capital las 19 plazas públicas de mercado, las cuales se caracterizan como grandes generadores de residuos sólidos que tienen como composición principal los residuos sólidos orgánicos. Estos centros de acopio de alimentos producen en promedio 2.370 Tm/mes de residuos, de los cuales el 78,83% pertenecen a orgánicos que pueden ser susceptibles de transformación mediante tratamientos anaeróbicos o aeróbicos, para la producción de enmiendas orgánicas y su uso en la fertilización de suelos, sin embargo, los residuos no son aprovechados y terminan sumando

a la contaminación del Relleno Sanitario Doña Juana (UAESP., Plan de Gestión de Residuos sólidos 2016 - 2027, 2015)

En promedio se producen 14.703 toneladas/día (441 tonelada/mes) de residuos en las PMD de las cuales del 68,8% son residuos orgánicos putrescibles aptos para el beneficio y producción de enmiendas orgánicas.

Las cantidades de residuos de PMD en las localidades de Bogotá son en promedio 14.703 toneladas/día (441 tonelada/mes), con un porcentaje promedio del 68,86% de residuos orgánicos putrescibles aptos para el aprovechamiento y producción de abonos (Fundases-UAESP, 2015). En Tabla 9 se presenta la producción de residuos segregada por plaza, y muestra como el mercado de Samper Mendoza registra el mayor porcentaje de fracción orgánica con 92,5, en contraste Santander presenta la menor fracción con 43%.

**Tabla 9** Caracterización de los RSO en las Plazas de Mercado Distritales – PMD

Plaza de mercado	Localidad	Actividad comercial principal	Ocupación	Promedio de residuos generados (Tm/día)	Días de mayor generación	% fracción orgánica
Restrepo	Antonio Nariño	Agrícolas, restaurante	693/693 – 100%	2,853	Domingo, Sábado	69,26%
20 de Julio	San Cristóbal	Frutas, verduras hierbas	52/87 – 60%	1,351	Domingo, sábado y martes	79,42%
Kennedy	Kennedy	Frutas y verduras, plantas, restaurantes	170/245 – 69,38%	0,572	Domingo, sábado y viernes	67,61%
Fontibón	Fontibón	Frutas y verduras, plantas flores y mercado campesino	224/332 – 67,47%	0,667	Sábado y Martes	65,17%
Boyacá Real	Engativá	No está en funcionamiento	0%	0	-	0
Quirigua	Engativá	Verduras y cárnicos	218/222 – 98%	1,037	Domingo, sábado y martes	65,36%
Las Ferias	Engativá	Productos agrícolas y pecuarios-cárnicos	198/220 – 90%	1,023	Domingo, sábado y lunes	83,86%
7 de Agosto	Barrios Unidos	Frutas, verduras, plantas y pecuarios y	287/287 – 100%	1,400	Sábado, miércoles y domingo	71,72%

Plaza de mercado	Localidad	Actividad comercial principal	Ocupación	Promedio de residuos generados (Tm/día)	Días de mayor generación	% fracción orgánica
		cárnicos				
12 de Octubre	Barrios Unidos	Frutas, verduras, lácteos, huevos, pollo	146/304 – 48,03%	0,818	Domingo - Jueves	69,79%
Las Cruces	Santa Fe	Frutas y verduras	52/87 -60%	0,246	Lunes y martes	89,89%
La Perseverancia	Santa Fe	Frutas y verduras. Restaurantes	78/110 – 71%	0,468	Domingo y viernes	87,34%
Samper Mendoza	Mártires	Hierbas, hoja de tamal, verduras	179+200/379 – 100%	1,726	Sábado, Viernes	92,53%
La Concordia	Candelaria	Frutas y verduras, artesanías	35/56 – 62,5%	0,098	Martes, Jueves y sábado	86,49%
Santander	Antonio Nariño	Verduras, Frutas, restaurante	108/164 – 62%	0,556	Domingo	43,51%
Los Luceros	Ciudad Bolívar	Verduras, frutas, hierbas	18/128 – 14,06%	0,639	Lunes	79%
San Carlos	Tunjuelito	Restaurantes, frutas verduras	18/38 – 48%	0,085	Domingo	47%
El Carmen	Tunjuelito	Productos agrícolas y pecuarios-cárnicos	37/75 – 49%	0,376	Domingo	66%
San Benito	Tunjuelito	Restaurante, frutas y verduras	25/41 - 60%	0,232	Domingo	81%
Trinidad Galán	Puente Aranda	Verduras, frutas y restaurante	144/186 – 71,41%	0,556	Domingo, Lunes	63,18%

Fuente: (UAESP., Plan de Gestion de Residuos solidos 2016 - 2027, 2015)

### 4.3.2 Aprovechamiento de los RSO generados en plazas de mercado de Bogotá

De acuerdo con la línea base del plan de gestión integral de residuos sólidos - PGIRS de Bogotá (Secretaria habitat., 2018), a continuación, se presenta en la Tabla 10 la línea base del Plan de Gestión de Residuos Sólidos – PGIRS, para el Distrito Capital.

**Tabla 10** Línea base del Plan de Gestión de Residuos Sólidos para el Distrito Capital

Parámetro	Unidad	Información
Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados en plazas de mercado (pm) en el último año: $Aprovechamiento_{org\ pm} = \frac{361,26ton}{1.310,60ton} \times 100$ Dónde RS org generados pm (Ton) = RS org dispuestos pm (Ton) + RS org aprov pm (Ton)%	%	<u>27.56%</u> Fuente; Instituto Para la Economía Social -IPES. Año 2018. (Enero - abril). Nueve (9) plazas de mercado, son: Ferias, Quirigua, 7 de agosto, 12 de octubre, Fontibón, 20 de julio, Restrepo, Perseverancia y Samper Mendoza

Fuente: (Secretaria habitat., 2018)

La Tabla 11 expone el tratamiento de residuos sólidos orgánicos empleados en la plaza de mercado de Fontibón localizada en Bogotá.

**Tabla 11** Propuesta de tratamientos de los RSO en plazas de mercado - nivel local

Lugar	Año	Tratamiento	Producto final
Plaza de mercado de Fontibón - Bogotá	2014	Propuesta de separación en la fuente en la plaza de mercado, para realizar el tratamiento de compostaje	Abonos orgánicos generados de los RO (Salamanca, 2014)

Fuente: Propia

### 4.3.3 Corporación De Abastos De Bogotá (Corabastos)

La central de abasto más grande de Colombia y la segunda en Latinoamérica es la Corporación de Abastos de Bogotá (Corabastos). Se constituye de 420,000 m<sup>2</sup>, 57 bodegas, 6,500 comerciantes y provee a cerca de 10 millones de habitantes de Bogotá, sus ciudades aledañas y demás centrales del país. Tiene transacciones cercanas a los 24 mil millones de pesos diarios, moviliza 12,400 toneladas de alimento y hace de la papa el producto de mayor venta en su mercado con el 26%, seguido de las frutas con el 25% (Corabastos., 2017).

Las grandes transacciones comerciales generan también elevados volúmenes de desechos. En 2017, Corabastos recolectó más de 46 mil toneladas de residuos, (Corabastos., 2017) de los cuales se pudo aprovechar el 60% de los desechos mayormente en actividades de compostaje, forraje y empaques de cartón. Las labores de recuperación corrieron por parte de la Unión Temporal de Residuos Verdes - UTRV, empresa de carácter privado que además de la recolección y disposición de los residuos que se recolectan en todo Corabastos desde hace más de diez años, también se encargan la separación y beneficio de los residuos orgánicos (Osorio & Ramirez, 2019).

Corabastos también dispone desde 2016 de un Banco de Alimentos que acopia los productos que los cultivadores, transportadores y comerciantes no pueden comercializar y los donan al Banco para entregarse a cerca de 300.000 personas en estado de vulnerabilidad de la ciudad de Bogotá. En el primer año de labores se logró el aprovechamiento de 800 toneladas, mientras que para 2017 estimó que serían donadas alrededor de 1.500 toneladas de alimentos (Banco de Alimentos., 2017). Ahora bien, los productos que no son aptos para el Banco además de los que son dispuestos por los comerciantes en las calles o en los contenedores de basura, son recogidos por la UTRV para ser aprovechados en procesos de compostaje en un 70%, y en fertilizantes líquidos y alimento de ganado bovino y porcino el restante 30% (Osorio & Ramirez, 2019).

La UTRV emplea a 115 operarios y cuenta con 130 cajas recolectoras que se distribuyen a lo largo de la central de abastos, posee además 3 mini cargadores y 4 camiones para el transporte. Su objetivo es implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) en Corabastos, y una de sus funciones es facilitar el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados. Para ello la UTRV lleva al centro de acopio en Facatativá el material orgánico donde lo separa y tritura para su posterior disposición; luego es transportando a la planta de compostaje de la compañía de Control Ambiental de Colombia Ltda., que se encarga de la producción de abono para regenerar los suelos (Siatoya & Arce, 2019), (Osorio & Ramirez, 2019).

De otro lado, en 2016 Corabastos elaboró los diseños del Centro de Clasificación de Residuos y se inició el proceso de contratación de las obras de adecuación. Para año (2017) se proyectó su adjudicación y adecuación (Corabastos, 2016).

#### **4.4 Estado del arte**

La construcción de un panorama sobre el aprovechamiento de los RSO conduce a la revisión de la situación actual y su contraste con el escenario mundial. Al respecto, se debe decir que existen una variedad de publicaciones sobre el tema, elaboradas por distintos actores nacionales y foráneos que han investigado sobre el tratamiento de los RSO. Distintos estudios de entidades como los ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), la Alcaldía Mayor de Bogotá, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en el ámbito local y el Banco Mundial, el Instituto Tecnológico de Costa Rica –TEC o la Agencia de Cooperación Internacional del Japón -JICA en el contexto internacional, sirven de fuente a estudios como el Avendaño (Avendaño, 2015) quien describe el panorama actual de los residuos sólidos en los contextos mundial, nacional y distrital para comprender y analizar el programa Basura Cero implementado en la ciudad de Bogotá D.C. En su estudio identifica los actores involucrados en la problemática y evalúa sus efectos en el relleno sanitario “Doña Juana.

En su hipótesis Avendaño plantea la necesidad de impulsar estrategias del programa Basura Cero, dentro de las que se encuentra la optimización del aprovechamiento de los RS; para ello hace una revisión bibliográfica en distintas fases sobre los RS a nivel mundial, nacional y local (Bogotá), para luego realizar consultas directas con las entidades involucradas en su tema de investigación que le permitan analizar y comparar los resultados encontrados. En este sentido, el autor determina la relación entre que el crecimiento demográfico y los hábitos consumistas de los individuos agravan la situación de los RS. Así mismo afirma que la región sur de Asia se calcula como el área planetaria de mayor incremento per cápita de RS y aumento poblacional y sentencia que “tendrá una tasa de incremento de 2,95 en su volumen de RS al 2025; le siguen Asia Oriental (2,52), Medio Oriente y África del Norte (2,12), África (2,1)”.

En el entorno nacional, Avendaño asegura que Colombia “registra un incremento de 13,97% en la producción total de RS durante los últimos 10 años (período 2003 al 2013)”. En los aspectos positivos, se debe señalar el 75% de cobertura para la disposición final de RS en rellenos sanitarios; sin embargo, se puntualiza sobre la escasa construcción de plantas integrales para el tratamiento de los Residuos que responde apenas al 5% de los sistemas utilizados. Para el caso de Bogotá el autor menciona que existe una carencia de estudios técnicos, incluyendo los relacionados con los tratamientos de los residuos que impiden optimizar estos procesos.

Teniendo en cuenta lo anterior como marco del contexto general sobre los residuos sólidos y adentrándonos al tema particular de la investigación, el estudio más reciente en la central de abastos data del año 2019 y tiene como temática el Tratamiento de residuos sólidos generados en la Corporación de Abastos de Bogotá - CORABASTOS (Siatoya & Arce, 2019). El trabajo de grado aborda el tratamiento actual aplicado a los RO en la plaza de mercado, esbozando de paso un plan de muestreo para estos residuos que servirá para analizar la mejor alternativa de aprovechamiento. En cuanto a esto último, la investigación ofrece varias posibilidades de tratamiento que se separan de los métodos tradicionales de beneficio, como el aprovechamiento en fertilizantes y generación de energía a partir de la gasificación. Un dato no menos significativo que arroja el estudio es la disposición final del total de residuos sólidos para el 2017 en CORABASTOS que se exhibe en la Tabla 12.

**Tabla 12** Disposición final de residuos sólidos durante el año 2017 en CORABASTOS

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Promedio	Total
Mat. Aprovechado. (Ton)	2.911	2.448	2.930	2.847	2.980	1.721	1.716	1.706	1.595	1.787	2.188	1.998	2.236	<b>26.827</b>
Mat. Reciclado (Ton)	42	39	40	43	44	41	39	38	36	40	39	41	40	<b>482</b>
Rellenos Sanitarios (Ton)	478	702	834	810	1.526	2.372	2.040	1.963	1.800	1.927	2.262	2.412	1.594	<b>19.126</b>
<b>Total [Ton]</b>	<b>3.431</b>	<b>3.189</b>	<b>3.804</b>	<b>3.700</b>	<b>4.550</b>	<b>4.134</b>	<b>3.795</b>	<b>3.707</b>	<b>3.431</b>	<b>3.754</b>	<b>4.489</b>	<b>4.451</b>	<b>3.870</b>	<b>46.435</b>

Fuente: (Siatoya & Arce, 2019)

Sobre estos datos los autores mencionan que del promedio diario calculado a partir del total de los residuos (cifra en rojo) correspondientes a 127 Ton/día, cerca del 60% son residuos orgánicos de los cuales suponen que el 96.7 es aprovechado en procesos de compostaje, fertilizantes líquidos, energía y alimentación de ganado por parte de la UTRV, sin embargo, este dato no pudo ser confirmado directamente por Siatoya & Arce ante esta entidad.

El siguiente estudio de tratamiento de residuos orgánicos aplicados al caso de Corabastos reseñado por fecha de publicación, lo encontramos en el trabajo sobre el aprovechamiento de la cáscara de banano para la producción textil (Osorio & Ramirez, 2019), allí después de describir la problemática de los RO y caracterizar el residuo de la cascara de banano dentro del ámbito de la plaza, los autores presentan la manera de aprovechamiento como material textil biodegradable y ofrecen el desarrollo conceptual del producto donde exhiben varias opciones como la fabricación de bolsos, billeteras, mini carteras etc., salidas del procesamiento de la cascara de banano. La alternativa propuesta en el estudio lo hace no tanto desde el tratamiento de la cascara de banano, sino a nivel de desarrollo de producto ecológico, enmarcado en las tendencias de la moda. El trabajo entrega un estudio de mercado y los costos asociados al proyecto de procesamiento y producción de accesorios de moda. Un dato no menor de esta investigación en el contexto del aprovechamiento de los RO en Corabastos es el de aprovechamiento que la UTRV pudo beneficiar, el cual fue del 60% de todos los deshechos, en actividades de compostaje, forraje y reciclaje de cartón.

Por último y dentro del mismo alcance de la actual investigación, se encuentra el trabajo de maestría en Gestión Empresarial Ambiental, sobre producción de artículos de papel a partir de los residuos generados en Corabastos (Ariza., 2018). La ponencia se fundamenta en la construcción de una planta de producción de papel para el aprovechamiento de las cascara del amero de maíz, las de naranja y el cogollo de piña. La inversión proyectada en 2018 para la construcción correspondía a \$678.370.341 COP. La investigación reporta el histórico de la producción de residuos en el periodo de 2010 a 2016 como se muestra en la Tabla 13.

Según datos de la autora del trabajo de maestría “*en la actualidad se genera un promedio diario de 148 toneladas de residuos, de los cuales el 85% es orgánico, 7% reciclable y 8% dispuesto en el relleno sanitario*”.

**Tabla 13** Residuos generados Corabastos 2010- 2016

<b>Año</b>	<b>Total</b>	<b>Orgánico</b>	<b>Reciclado</b>	<b>Inorgánico</b>
2010	25583	19812	434	5771
2011	30757	24956	790	5011
2012	26681	21493	2475	2713
2013	33284	21611	1351	10322
2014	39886	20299	1112	18475
2015	34949	23309	678	10962
2016	38615	28956	551	9108
<b>Total</b>	<b>230189</b>	<b>160436</b>	<b>7391</b>	<b>62382</b>

Fuente: (Ariza., 2018).

Otros estudios como el de la plaza de Fontibón (Salamanca, 2014) son más tradicionales, al proponer el compostaje como método de procesamiento de los RSO. A lo largo de la investigación se reunieron experiencias de varias plazas de mercado de diferentes lugares, como Santa Helena (Cali), chía (Cundinamarca) o Bogotá.

“EL CACIQUE”, es una plaza de mercado ubicada en la población de Chía Cundinamarca, la cual al no tener una política de tratamiento eficiente de sus RSO, genera diversas problemáticas medioambientales, sociales culturales y económicos” (Pinto. & Suarez, 2016). Según las autoras “La plaza, fue el escenario de estudio para la construcción de una propuesta para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados allí, para fabricar productos tangibles e intangibles que ayudarían a la mitigación de impactos negativos sobre el entorno”. El trabajo de grado contempló la caracterización de residuos, un análisis de técnicas de tratamiento de acuerdo a las características de los RSO. Los resultados del aprovechamiento de los RSO arrojaron que los métodos de tratamiento no son factibles financieramente por la ineficiencia del proceso. La técnica con mejores resultados fue el compostaje con pilas que podría mejorarse si se realiza la capacitación del personal.

## 5 Metodología

La construcción de este documento se adelanta bajo la opción de grado de monografía en el que se empleará el método deductivo de investigación con la presentación de un marco general de referencia para el manejo de residuos sólidos orgánicos, los tratamientos empleados en el aprovechamiento de RSO en plazas de mercado y los avances en Bogotá como aporte.

Para presentar la situación actual del manejo de residuos sólidos orgánicos en plazas de mercado en Bogotá y las estrategias empleadas para su tratamiento, es necesario efectuar una revisión documental de los modelos de aprovechamiento sustentable emprendidos a la luz de la Gestión Integral de Residuos Sólidos definida para la ciudad.

A continuación, la exploración de artículos científicos de diferentes autores en el manejo de residuos sólidos orgánicos en América Latina y en otras partes del mundo permitirán contrastar las estrategias empleadas para el tratamiento de los residuos biodegradables y observar el estado en que se encuentra en Bogotá en el marco de la economía sustentable.

Así pues, se determinó ordenar cuatro etapas para desarrollar las actividades tendientes a lograr los objetivos planteados.

### **5.1 Revisión bibliográfica sobre RSO a nivel Nacional.**

Comprende la revisión de los informes sobre RSO realizados por las entidades y organizaciones señaladas en el estado del arte

### **5.2 Revisión bibliográfica sobre RSO a nivel Internacional.**

Esta etapa se plantea para hacer revisión de los estudios técnicos realizados por entidades u organizaciones con reconocimiento mundial que tengan experiencia en el tratamiento de los residuos orgánicos.

### **5.3 Antecedentes sobre aprovechamiento de RSO en la capital.**

Este momento está dedicado a la profundización de la investigación en los programas de la alcaldía mayor en torno al manejo y tratamiento de los RSO.

#### **5.4 Compilación y análisis.**

Se compilan los datos a nivel mundial y distrital, de los diferentes tratamientos de los RSO y se hace el análisis de la información.

### **6 Resultados y análisis**

#### **6.1 Propuestas de tratamiento para valorizar los RO de Corabastos**

Previo a la aplicación de los diferentes tratamientos a los RSO es necesario hacer un alistamiento del material para eliminar sus impurezas, esto involucra pasarlo a través de un tornillo sin fin para separar los residuos inorgánicos, luego de lo cual se libera el material de los componentes ferrosos por medio de un separador de metales, en seguida se muele para disminuir el tamaño de partícula con lo cual se facilita la transformación de la materia prima, dejando el material listo para el aprovechamiento con algunos de los procesos que se describen a continuación:

##### **6.1.1 Generación de fertilizante y energía eléctrica a partir de biogás**

Los RO originarios de la etapa de molienda se mezclan con agua previamente tratada en un mezclador, luego el flujo ingresa en un reactor de agitado continuo donde comienza el proceso de obtención de biogás pasando por las etapas de hidrólisis y acidogénesis, esta última implica una producción de ácido que puede influir en las reacciones posteriores, por lo que el rango del pH para el proceso de digestión debe estar entre 6,8 y 7,5, por esta razón la mezcla se muda a otro reactor con el fin de regular su pH e incentivar en este último reactor las etapas de acetogénesis y metanogénesis (Deublein & Steinhauser, 2008).

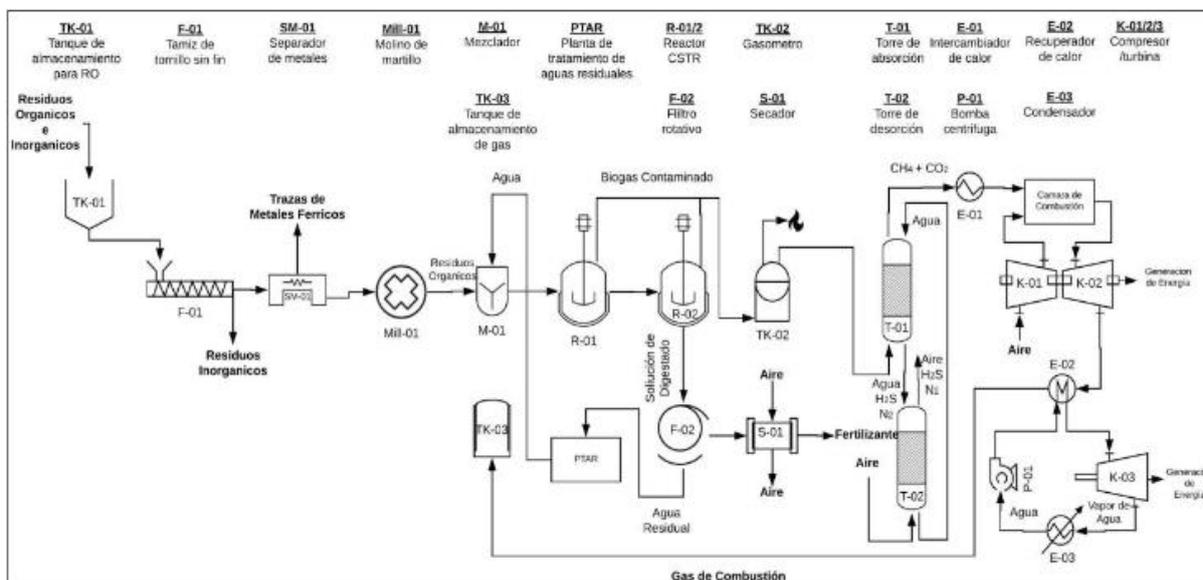
Una vez finaliza el proceso de digestión en los dos reactores se genera biogás (metano y dióxido de carbono) con trazas contaminantes que requieren ser retiradas, al mismo tiempo, el agua y la biomasa derivada de las etapas anteriores pasan por un filtro rotativo que elimina el exceso de agua de la mezcla, el agua es tratada y recirculada al mezclador, en tanto que el digestado atraviesa un secador en donde se descarta el exceso de humedad. Finalmente, el digestado seco se utiliza como compostaje para la fertilización de los suelos.

Por su parte el biogás contaminado se almacena en un gasómetro y por medio de una corriente de fuego confirma la presencia del biogás. Paso seguido, el producto entra en una torre de absorción que emplea un fluido de agua para agrupar el biogás y eliminar sus contaminantes reduciendo la concentración de ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), nitrógeno (N<sub>2</sub>) y agua. Cuando sale de allí, el biogás ha aumentado la concentración de CH<sub>4</sub>, pero se retiene vapor de agua que debe ser retirado a través de un intercambiador de calor. Los otros gases y el agua que salen del absorbedor ingresan en una torre de desorción las cuales limpian el agua y la recircularla a la etapa de absorción utilizando una corriente de aire. De otro lado, luego que el biogás pasa por el intercambiador de calor, se lleva a un ciclo combinado de calor y potencia con el fin de generar energía eléctrica y térmica (ver Figura 8) (Calventus & Casals, 2006).

### **6.1.2 Obtención de energía eléctrica a partir de la gasificación**

Los residuos de la molienda, inician un proceso de secado reduciendo la humedad a un 15% de manera que optimiza la eficiencia de la gasificación, luego de ello, la materia orgánica ingresa al reactor de conversión de gasificación a una temperatura de 600 a 800°C lo que produce cenizas y gases de combustión. Estos últimos se enfrían mediante intercambiadores de calor y agua de servicio con el fin de bajar la temperatura a la corriente de gas a 40°C, para su posterior destilación en un filtro cerámico donde se separan las impurezas, garantizando de esta manera la pureza adecuada con la carga de alquitrán, enseguida, el material es calentado por medio de un intercambiador de calor y se dispone en una cámara de combustión, empezando el ciclo compuesto de calor y potencia (CHP), haciendo que los gases de salida del intercambiador de calor del CHP se reutilicen en el proceso de secado. Posteriormente, el agua de servicio que se evapora al enfriar los gases de combustión, se reutiliza para calentar una corriente de aire ayudada de otros dos intercambiadores de calor, las corrientes de aire calentadas se mezclan y se recirculan al reactor de gasificación (Barajas, Anaya, Hernández, & Vázquez, 2009)

**Figura 8.** Generación de fertilizante y energía eléctrica a partir de biogás como producto de la biomasa



Fuente: (Calventus & Casals, 2006).

### 6.1.3 Obtención de colorante en polvo

Tratamiento empleado para tratar semillas de los alimentos, el proceso inicia con el lavado para eliminar los residuos de la pulpa, luego pasan por un proceso de molienda para obtener un producto de consistencia pastosa, con un promedio de humedad del 18%.

En la etapa de sustracción, la semilla molida se pone en el tanque de extracción, a una temperatura que no supere los 75° C, con una relación especificada sólido-solvente, ajustando también un tiempo definido de agitación. La sustancia obtenida en el laboratorio, se destila por medio de un lienzo elástico, haciendo un poco de presión, para conseguir una emulsión de color café oscuro, libre de sólido, y una torta residual. Por último, este extracto se reúne en el evaporador y de este concentrado se obtiene una muestra que se drena totalmente en una estufa, a una temperatura menor a 75° C para obtener el porcentaje del producto extraído de la semilla, con base en la humedad original de ésta. (Devia & y Saldarriaga, 2004)

### 6.1.4 Generación de Bioaceite

La materia orgánica se muele y seca con el fin de lograr una humedad inferior al 10%, enseguida se somete a una fase de pirólisis, en el que la materia prima se descompone térmicamente a temperaturas aproximadas a 500°C con ausencia de agentes oxidantes, obteniendo algunos residuos y entre el 60 y 75% de bioaceite como producto principal. La

materia orgánica se vale de la energía térmica dentro del reactor de pirólisis, para romper los enlaces químicos, como la hemicelulosa, celulosa y lignina, soltando gradualmente todo tipo de compuestos volátiles, que son extraídos mediante ciclones, para luego usarse en la cámara de combustión,. Al mismo tiempo los compuestos orgánicos que dan lugar al bioaceite son extraídos mediante la condensación y la precipitación electrostática del bioaceite. Finalmente, los gases ligeros y no condensables ( $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ) se recirculan al reactor de pirólisis, para iniciar nuevamente el proceso (Bridgwater & Peacocke, 2000) (Montoya, 2013)

## **6.2 Análisis de los resultados**

La búsqueda de información bibliográfica en el contexto mundial puso de relieve experiencias para el tratamiento de los RO poco ortodoxas y novedosas, como los documentados en Suiza, Tailandia y Costa Rica con larvas de mosca negra, sin embargo, siguen siendo los métodos convencionales como el compostaje los más utilizados en el planeta para tratar los RO, por sus bajos costos de inversión respecto de los otros tratamientos y requerir tecnología no especializada. Colombia no es la excepción a la regla, a nivel nacional y distrital, los estudios arrojan una preferencia por este tipo de alternativa con excepciones como la de Cartagena enfocada en la generación de energía eléctrica y biocombustible.

Referente al tema del actual estudio que compromete el análisis de las alternativas de tratamiento de los RSO que puedan ser aplicados a Corabastos, es necesario extraer los datos de las diferentes fuentes bibliográficas encontradas y analizarlos a la luz de los objetivos planteados en la monografía. Para ello se utilizarán como insumo de razonamiento principalmente los tres trabajos encontrados en el estudio de caso de la central de abastos, que reúnen buena parte de la información requerida y demás documentos relacionados con la central mayorista como los informes de gestión entre otros. De la documentación en general se puede decir que la información al no estar estandarizada de la misma forma (producciones de RO y aprovechamientos por año, porcentajes de RO dentro del total, cantidades absolutas dispuestas en el relleno etc...) no es comparable en ciertos aspectos, empero, sirve como complemento para inferir datos de producción y aprovechamiento de residuos.

El texto de Siatoya (Siatoya & Arce, 2019) después de entregar los datos de aprovechamiento, reciclado y disposición de los residuos totales para el año 2017, concluye que el 60% son residuos orgánicos y que el 96.7% de ellos (cifra no corroborada por los autores) es aprovechado en diferentes procesos. Entre tanto la tesis de maestría de Ariza (Ariza., 2018) para la construcción de una planta de fabricación de papel, da cuenta del histórico de residuos totales generados a lo largo de 7 años (2010-2016) y concluye que de ese total, 85% es orgánico, 7% es reciclable y 8% se dispone en el relleno sanitario; ello haría pensar que 100% del material orgánico se aprovecha pues solo el 8% del material se desperdicia, sin saber que composición tiene este último para su posible beneficio posterior.

Por último la propuesta del aprovechamiento de las cáscaras de banano entrega un dato de aprovechamiento del 60% de todos los deshechos, en actividades de compostaje, forraje y reciclaje de cartón, sin embargo no aclara que porcentaje del total corresponde a RO.

Los dos primeros estudios y en cierta forma el tercero parecieran indicar que el beneficio de los RSO se está haciendo casi en su totalidad de acuerdo a los datos, no obstante, sería necesario revisar si estos mismos datos concuerdan con el aprovechamiento que se hace en las instalaciones de la UTRV, pues más allá que las toneladas de residuos salgan de Corabastos para ser tratadas por esta empresa y en el inventario de la central mayorista figure un porcentaje pequeño de desaprovechamiento (entre el 4 y el 8% según las fuentes), si en la UTRV existe desperdicio de RSO estos irán a parar al Relleno Sanitario de Doña Juana procedentes de la misma fuente, Corabastos. También debería revisarse que tratamiento se da en la UTRV a los lixiviados procedentes del aprovechamiento del material, entendiendo que un inadecuado manejo de ellos genera problemas graves a suelos y fuentes de agua.

Conforme al análisis anterior y dada la cantidad de residuos orgánicos que restarían ser tratados, el 8% de un promedio que redondeado llegaría a cerca de 130 ton/día, es decir, 10 ton /día sería la cantidad que requeriría darle algún tipo de tratamiento, lo cual no representan un gran número que frente a alternativas a propuestas como la del montaje de una planta de papel, o el aprovechamiento de las cáscaras de banano e incluso alternativas de

producción de biogás serían insostenibles desde el punto de vista técnico, y requerirían de grandes cantidades de materia prima para su funcionamiento.

Basados en la evidencia mostrada a lo largo de esta monografía y teniendo en cuenta el dato aproximado de 10 toneladas por aprovechar, que se supondrán todas de residuos sólidos orgánicos, la alternativa propuesta es el compostaje, debido a que con respecto a otras alternativas supondría la de menor costo de inversión y funcionamiento (CONPES 3874., 2016). También deberá revisarse la opción del vermicompostaje que, de acuerdo con los volúmenes a tratar, representa una alternativa viable de ejecución. Es claro que se deben hacer los estudios de costos para revisar la factibilidad técnica de la implementación de cualquiera de estas dos alternativas, pero más allá de su resultado que puede incluso llevar a no hacer nada y seguir depositando este material en Doña Juana, no sería recomendable este último escenario, pues el hecho de tratarlas supondría dejar de llevar al relleno cerca de 3650 ton/año y convertirlas en abono orgánico para ser aprovechado o comercializado.

## Conclusiones

La consulta bibliográfica sobre los tratamientos aplicados en el mundo para el aprovechamiento de los RSO permitió vislumbrar los esfuerzos que adelanta cada país en este campo. Sin embargo, es pertinente indicar que no se encuentra información suficiente relativa a la generación, manejo y disposición de los residuos sólidos orgánicos en plazas de mercado a nivel mundial, pues los países que cuentan con ellas la levantan a nivel general, sin detallar los nichos donde más pueden producirse.

Como se ha mostrado, actualmente, el mundo genera 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos anualmente. Los países con ingresos altos que representan el 16% ciento de la población mundial, generan alrededor del 34% de los residuos del mundo, lo que equivale a 683 millones de toneladas.

En 2016 se produjeron en el mundo 1.600 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la generación de residuos sólidos, esto corresponde a cerca del 5% de las emisiones mundiales. Para el 2050 se espera que las emisiones asociadas a los residuos sólidos aumenten a 2.600 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, y que la producción diaria de desechos per cápita en los países de ingresos altos crezca en un 19% mientras que en los países de bajos y medianos aumente en cerca de un 40%.

Los residuos de alimentos y los residuos orgánicos son quienes más tienen peso en la conformación de los residuos totales a nivel planetario con un 44% de participación, siendo el compostaje el método de mayor empleo con el 33% de uso para el tratamiento de este tipo de residuos.

Para el año 2018 la cifra de residuos sólidos aprovechados en Colombia fue de 974.039 toneladas por año, siendo Bogotá quien más contribuye en este sentido con un 81%. De otro lado los residuos orgánicos constituyen el 61,5% del total de residuos sólidos generados en el país. 9,76 millones de toneladas de alimentos al año se desaprovechan en la logística de la gestión alimentaria (cosecha transporte, comercialización etc...), lo que equivale al 34% de la oferta disponible de alimentos destinada para el consumo humano.

Los centros de acopio de alimentos producen en promedio 2.370 Tm/mes de residuos, de los cuales el 78,83% pertenecen a orgánicos que pueden ser susceptibles de transformación mediante tratamientos anaeróbicas o aeróbicas, para la producción de enmiendas orgánicas y su uso en la fertilización de suelos.

Corabastos realiza transacciones cercanas a los 24 mil millones de pesos diarios, moviliza 12,400 toneladas de alimento y tiene como principal producto a la papa que representa en sus ventas el 26%, seguido de las frutas con el 25%.

En consonancia con estas estadísticas, el análisis de los RSO para CORABASTOS permitió evidenciar estudios que suponen que la cantidad de residuos orgánicos que restarían por ser tratados ronda en el 8% de un promedio que redondeado llegaría a cerca de 130 ton/día, es decir, 10 ton /día serían las sometidas a técnicas de tratamiento biológico. De lo contrario, los residuos que no son aprovechados y tratados terminan sumando a la contaminación del Relleno Sanitario Doña Juana.

Actualmente a nivel local y nacional, los métodos más tradicionales de tratamiento de residuos sólidos orgánicos son el compostaje, lombricultura y a la alimentación del ganado, sin embargo, la mayor parte del material va a los rellenos sanitarios.

Para el tratamiento del rezago de RSO generados en CORABASTOS y no tratados la alternativa propuesta es el compostaje, debido a que con respecto a otras alternativas supondría la de menor costo de inversión y funcionamiento.

## Anexo 1. Definiciones

Definiciones adoptadas por el decreto 2981 de 2013 en el marco del servicio público de aseo, relacionadas con el caso de estudio.

**Aforo:** Es el resultado de las mediciones puntuales, que realiza un aforador debidamente autorizado por la persona prestadora, respecto de la cantidad de residuos sólidos que produce y presenta un usuario de manera individual o conjunta al prestador del servicio de aseo. **Aprovechamiento:** Es la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje.

**Estación de clasificación y aprovechamiento:** Son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica, dedicadas al pesaje y clasificación de 10\$ residuos sólidos aprovechables, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos y que cuenten con las autorizaciones ambientales a que haya lugar.

**Gestión integral de residuos sólidos:** Es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables.

**Grandes generadores o productores:** Son los suscriptores y/o usuarios no, residenciales que generan y presentan para la recolección residuos sólidos en volumen igualo superior a un metro cúbico mensual.

**Plan de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS:** Es el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, basado en la política de gestión integral de los mismos, el

cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición de resultados. Corresponde a la entidad territorial la formulación, implementación, evaluación, seguimiento y control y actualización del PGIRS.

**Recolección y transporte de residuos aprovechables:** Son las actividades que realiza la persona prestadora del servicio público de aseo consistente en recoger y transportarlos residuos aprovechables hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento

**Residuo sólido:** Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables.

**Residuo sólido aprovechable:** Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo.

## Bibliografía

- ANDI. (2016). *Informe Nacional de Aprovechamiento 2016 - ANDI*. Bogotá.
- Ariza., M. L. (2018). *Análisis preliminar del sistema de producción de artículos de papel a partir de los residuos generados en Corabastos-Bogotá*. Bogotá: Universidad del Bosque. Obtenido de [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2079/Ariza\\_Moral\\_es\\_Laura\\_Camila\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2079/Ariza_Moral_es_Laura_Camila_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Avendaño, A. E. (Mayo de 2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. análisis de las ciudades de Bogotá D.C. programa basura cero. Bogotá.
- Banco de Alimentos., d. B. (2017). *Comerciantes de Corabastos - "Alimenta más, desperdicia menos"*. Obtenido de Banco de Alimentos., de Bogotá: <https://www.bancodealimentos.org.co/comerciantes-de-corabastos/>
- Barajas, P., Anaya, N., Hernández, H., & Vázquez, C. (2009). *Aprovechamiento energético de la biomasa residual del sector agrícola*. Bucaramanga. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342030280005.pdf>
- Barros, M. (2007). *Clasificación y manejo de residuos sólidos orgánicos del mercado y camal municipal del cantón Buena Fe para la obtención de compost*. Buena Fe. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/275/1/T-UTEQ-0002.pdf>
- Bogotá Limpia. (2018). *Estructura tarifas prestación del servicio de aseo*. Obtenido de <http://www.bogotalimpia.com/facturacion/>
- Bridgwater, A., & Peacocke, G. V. (2000). *Fast pyrolysis processes for biomass*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4(1), 2–6. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00007-6). doi:[https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(99\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00007-6)
- Calventus, Y., & Casals, M. T. (2006). *Tecnología energética y medio ambiente*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. Obtenido de [https://www.e-buc.com/portades/9788498802962\\_L33\\_23.pdf](https://www.e-buc.com/portades/9788498802962_L33_23.pdf)

- Castañeda, T. S., & Rodríguez, M. J. (2017). *Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca*. Bogotá. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n1/0124-7107-reus-19-01-00116.pdf>
- CENSAT Agua Viva. (2019). *Red Juan Colombia*. Obtenido de [http://www.censat.org/Red\\_Juan\\_Novedades.htm#L4](http://www.censat.org/Red_Juan_Novedades.htm#L4)
- Concejo de Bogotá. (7 de 8 de 2020). *Acuerdo 761 de 2020 Adopción del Plan de Desarrollo Distrital*. Obtenido de PDD 2020-2024: <http://www.sdp.gov.co/micrositios/pdd-2020-2024/documentos>
- CONPES 3874. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Documento*. Bogotá.
- Consortio NAM, L. (2008). *Gestión de los residuos sólidos en las plazas de mercado de Bogotá*. Obtenido de Ambiente Bogota: <http://ambientebogota.gov.co/documents/sda/Plazas.pdf>
- Corabastos. (2016). *Informe de gestión 2016*. Bogotá. Obtenido de <https://www.corabastos.com.co/sites/default/files/2020-07/InformedeGestionGerencia2016.pdf>
- Corabastos. (2018). *Corabastos informe de gestión 2017*. Bogotá. Obtenido de <https://www.corabastos.com.co/aNuevo/sitio/edeGestionGerencia2017.pdf>
- Corabastos. (2017). *Informe de gestión 2017*. Bogotá. Obtenido de <https://www.corabastos.com.co/aNuevo/sitio/edeGestionGerencia2017.pdf>;
- DANE. (2012). *Boletín trimestral*. Obtenido de Características de las instalaciones y el abastecimiento en Corabastos: [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/bol\\_abas\\_jul\\_sep12.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/bol_abas_jul_sep12.pdf)
- DANE. (2019). *Conceptos*. Bogotá. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion/conceptos>

- Deublein, D., & Steinhäuser, A. (2008). *Biogas from waste and renewable resources: an introduction*. Wiley-vch Verlag GmbH. Obtenido de [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=CJiMmmxu2tcC&oi=fnd&pg=PT13&dq=Biogas+from+Waste+and+Renewable+Resources:+An+Introduction&ots=ImhvcRhOMg&sig=fnlAI\\_2U6g8EdN3\\_20XpuG33Wmk&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Biogas%20from%20Waste%20and%20Renewable%20Resou](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=CJiMmmxu2tcC&oi=fnd&pg=PT13&dq=Biogas+from+Waste+and+Renewable+Resources:+An+Introduction&ots=ImhvcRhOMg&sig=fnlAI_2U6g8EdN3_20XpuG33Wmk&redir_esc=y#v=onepage&q=Biogas%20from%20Waste%20and%20Renewable%20Resou)
- Devia, J., & y Saldarriaga, D. (2004). *Proceso para obtener colorante en polvo a partir de la semilla del aguacate*. Universidad EAFIT., Medellín, Colombia. Obtenido de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/836/745>
- Diener, S. Z., Gutiérrez, F., Nguyen, D., Morel, A., Koottatep, T., & Tockner, K. (2011). *Larvas de mosca soldado negra para el tratamiento de desechos orgánicos: perspectivas y limitaciones*. *Actas de WasteSafe*, 2, 13-15. Suiza, Tailandia y Costa Rica. Obtenido de [https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BF/Black\\_soldier\\_fly\\_larvae\\_for\\_organic\\_waste\\_treatment.pdf](https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BF/Black_soldier_fly_larvae_for_organic_waste_treatment.pdf)
- DNP. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas., Bogotá. Obtenido de [https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida\\_y\\_Desperdicio\\_de\\_Alimentos\\_en\\_colombia.pdf](https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf)
- DNP. (2019). *Pacto por Colombia, pacto por la equidad - Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Retos, estrategias y metas*. Bogotá.
- DNP, B. (1990). *Estimación de precios cuenta para Colombia*.
- DNP. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. Bogotá.
- DNP. (2018). *Construcción y dotación de una plaza de mercado*. Bogotá. Obtenido de <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/plazademercado/PTplazademercado.pdf>
- DNP., & BM. (2015). *Estrategia Nacional de Infraestructura. Sector Residuos Sólidos*. Bogotá D.C.

- EMF, M. C. (2015). *Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe*.  
 Obtenido de  
[https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation\\_Growth-Within\\_July15.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/ElleMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf)
- FEC, p. l. (2016). 2016. *Economía Circular*. Obtenido de <http://economiecircular.org/>
- Fundases-UAESP, .. (2015). *Segundo informe de avance. Convenio 003 de 2014*. Bogotá.
- Hernando, H. c. (2014). *CONAMA*. Obtenido de Plazas de mercado en Bogotá, generadoras de residuos y desarrollo:  
<http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711446.pdf>
- ICONTEC. (2006). *GTC 53-7: Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos*. Bogotá. Obtenido de <https://docplayer.es/78626477-Guia-tecnica-colombiana-53-7.html>
- Jain, S., Newman, D., Cepeda-Márquez, R., Zeller, &., & K. (2018). Global food waste management: an implementation guide for cities. *World Biogas Association*, 37,46, 48.
- Jara Samaniego, J. (2018). *Manejo y Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de Chimborazo–Ecuador y su Potencial Uso en Agricultura*. España.
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Medellín.
- Marquez, M. A., & Reyes, S. R. (2007). *diseño preliminar de una dependencia de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del relleno sanitario de cartagena, para la generación de energía eléctrica producida por la combustión de biogás, y obtención de compost por descomposición de mat. org*. Cartagena. Obtenido de <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/816/173-%20TTG%20-%20DISE%c3%91O%20PRELIMINAR%20PARA%20LA%20CREACION%20DE%20UNA%20DEPENDENCIA%20DE%20APROVECHAMIENTO%20DE%20RES>

## IDUOS%20SOLIDOS%20URBANOS%20A%20PARTIR%20DE%20LA%20GENE RACION%20D

- Minambiente, M. d. (2008). *Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón*. Bogotá.
- Minjusticia., M. d. (1995). *Decreto 397 de 1995*. Obtenido de [http:// www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1089020](http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1089020)
- Minvivienda, M. d. (2015). *Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)*. Bogotá. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20para%20la%20formulaci%C3%B3n,%20implementaci%C3%B3n,%20evaluaci%C3%B3n,%20seguimiento,%20control%20y%20actualizaci%C3%B3n%20de%20PGIRS.pdf>
- Montoya, J. I. (2013). *Pirólisis rápido de biomasa*. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de [Retriehttps://www.researchgate.net/publication/281976634\\_Pirolisis\\_rapida\\_de\\_biomasa](https://www.researchgate.net/publication/281976634_Pirolisis_rapida_de_biomasa)
- Morales, I., Doczekal, C., Zweiler, R., Jean-Benoit, Craddock, F., Rutz, D., & y. R. (2016). *Good Practice on Segregated Collection of Food Waste*.
- Muñoz, Q. R. (2012). *Política de gestión integral de residuos orgánicos de la plaza de mercado la 21 en el municipio de Ibagué*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10613/TRABAJO%20DE%20GRADO%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Osorio, S. S., & Ramirez, C. G. (2019). *Aprovechamiento de cáscara de banano para la producción de un textil aplicado a productos de exportación*. Bogotá. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/45500/Proyecto%20de%20Grado%20->

- [%20Aprovechamiento%20de%20c%C3%A1scara%20de%20banano.pdf?sequence=2&isAllowed=y](#)
- Pinto., & Suarez. (2016). *Propuesta para el manejo de residuos orgánicos producidos en la plaza demercado de chía (cundinamarca)*. Bogotá.
- Quintana, C. D. (2011). *Una aproximación con dinámica de sistemas para explicar el modelo de degradación de desechos en rellenos sanitarios*. Bogotá.
- Ramírez, J. (2005). *Régimen legal del servicio público domiciliario de aseo*. Obtenido de <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/derecho/article/download/2542/1663>
- Ramos, A. D., & Terry, A. E. (2014). *Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas*. Cuba. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
- Rendon, J. C. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de compost (humus) basados en los desechos de la galería santa elena de la ciudad de cali*. Cali. Obtenido de [http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co:8080/bitstream/10819/1862/1/Estudio\\_Creaci%C3%B3n\\_Sólidos\\_Jim%C3%A9nez\\_2013.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co:8080/bitstream/10819/1862/1/Estudio_Creaci%C3%B3n_Sólidos_Jim%C3%A9nez_2013.pdf)
- Rodriguez, H. (2012). *Gestión integral de residuos sólidos*. . Fundación Universitaria del Área Andina., Bogotá. Obtenido de <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/518>
- Sabalza, O., & Villamizar, O. (2009). *Evaluación del potencial energético de los residuos sólidos orgánicos urbanos provenientes de las plazas de mercado y diseño conceptual de una planta de digestión anaerobia para su aprovechamiento industrial en Colombia*. Bucaramanga.
- Salamanca, E. (2014). *Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón*. Universidad de Manizales. , Manizales .
- Secretaría habitad. (2018). *Línea base plan de gestión integral de residuos sólidos bogotá d.c, PGIRS*. Bogota. Obtenido de

- adjuntos/LINEA%20BASE%20PGIRS%20OBS%20HABITAT%203.8.2018.pdf?fbclid=IwAR3kq3cD-fkEpe9o2B9hF0AJaPILox-ZpN--RiEHSV\_Y2LaXXqiIAZoUWqs
- Siatoya, R. K., & Arce, P. Y. (2019). Aprovechamiento de los residuos generados en la plaza de mercado de corabastos para la elaboración de productos de valor agregado: contexto actual, perspectiva y posibles soluciones. Obtenido de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/6708/Trabajo%20De%20Grado%2C%20Biblioteca%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silpa, K., Yao, L., Perinaz, Bhada-Tata, Van Woerden, & Frank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Obtenido de Banco Mundial: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/211329ov.pdf?sequence=11&isAllowed=y>
- SSPD. (2019). *Disposición Final de Residuos Sólidos Informe Nacional - 2018*. Obtenido de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe\\_nacional\\_disposicion\\_final\\_2019\\_1.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_nacional_disposicion_final_2019_1.pdf)
- SSPD. (2019). *Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018*. Obtenido de Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios: [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe\\_sectorial\\_aprovechamiento\\_2018.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_sectorial_aprovechamiento_2018.pdf)
- Steffen, W. R., Rockström, J., Cornell, S. F.-Z., Bennett, E. M., De Vries, W., De Wit, C. F., . . . Reyers, B. Y. (13 de Feb de 2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347, 1-10.
- UAESP. (2010). *Programa para la gestión de los residuos sólidos orgánicos para la ciudad de Bogotá D. C.* Bogotá D.C.
- UAESP. (Diciembre de 2015). *Plan de Gestión de Residuos sólidos 2016 - 2027*. Obtenido de [http://www.uaesp.gov.co/uaesp\\_jo/images/direccion/PGIRS\\_FINAL\\_18-12-2015.pdf](http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/direccion/PGIRS_FINAL_18-12-2015.pdf)

UAESP. (2019). *Proyecto de reciclaje y aprovechamiento sostenible -PRAS-*. Obtenido de <http://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/Documento%20Soporte%20PRAS%20Versio%CC%81n%20definitiva.pdf>

UAESP. (13 de Noviembre de 2020). *Inicia proceso de contratación para expandir planta de aprovechamiento de orgánicos de Mochuelo Bajo*. Obtenido de Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=7N1FkvdTTlk>