

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
CARRERA DE ECOLOGÍA**



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá

**TRABAJO DE GRADO  
Como requisito para optar al título de  
ECÓLOGA**

**IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO DE MATERIAL POTENCIALMENTE  
RECICLABLE SOBRE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO  
DOÑA JUANA EN BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.**

**ANDREA CAROLINA GUTIÉRREZ HENAO**

**DIRECTOR: JOSÉ MARÍA CASTILLO ARIZA**

**Bogotá D.C  
2014**

# **IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO DE MATERIAL POTENCIALMENTE RECICLABLE SOBRE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.**

## **Resumen**

En este trabajo de grado se presenta un análisis del impacto del manejo de residuos sólidos urbanos con el desarrollo de tres temas principales: la disposición de residuos sólidos urbanos en el Relleno Sanitario Doña Juana y aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables, instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores, y lineamientos para el aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables. Para esto, se elaboraron escenarios de modelamiento matemático en el software STELLA 9.0 para los años 2014-2020, con base en el proyecto de la Zona de Optimización Fase II que presenta la Unidad Administrativa de Servicios Públicos; adicionalmente, se realizó una revisión de las acciones que se presentan en la actualidad y un análisis comparativo de las estrategias de manejo de residuos sólidos urbanos a nivel nacional e internacional, y finalmente, los resultados obtenidos permiten la propuesta de lineamientos para el manejo de residuos sólidos en la ciudad.

## **Abstract**

This degree work presents an analysis of the impact from urban solid waste management with the development of 3 main topics: the disposal of solid urban waste in Doña Juana landfill and the use of potentially recyclable materials, responsible public institutions and recycling organizations, and the guidelines to make use of potentially recyclable materials. For this, mathematical models were developed in STELLA 9.0 software for the years 2014-2020, on base of the project from the Optimization Zone Fase II that presents the Public Services Administrative Unit (UAESP); additionally, a review of the actions presented at the moment and comparative analysis of strategies for urban solid wastes management at national and international level, and finally, the obtained results allow the proposed guidelines for the management of urban solid wastes for the city.

## **Tabla de abreviaturas**

ACOPI	Asociación Colombiana de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa
ACOREIN	Asociación de comercializadores
ANDI	Asociación Nacional de Industrias
ANIR	Asociación Nacional de Industriales de Reciclaje
ANR	Asociación Nacional de Reciclaje
ARB	Asociación de Recicladores de Bogotá
CAMCOL	Cámara Colombiana de la Construcción
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CWG	Grupo de trabajo cooperativo para la gestión de RS
CRA	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico
EDIS	Empresa Distrital de Aseo
EEA	Agencia ambiental Europea
FENALCO	Federación Nacional de Comerciantes
FONDADE	Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo
FUNDES	Fundación de Estudios Socioecológicos
GTZ	Cooperación técnica Alemana
IDEADE	Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo

IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISWA	Asociación Internacional para los residuos sólidos
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
MMA	Ministerio del Medio Ambiente de Chile
MNRC	Movimiento Nacional de Recicladores de Chile
MPR	Material Potencialmente Reciclable
MRSU	Manejo de residuos sólidos urbanos
NRDC	Natural Resources Defense Council
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
ORAs	Organizaciones de Recicladores Autorizadas
PAHO	Pan-American Health Organization
PDR	Plan Distrital de Reciclaje
PGIRS	Plan de gestión integral de residuos sólidos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RESPEL	Residuos especiales y peligrosos
RURO	Registro único de recicladores de oficio
RSDJ	Relleno Sanitario Doña Juana
RSU	Residuos sólidos urbanos
SDA	Secretaria Distrital de Ambiente
SDC	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
SDDE	Secretaria Distrital de Desarrollo
SDIS	Secretaria Distrital de Integración Social
SE	Secretaria de Educación
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SOR	Sistema operativo de reciclaje
SPD	Secretaria de Planeación Distrital
UAESP	Unidad Administrativa Especializada en Servicios Públicos
UESP	Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el desarrollo internacional
UWEP	Programa de Experiencia y Conocimiento de Desechos Urbanos

## Tabla de Figuras

<b>Figuras</b>	<b>Descripción</b>
1	Proyección de la población.
2	Porcentaje de los MPR recolectados en La Alquería.
3	RSU generados en la ciudad de Bogotá D.C.
4	Proyección generación de residuos de Bogotá D.C.
5	Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana.
6	Promedio diario/año de RSU.
7	Principales actores de la cadena de reciclaje en Bogotá.
8	Ubicación de la Zona de Optimización Fase II.
9	Mapa de Bogotá D. C y ubicación del RSDJ.
10	Diagrama de flujo de procedimiento.
11	Modelo General de Aprovechamiento de MPR y disposición de RSU en RSDJ.
12	Modelo sección: Generación.
13	Modelo sección: MPR.

- 14 Modelo sección: Disposición.
- 15 Comparación entre Generación\_RSU, TGRSU, Rechazo, KRSDJ y RSDJ en el periodo 2014-2020.
- 16 Escenarios comparativos del comportamiento de los RSU dispuesto en el RSD.
- 17 Vida útil del RSDJ.
- 18 Relación de las Fases de MRSU y las acciones que se han implementado desde los aspectos que involucran la gestión de residuos.
- 19 Estrategia jerarquizada de residuos.
- 20 Cambio de paradigma en MRSU

## Tabla de Anexos

<b>Anexos</b>	<b>Descripción</b>
1	Figuras
2	Materiales potencialmente reciclables

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>5</b>
	1.1 Problema de investigación. ....	5
	1.2 Preguntas.....	6
<b>2</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>6</b>
	2.1 General .....	6
	2.2 Específicos.....	6
<b>3</b>	<b>Marco Referencial</b> .....	<b>6</b>
	3.1Marco Conceptual .....	6
	3.2Definiciones .....	7
	3.3Marco Teórico.....	10
	3.4Antecedentes.....	21
<b>4</b>	<b>Área de estudio</b> .....	<b>22</b>
	4.1Territorial/geográfico: .....	22
	4.2Biofísico:.....	22
	4.3Socioeconómico:.....	23
<b>5</b>	<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>24</b>
	5.1Procedimiento .....	24
	5.2Métodos de recolección datos .....	25
	5.3Método de análisis de datos.....	26
<b>6</b>	<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>29</b>
	6.1Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR .....	29
	6.2Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores.....	32

6.3	Lineamientos para el aprovechamiento de MPR.....	35
7	Conclusiones .....	47
7.1	Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR .....	47
7.2	Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores.....	47
7.3	Lineamientos para el aprovechamiento de MPR.....	48
8	Recomendaciones .....	48
9	Referencias .....	49
10	Anexos: .....	49

## 1 Introducción

### 1.1 Problema de investigación.

Las actividades antrópicas han desencadenado fuertes impactos sobre la Tierra, Wilson (2003) propone cinco agentes de destrucción en el acrónimo HIPPO<sup>1</sup> del cual, las dos P hacen referencia a *pollution* y *population growth*. Partiendo de estos motores de pérdida, la generación de residuos asociada a los hábitos de consumo generan contaminación a nivel mundial (Noruega *et al.*, 2010) que se acrecienta con el crecimiento de la población humana (Muñoz *et al.*, 2009).

En Colombia, el 90,99% de los residuos generados se disponen en rellenos sanitarios, este alto porcentaje de disposición puede evidenciarse más puntualmente en Bogotá D.C, en donde se encuentra el Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ) que recibe un total de 6.848 ton/día de residuos de la ciudad y 6 municipios (Fosca, Caquezá, Choachi, Chipaque, Une y Ubaque)(Noruega *et al.*, 2010)(UAESP, 2014b).

En respuesta a la gran cantidad de RSU dispuestos en el RSDJ, se han desarrollado herramientas y estrategias como programas, leyes y proyectos por parte de la Unidad Administrativa de Servicios Públicos (UAESP), la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), y la Alcaldía Mayor de Bogotá; adicionalmente, estos entes gubernamentales han procurado la inclusión de las organizaciones de recicladores. Por ejemplo, en 2012 la Alcaldía Mayor de Bogotá publicó el programa Bogotá Basura Cero (BBC) con el fin de maximizar el aprovechamiento de los residuos y disminuir el porcentaje de disposición en el relleno; este programa promueve incluir a la comunidad con la generación de consciencia y educación ambiental en disminución de generación de residuos y separación en la fuente, además proporciona remuneración económica a la población de recicladores por su labor, asegurando la sostenibilidad técnica, económica y financiera del proyecto (UAESP, 2012).

No obstante, dichos esfuerzos solo han logrado que en la actualidad un 20% de RSU sea aprovechado con lo que se logra recuperar de material potencialmente reciclable (MPR)(UAESP, 2014), entonces, se ha tenido que recurrir a medidas como la petición de la ampliación de la Licencia Ambiental que La Corporación

<sup>1</sup> HIPPO: Acrónimo en inglés que refiere a: *Habitat destruction, Invasive species, Pollution, Population and Overharvesting*. (Wilson, 2003).

Autónoma Regional (CAR) otorgó para la implementación de la Zona de Optimización II que implica 7 años más de vida útil al RSDJ a partir de 2014.

Entonces, el presente estudio propone lineamientos para el manejo de residuos sólidos urbanos (MRSU) con base en las tendencias actuales y escenarios de modelamiento matemático que incluyen la recuperación hasta del 100% de los MPR en el periodo 2014-2020.

## **1.2 Preguntas**

### **1.2.1 Pregunta general**

¿Cuál es el impacto de la generación, aprovechamiento y disposición de residuos sólidos urbanos en la vida útil del Relleno Sanitario Doña Juana, para el periodo 2014-2020?

### **1.2.2 Preguntas específicas**

- ¿Cuáles son los impactos de la generación, el aprovechamiento y disposición de los residuos sólidos urbanos en la vida útil del Relleno Sanitario Doña Juana en el periodo 2014-2020?
- ¿Cuáles son los esfuerzos de las instituciones públicas responsables y de las organizaciones de recicladores en el aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables?
- ¿Cuál son las acciones para encaminar el aprovechamiento de los materiales potencialmente reciclables en la ciudad para el periodo 2015-2020?

## **2 Objetivos**

### **2.1 General**

Identificar el impacto de la generación, el aprovechamiento y disposición de residuos sólidos urbanos, en la vida útil del Relleno Sanitario Doña Juana, para establecer unos lineamientos que permitan encaminar las acciones de manejo de los materiales potencialmente reciclables en la ciudad de Bogotá para el periodo 2014 - 2021

### **2.2 Específicos**

- Determinar el impacto de la disposición y el aprovechamiento de residuos sólidos en la vida útil del RSDJ en el periodo 2014 -2020
- Identificar los esfuerzos de las instituciones públicas responsables y de las organizaciones de recicladores en el aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables en la ciudad de Bogotá
- Propuesta de lineamientos para encaminar las acciones de aprovechamiento de los MPR por parte de la ciudad de Bogotá en el periodo 2015–2021

## **3 Marco Referencial**

### **3.1 Marco Conceptual**

#### **3.1.1 Proyección poblacional:**

Bogotá D.C cuenta con 7. 776. 845 habitantes(2014) según la proyección del DANE, sin embargo , en el modelo se estimó la población a partir de las tasas que sugiere el mismo estudio, de 2010-2015 es de 1,35% y para 2015-2020 es de 1,24%. Así mismo, el estudio propone una estimación para el primer año de cada periodo, entonces, para 2005 es de 6.840.116, para 2010 de 7.363.782 (Fig.1(Anexos)), para 2015 de 7.878.783, y para 2020 de 8.380.801. Sin embargo, la población total real de 2005 fue de 6.778.691 (DANE, 2009).

En estudios de producción de RSU, se considera a la población como una de las variables más influyentes; pues, su relación es directamente proporcional. Por ejemplo, la producción *per capita* de RSU en la ciudad de Bogotá D.C fue de 0.16ton/año en 2005 (IDEADE, 2011) y en ese momento, la disposición final era de 1.974.240 ton/año (SDA, 2013); para el año 2013 la disposición final fue de 2.345.920 ton/año (Fig. 6(Anexos)) con una población estimada de 7.674.366 (Fig. 1). Entonces, aproximadamente un millón más de habitantes han producido 400.000 ton adicionales.

Para los estimativos que se desarrollan más adelante, se han utilizado datos de generación de RSU que ya incluyen el incremento poblacional, sin embargo, es prudente tener en cuenta que los estimativos poblacionales pueden presentar una gran variación en el transcurso de los años por diferentes factores como salud, desarrollo económico, cultura, educación, etc.

## 3.2 Definiciones

### 3.2.1 Residuos sólidos

Según la UAESP (2010), Basura es todo residuo sólido, con excepción de excretas, que no cuenta con un valor económico y necesita ser desechado y Residuos sólidos son los objetos o materiales que se abandonan o rechazan, después de ser utilizados, y que cuentan con la posibilidad de ser aprovechados y transformados para reincorporarse en el mercado con un nuevo valor económico.

Adicionalmente, los **Residuos Sólidos Urbanos** (RSU), según Hoornweg *et al.* (2012), y citando a la PAHO, son aquellos residuos sólidos, semisólidos, generados por centros poblacionales, lo que incluye los residuos domésticos, comerciales, industriales, institucionales (conteniendo a hospitales y clínicas), y limpieza pública (conteniendo las podas y los barridos). En estos RSU la IPCC incluye: residuos de comida, de jardines y parques, papel y cartón, madera, textiles, pañales y asociados, caucho y cuero, plástico, metal, vidrio, y otros como cenizas, polvo, tierra y residuos electrónicos.

### 3.2.2 Las 3R`s

Es una estrategia ambiental que busca integrar los fines económicos con los beneficios ecológicos y propone la Reducción, Reutilización y Reciclaje de RSU para la disminución en la disposición final en los rellenos sanitarios (NRDC, 2011).

Así pues, se entiende por Reducir como la menor utilización de materias primas y energía, optando por materiales renovables y la reducción de residuos en el ciclo de vida del producto (Pardavé *et al.*, 2007), para lo cual se requiere una transformación en los modelos de producción y consumo. Sugiere que fabricante opte por tecnologías limpias, menor volumen de materiales y mayor vida útil de sus productos, supone que el consumidor demandará en base de un perfil sustentable en cuanto a la elección y utilización del producto (Gaggero *et al.*, s.f).

Reutilizar, hace referencia a alguna actividad secundaria a la que se puedan someter los elementos que ya han sido utilizados, así, se gastan menos recursos y

se producen menos residuos; y Reciclar, es la transformación industrial de elementos, cuyo material es aprovechable, que permite la obtención de productos iguales o la fabricación de otros, lo que también propicia la reducción de la explotación de recursos (Gaggero *et al.*, s.f).

Esta estrategia requiere de la separación en la fuente para optimizar los procesos.

### **3.2.3 Aprovechamiento**

Decreto Nacional 2981 de 2013: en el art. 2 se define como actividad que comprende recolección de los residuos aprovechables que han sido separados en la fuente, el transporte hasta la estación de clasificación, clasificación y pesaje para la reincorporación en el ciclo económico.

### **3.2.4 Rellenos sanitarios**

Es una técnica de disposición final de los RS que consiste en confinar los desechos en el suelo tras procesos de compactación y entierro (Fernández, 2010a).

Son instalaciones cuya localidad, diseño, operación y monitoreo son garantizadas por regulaciones gubernamentales, buscan proteger el medio ambiente de contaminantes que se presentan con esta técnica de disposición como los lixiviados y los gases. En cuanto a las restricciones de ubicación, se propone que los rellenos sanitarios sean ubicados en terrenos adecuados, aquellos que no se encuentren cerca de fallas geográficas, humedales o áreas de inundación; los revestimientos deben incluir geo-membranas de arcilla compactada que recubre la parte inferior y los lados del relleno, con el fin de proteger las aguas subterráneas y el suelo subyacente de los lixiviados, para éstos últimos se requiere un sistema de recolección, tratamiento y disposición; en cuanto a las prácticas operacionales se recomienda la inclusión de coberturas de tierra para ayudar con el control de olores y plagas; adicionalmente, se debe tener en cuenta las acciones de mitigación de posibles impactos y las fases de cierre (U.S Environmental Protection Agency, 2014).

### **3.2.5 Cadena de reutilización de materiales**

Generalmente son procesos que se presentan de manera informal por organizaciones y abarca productos como envases para elementos de aseo o licores, también se presenta la posibilidad de restauración de colchones, llantas o electrodomésticos, por ejemplo, y adicionalmente, aquellos elementos hurtados como las tapas de alcantarillado, metales de los cables de las redes telefónicas o de las obras de demolición (Corredor, 2010)

### **3.2.6 Cadena de reciclaje:**

Inicia con la fabricación industrial de los elementos comerciales, continua con el usuario o consumidor que puede o no aportar en la separación de materiales según su posibilidad de aprovechamiento, sin embargo, este proceso manual está a cargo de recicladores que extraen los materiales con potencial de reciclaje, posteriormente tres o cuatro actores adicionales se encargan de su alistamiento y comercialización brindando valor agregado al material, y el cliente final es quien determina el precio de adquisición y el destino que hasta puede llegar a ser la importación (UAESP, 2011b).

Corredor (2010), propone seis pasos o actividades que se realizan comprendiendo el sector formal e informal y una actividad transversal a cada actividad que es la comercialización:



## 1. Generación

La mayoría de las actividades antrópicas (personas o empresas) generan residuos sólidos y se conocen como productos post-consumo si fueron generados en actividades de utilización, o post-industria cuando son generados en el proceso de producción (Corredor, 2010).

Así, los actores pueden clasificarse en tres: sector residencial, sector no residencial y multiusuarios. El primero comprende todas las personas que en su actividad residencial generan residuos, y a todos los locales pequeños. El segundo son las personas cuya actividad comercial o industrial genera residuos; pueden clasificarse en dos: pequeños productores (aquellos cuyos residuos son menores a un  $1\text{m}^3/\text{mes}$ ), y grandes productores (aquellos cuyos residuos superan el  $1\text{m}^3/\text{mes}$ ). Finalmente, el tercer actor, representa agrupaciones en unidades inmobiliarias, como conjuntos residenciales o centros comerciales, que presentan sus residuos de forma conjunta.

Si los materiales post-consumo no son separados correctamente, pueden perder gran parte de su valor y salir de la cadena de reciclaje (Corredor, 2010).

## 2. Recuperación

Esta actividad genera gran interés gracias a factores como el aumento en la demanda de material recuperado consecuencia del aumento del potencial de aprovechamiento o reintegración en los procesos productivos, la capacidad de absorción industrial que ha aumentado, el desarrollo de nuevos productos con materia prima recuperada, y el incentivo de exportación (Corredor, 2010).

Adicionalmente, la separación y aprovechamiento de materiales se ha venido trabajando en educación y publicidad con más intensidad y frecuencia a través de políticas, capacitación para los usuarios y recicladores, y con la organización del sistema de reciclaje. Tanto la población de bajos recursos o desplazados y la población de profesionales y capitalistas han encontrado una alternativa económica en el manejo de residuos. Incluso, el lavado de activos se ha visto beneficiado por la informalidad de la cadena.

Actualmente, aproximadamente 3000 asociados en más de 50 organizaciones se encargan de esta actividad a pesar de las dificultades o riesgos que esta actividad presenta (Corredor, 2010).

## 3. Recolección y transporte

Una vez terminado el primer filtro de separación, los materiales son transportados a centros de acopio o bodegas para su comercialización.

Los medios de transporte pueden variar según el tipo de tracción humana, animal o motor y a esto se le asocian factores como la capacidad en peso que para el primero son 500Kg, para el segundo 1500K y para el tercero 5000K. El valor agregado del material se lo da la clasificación y el transporte a las bodegas de almacenamiento (Corredor, 2010).

## 4. Almacenamiento

Las bodegas de almacenamiento se clasifican en primarias, secundarias y especializadas. Las primeras se caracterizan por ser informales, abarcan bajas cantidades de material, compran directamente al reciclador, y la forma en que se mantienen en las bodegas hace que presenten mayor grado de contaminación y menor calidad y precio. Generalmente estas bodegas

venden a las secundarias que cuentan con mayor capacidad económica y de almacenamiento, y venden directamente a la industria; sin embargo, estas bodegas también adquieren el material por compra directa a recicladores y se encargan de algunos procesos pre-transformación como retiro de tapas o etiquetas. Finalmente, las bodegas especializadas por tipo de material que le compran directamente a las secundarias (Corredor, 2010).

#### 5. Pre transformación

Consiste en la clasificación y alistamiento de materiales con la implementación de tecnologías que requiere capacitación.

Para los plásticos, la clasificación se presentará específicamente más adelante pero en resumen, se separan por color y calidad; en cuanto al papel y cartón, se alistan retirando portadas y lomos de revistas o libros que, por lo general, son plastificadas o presentan pegante, ganchos o hilo; y con respecto al vidrio, el principal proceso es la trituración tras una previa clasificación por color (blanco, café o verde) (Corredor, 2010).

#### 6. Transformación

La materia prima pre-transformada se comercializa en industrias, que en algunos casos se encargan de mezclar la con materia prima virgen, como es el caso del papel y del vidrio. Con la generación del material final se comercializan los productos por medianas industrias (Corredor, 2010).

### **3.2.7 Cadena de valor del reciclaje:**

Comprende el tratamiento post-consumo, investigación, minimización, aprovechamiento y la incorporación en la cadena productiva, como eslabones para el reciclaje del material. Cada material presenta pasos específicos que deben ser considerados para la utilización posterior del material e incluye procesos tanto manuales como industriales que permiten la valorización del mismo (UAESP, 2011b). La descripción de la cadena de valor del reciclaje se desarrolla más adelante para cada MPR.

En cuanto a la participación de los recicladores, se conoce que, por la falta de organización, es muy baja; pues, su capacidad para agregar valor a los MPR no es significativa en comparación a otros actores de la cadena. Para la industria, que es el último eslabón, es más factible la compra de material procesado, por eso deben acceder a las ofertas de los intermediarios y no de los recicladores (IDEADE, 2011).

## **3.3 Marco Teórico**

### **3.3.1 Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR.**

#### **3.3.1.1 Residuos sólidos urbanos**

Como se mencionó anteriormente, la población es uno de los factores principales a tener en cuenta para el estudio de RSU, no solo por su relación directamente proporcional, sino también por la influencia de este actor en las diferentes etapas de MRSU. Por ejemplo, entre los principales problemas de los RS se encuentra la salud pública acompañada de problemas ambientales, y económicos.

La disposición y manejo de los residuos expone a la población a contaminantes, plagas o virus que pueden generar en el corto, mediano y largo plazo la aparición de

enfermedades como cólera. En cuanto a el efecto de los RS en el medio ambiente, se tiene que el objetivo de disposición siempre ha sido alejar los RS de las ciudades y anteriormente la vía más rápida, fácil y económica eran los cuerpos de agua, pero sus impactos han generado, no solo la degradación de lagos, ríos y mares sino también, contaminación atmosférica y de suelos. El impacto del MRSU sobre los porcentajes de contribución al calentamiento global cada vez es mayor, pues las prácticas continúan con la emisión de gases (como el metano). Las estrategias de MRSU han estado en caminadas hacia la quema o la disposición en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto, pero con el tiempo se ha podido comprobar que los efectos en la atmosfera, los suelos y el agua siguen siendo negativos. Finalmente, en cuanto al valor de los recursos, se puede partir del hecho de que la mentalidad ha cambiado desde la industrialización, donde la generación de residuos era mínima gracias al máximo aprovechamiento de los recursos, la implementación desde prácticas de reutilización y la concepción de que las cosas podían ser reparadas en lugar de desechadas rápidamente (UN HABITA, 2010).

Un estudio realizado en El Centro de Reciclaje La Alquería, mostró que del total de residuos sólidos generados en la ciudad, es recuperado un 20% que corresponde a MPR. Entre esos materiales se tienen en cuenta el papel y cartón, el plástico, el vidrio y los metales; en la Fig. 2 (Anexos) se muestra el porcentaje de cada material en el 100% del material recuperado (UAESP & JICA, 2013). Las Fig. 3 y 4 (Anexos) muestran la generación de RSU desde el 2010 hasta el 2035, datos que presentan una tendencia negativa, pero a pesar de ello, no es significativa para los resultados que se pretenden alcanzar y que demanda la vida útil del RSDJ. Es decir, desde 2015 hasta 2021 se estima una generación total de 21.987.986 ton y la última aplicación del RSDJ presenta una capacidad de 11.000.000 ton aproximadamente (UAESP & JICA, 2013; UAESP, 2014).

De las 6.665 ton de RSU generadas en 2012, 5.296 ton correspondieron a residuos industriales y residenciales de los que se pudieron reciclar 357 ton; del total de residuos que corresponden a residentes e industriales, el 60% eran residuos orgánicos, y 20% de MPR, en cuanto a los restaurantes y establecimientos comerciales el porcentaje de MPR aumentaba de 25-46%. El restante de RSU generados correspondió a plazas de mercado, escombros, podas de árboles y corte de césped (UAESP & JICA, 2013).

### **3.3.1.2 Rellenos Sanitarios**

Los rellenos sanitarios son la alternativa más común a nivel mundial para la disposición de RS, y según Fernández (2010), entre las principales ventajas de esta práctica se encuentra: que es el método más rápido para disposición de RS; el reducido capital que debe invertirse en las fases de desarrollo (planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento), en comparación con otras prácticas como incineración o compostaje; la capacidad de almacenar cualquier tipo material sin presentar problemas de cenizas o materiales no susceptibles a descomposición; la recuperación de gases como fuente de energía alternativa (Elwan, *et al.*, 2013); su ubicación puede ser relativamente cerca al área urbana, reduciendo costos de transporte y contaminación (GA, 2013); y la generación de empleo con mínimo requerimiento de capacitación. Además, se han presentado casos en los que el terreno en el que se desarrolla el relleno puede ser cubierto y recuperado en zonas aptas para construcción o diseño paisajístico (GA, 2013; Okkacha, *et al.* 2014).

Sin embargo, esta práctica para el MRSU presenta varias críticas. Las más relevantes están relacionadas, como se mencionó anteriormente, con la contaminación ambiental; pues por un lado, presenta un alto riesgo de impactar negativamente los cuerpos de agua aledaños (con mayor incidencia en aguas freáticas) y suelos, por acción de los lixiviados que se filtran al contar con un inadecuado manejo (que además pueden ocasionar incendios y daño a la vegetación) (Abd El - Salamet *et al.*, 2014) , y por otra parte, su incidencia en la contaminación ambiental se relaciona con malos olores y gases contribuyentes al efecto invernadero, aunque, para el tratamiento de los gases existen algunas alternativas de control (Lombardia *et al.*, 2011; GA, 2013; Omar, *et al.*, 2012). Adicionalmente, presenta requerimientos en la operación técnica relacionada directamente con la expansión urbana y la necesidad de ampliar la zona de disposición o de implementación de técnicas de asentamiento para ampliar verticalmente la capacidad (Ronget *et al.*, 2011), también, con control diario de plagas y lluvias, con los camiones de transporte (por su gran tamaño) y las rutas de recolección que pueden generar tráfico en la ciudad, y con el bajo ingreso económico que se le ofrece a los trabajadores. A lo anterior se le agrega el aspecto visual del relleno en operación que no es agradable y afecta a la población cercana; además, la fase de transformación post-cierre, generalmente, presenta falencias por que la cantidad de contaminantes de la zona no permite la reconstrucción del paisaje o la ocupación de espacio (Fernández, 2010; GA, 2013; Omaret *et al.*, 2012; Okkachaet *et al.*, 2014).

### **3.3.1.3 Relleno Sanitario Doña Juana**

El RSDJ inició en 1988 como propiedad de Bogotá D.C, bajo el contrato de concesión que la EDIS firmó con la empresa PROSANTANA, y con la administración actual de la UAESP (SCS Engineers, 2007), desde 2011 se encuentra en operación la Zona de Optimización Fase 1. En la Fig. 5(Anexos)se puede observar el aumento anual en la disposición de los residuos en toneladas, estos datos no incluyen el aporte de los municipios que tienen contrato con el RSDJ, sólo se tiene en cuenta a Bogotá.

En la operación del relleno se utiliza el 37.15% del área total, es decir, 189.69ha., y esta área está dividida en 8 Zonas. Desde el año 2007 al UAESP ha iniciado procesos de adquisición de 94.46ha para la Zona de amortiguamiento y 15.05ha para la Zona de Optimización VIII, así, el área total del relleno ascendería a 594.92ha. La de la Zona de Optimización Fase I, fue aprobada en 2008 y para operación dese 2011 hasta 2015, con una superficie de 35ha y una capacidad de 9.295.915 ton(UAESP & JICA, 2013), esta zona se ubica en el corredor entre la Zona VII y la Zona VIII.

El registro histórico muestra como se ha incrementado la generación de RSU, y para 2013 se tiene una disposición de 6.848 ton/día, como se muestra en la Fig. 6. Ese año se calculó un promedio de 20% de material recuperado, entonces y según el promedio mensual, el porcentaje de toneladas dispuestas en patios de aprovechamiento fue 1.88 (para 2012 fue de 1.52) (UAESP, 2014b). Finalmente, en julio de 2014 la CAR otorgó la ampliación de Licencia Ambiental a la UAESP para operar con la Zona de Optimización Fase II (Fig. 8 (Anexos) que consta de 41.52 Ha, 4 terrazas, un dique de 20m para la separación entre el relleno y la población aledaña, y una vida útil de 7 año más (2014-2021) (UAESP, 2013).

Los principales problemas asociados a los rellenos sanitarios son el tratamiento de los lixiviados y su escorrentía, pues amenaza los suelos y el nivel freático, y las

descargas de gas metano que amenazan la atmosfera. Adicionalmente, la enorme producción diaria de residuos está acabando con la tierra disponible para el entierro de materiales (Lehmann, 2010).

#### **3.3.1.4 Cadenas de reciclaje de los MPR**

A continuación se desarrolla una breve descripción de la cadena de reciclaje del Papel & Cartón, Plástico, Metales y Vidrio, con el propósito de mostrar las posibilidades financieras que rodean a cada material.

Post-consumo el **papel** puede ser desechado como basura o ser reciclado en centros de acopio, bodegas, bodegas especializadas y la industria. La tasa de recuperación del papel es de un 48%, sin embargo al RSDJ llegan aproximadamente 380 ton/día valorizadas en \$76.000.000 COP. Gracias a estudios que la Andi ha realizado, se logró determinar que para la producción de una tonelada de papel o cartón son requeridos 700 kilos (0.7ton) de material reciclado (UAESP, 2011b). Algunas de los principales factores que afectan los costos de reciclaje están relacionadas con la deficiencia en la clasificación, rechazo del 15% del material, y el contenido de ganchos, pegantes o tintas. El reciclaje no supe la demanda nacional y la producción nacional presenta algunas características, como el tamaño de las fibras o la insuficiencia en la producción, que aumentan la necesidad de recurrir a importaciones (UAESP, 2011b).

Para el **plástico**, inicia con la recolección, separación o clasificación y alistamiento para la venta, que generalmente es la limpieza, y continúa con la comercialización, peletización o granulado del plástico. La llegada de material al RSDJ oscila entre los nueve y once ton/día demostrando la estabilidad en el mercado, en comparación con el papel y el vidrio. Sin embargo, en 2005 llegaba un promedio de 870 ton/día de material desaprovechando y se perdían aproximadamente \$261.000.000 COP (UAESP, 2011b).

El **vidrio** post-consumo, es recuperado vendido para ser lavado y triturado para nuevamente ser vendido por kilos, empresas como Conalvidrios y Peldar, se encargan del procesamiento de este triturado y es donde comienza y termina el ciclo del material (UAESP, 2011b). Un estudio realizado por la Universidad de los Andes muestra que aproximadamente que en 2005 se generaban 144 ton/día en Bogotá, al RSDJ llegaba un aproximado del 2% del total de los residuos y, se calcula que al relleno llegaban 5.700 ton/día, entonces, estaban llegando 113 ton lo que da entender que solo se aprovechan 31 ton/día de vidrio (UAESP, 2011b). Peldar informa que se compran 100.000 ton a \$50.000 COP (sí el material está sucio se compra a \$45.000 COP), entonces, como las cifras e inferencias anteriores, \$5.650.000 COP se perdieron diariamente durante ese año. La cadena se ve fuertemente influenciada por las variaciones en el precio, pues los recicladores de oficio dejan de coleccionar el material si el precio es muy bajo (UAESP, 2011b).

Finalmente, para los metales la cadena inicia con la recuperación de los elementos que contienen el material, se clasifica y se lleva a chatarrerías o a centros de acopio, encargados de comercializarlo con la industria y es un mercado establecido que permite que pocas cantidades lleguen al RSDJ, no alcanza el 1% del total de residuos, a pesar y en contraste con lo referido a Corredor (2010) anteriormente. Adicionalmente, se conoce en que en mercado, por las 38 ton/día dispuestas en el relleno, se ofrecían \$114.000.000 COP (UAESP, 2011b).

En la Fig. 7 (Anexos) se presentan las principales entidades públicas y privadas que se relacionan con la cadena de reciclaje de Bogotá (Corredor, 2010). Esto permite corroborar la organización en el MRSU, así mismo, la capacidad de cooperación de los agentes correspondientes.

### **3.3.1.5 Modelamiento dinámico**

Los RS y su tratamiento son temas en los que cada vez se presentan más estudios y propuestas; las simulaciones se han empleado desde 1949, con el desarrollo del concepto en base a Shannon que en 1975 definió las simulaciones como “el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema” (González-Bustos, 1998).

Para obtención de modelos matemáticos existen dos procedimientos, uno de los cuales es el **análisis experimental** que consiste en la toma de datos directamente del sistema, describiendo el comportamiento de este a lo largo del tiempo. Después de esto, se efectúan experiencias para resolver situaciones sobre el sistema representado en el modelo (González-Bustos, 1998).

La implementación de simulaciones presenta una serie de ventajas como facilitar la comprensión de los sistemas y la experimentación con el mismo sin que se vea afectado; pero también presenta varios inconvenientes como la no inclusión de una variable o elemento que conduzca a que los resultados del modelo no sean verídicos, y la dificultad de conocer la imprecisión de los resultados obtenidos (González-Bustos, 1998). Por esta razón, se formuló un modelo que permitiera delimitar las variables lo más posible, y la selección de los datos se hizo cuidadosamente y de fuentes oficiales.

La modelación se realizará con STELLA Versión 9.0, es un software de sistemas dinámicos que utiliza ecuaciones representadas por *stocks* y *flows*. Ha sido utilizado para la comprensión de las dinámicas poblacionales y flujos económicos. Los *stocks* representan la unidad de balance que cambia con el tiempo, los *flows* son flujos o cambios positivos o negativos, los convertidores representan parámetros de entrada, y las flechas son las relaciones matemáticas entre los elementos (Rizzo *et al.*, 2006; Constanza *et al.*, 1998).

El resultado son tablas y graficas de fácil entendimiento visual. Este programa se eligió por la intención de mostrar resultados de mejor y práctico entendimiento, por el tamaño de la muestra, y porque es una herramienta que ofrece la carrera de Ecología (Rizzo *et al.*, 2006; Constanza *et al.*, 1998).

## **3.3.2 Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores.**

### **3.3.2.1 Instituciones públicas**

En el marco del MRSU se han establecido entidades competentes, actualmente se realiza un trabajo en conjunto entre la UAESP y la SDA, y cuentan con el apoyo de entidades como Aguas de Bogotá. Así pues, el Artículo 116 del Acuerdo Distrital 257 de 2006 establece que la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP es “una entidad del orden distrital del sector descentralizado por servicios, de carácter técnico y especializado, con personería jurídica, autonomía administrativa y presupuestal y con patrimonio propio, adscrita a la Secretaría Distrital de Hábitat, la cual tiene por objeto garantizar la prestación, coordinación, supervisión y control de los servicios de recolección, transporte,

disposición final, reciclaje y aprovechamiento de los residuos sólidos, la limpieza de vías y áreas públicas; los servicios funerarios en la infraestructura del Distrito y el servicio de alumbrado público”.

Adicionalmente, la Secretaria de Planeación Distrital (SPD) que está encargada de la formulación de políticas y planeación territorial, social, ambiental y económica de la capital (Corredor, 2010).

Finalmente, la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA) está encargada de la formulación de políticas ambientales y aprovechamiento sostenible de los recursos ambientales y del suelo, teniendo en cuenta la relación con adecuada con la población; una de sus funciones principales es “Realizar el control de vertimientos y emisiones contaminantes, disposición de desechos sólidos y desechos o residuos peligrosos y de residuos tóxicos, dictar las medidas de corrección o mitigación de daños ambientales y complementar la acción de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - EAAB- para desarrollar proyectos de saneamiento y descontaminación, en coordinación con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos” (SDA, 2014). Una de sus campañas es la ‘Ecolecta’ que promueve la entrega voluntaria y gratuita de RESPEL.

### **3.3.2.2 Organizaciones de recicladores**

En Bogotá D.C, e inclusive a nivel nacional, se han consolidado organizaciones de recicladores (GAIA, 2012), entre las organizaciones predominan formas como las pre-cooperativas, cooperativas de trabajo asociado, microempresa, entre otras, que generalmente se encargan de mediar con todos los actores de la cadena de valor asegurando el mayor beneficio para todas las partes. Así es como a finales de los 90’s, se creó una entidad sin ánimo de lucro que busca integrar a las organizaciones, con el fin de brindar un reconocimiento, mejorar las fuentes de ingreso y se conoce como la Asociación Nacional de Recicladores –ANR; para 2011 ya había más de 100 organizaciones inscritas que se han dedicado a la gestión ambiental desde proyectos de producción más limpia, mejoramiento de la calidad de vida de los trabajadores, y fortalecimiento de la legislación correspondiente, logrando reconocimiento en su aporte a la sostenibilidad social y conservación de ecosistemas (Aluna Consultores Limitada, 2011).

En la ciudad de Bogotá D.C se ha establecido La Asociación de recicladores –ARB, compuesta por 23 organizaciones, cuenta con el certificado de calidad ISO NTC 6001, y sus principales objetivos son el mejoramiento de las condiciones de vida de los recicladores en sectores de vivienda, trabajo, educación, cultura y salud, a través del establecimiento de políticas y normas que permiten mejorar el sistema y los procesos operativos y administrativos, logrando productos más eficientes (Aluna Consultores Limitada, 2011).

En 2002, la ARB interpuso una tutela con la Sentencia T-724/03 contra el Distrito Capital y la UESP por desconocimiento de las prácticas de buena fe que realiza la asociación. Esta tutela apela la discriminación a la que se han visto sometidos los trabajadores de la ARB, pues consideran que el sistema que se empleaba para el MRSU no permitía la prestación formal del servicio y, adicionalmente, que se había diseñado con interés de favorecer solo a un grupo de personas con alto poder económico, que pone en competencia con la población vulnerable y marginal que conforma la Asociación. Las peticiones de la Sentencia están encaminadas a la suspensión de la Licitación No. 001 de 2002, con el fin de otorgar participación efectiva de los recicladores organizados en la ciudad. A continuación, el Juzgado negó la tutela solicitada pero manifestó la necesidad de inclusión de los recicladores en la contratación de servicios públicos de aseo, generando condiciones de

igualdad, propiciando cumpliendo lo deberes del Estado y motivando a la no reincidencia en la omisión de la Licitación No. 001 de 2002; resuelve conceder amparo al trabajo e igualdad de los actores, protegiendo los derechos de los vulnerados, además solicita a la Procuraduría General de la Nación que aguarde el cumplimiento.

Esta Sentencia se ha visto respaldada por normativa como el artículo 82 del Decreto 2981 de 2013, determina la importancia de la integración de la comunidad de recicladores en el manejo de RSU con el fin de mejorar sus condiciones de vida; adicionalmente, el artículo 88 del mismo Decreto, en donde se presenta el PEGIRS, establece la incorporación de manera permanente de acciones a favor de la población recicladora. Los recicladores de oficio (*waste pickers*) son los actores de mayor influencia en los procesos de reciclaje, y actualmente, países de la región como Brasil, Ecuador, Chile, Perú y Bolivia, han formalizado a los recicladores, con medidas que adoptan los gobiernos que logran mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Un aporte importante a este proceso fueron las alianzas internacionales y la participación en la Red Latinoamericana de Recicladores, por ejemplo, pues allí, han tenido la posibilidad de construir conocimiento basado en las experiencias de cada país (MMA, 2011).

A continuación traigo a colación ejemplos internacionales con la intención de mostrar los procesos que se desarrollan en ciudades que presentan áreas o tamaños poblacionales inclusive más grandes que las de Bogotá, y que cuentan con un grupo organizado de personas que han encontrado en la recuperación de MPR una alternativa económica, y que con el pasar del tiempo, se han dado cuenta del aporte que generan ambiental, social y sanitariamente.

Entonces, en **Santiago, Chile**, existe el Movimiento Nacional de Recicladores, que cuenta con la participación de 60 mil y 100 mil recicladores base que logran el reciclaje de un 14% de los residuos (en la página web del Movimiento, a pesar de que no indican a qué año corresponden, traen a colación datos de México y Colombia, para el primero se estiman más de 15 mil recicladores y un 15% de reciclaje, y para el segundo, un estimado de 300 mil recicladores y un 29% de reciclaje) (MNRC, s.f); este movimiento ha propuesto el 'reciclaje con inclusión' que básicamente hace referencia a la importancia de la integración del reciclaje en el sistema de manejo de basuras, debaten la necesidad de implementación de nuevas tecnologías que logren optimizar su trabajo, no reemplazarlos, y finalmente, apelan la necesidad de reivindicación social con respecto a su denominación, es decir, buscan cambiar la mentalidad colectiva de que son 'cartoneros', 'basureros' o 'guajeros' que no cuentan con un conocimiento técnico del MRS como si lo hacen los 'recicladores'; todo esto bajo el Proyecto Ley General de Residuos incluyendo a recicladores, propuesta en 2010. En contexto, para 2009 la generación de RSM (denominado residuos sólidos municipales- RSM por la división política del país, entiéndase de la misma manera que el término RSU empleado en este trabajo) fue de 6.5 millones de ton; la capital generó 70.690 ton/año (CONAMA, 2010)

**Pune- Estado Maharashtra, India** desde hace 20 años los recicladores han conformado organizaciones cuyo objetivo es la protección de los derechos de los trabajadores y el mejoramiento de la calidad de vida, y servicio a la comunidad; su principal estrategia de trabajo es la recolección puerta a puerta, separación en la fuente y la distinción de los residuos orgánicos, convirtiéndose en los pioneros en la



más extensa recuperación y mayor rigurosidad en el programa *zero waste*<sup>2</sup>. Esta ciudad cuenta con un área de 700km<sup>2</sup> y 3.115.431 habitantes (GAIA, 2012).

Otro caso es el de **Hernani-Provincia Gipuzkoa, España**, en donde la población presentó oposición frente a la creación de dos incineradores para adicionarlos al MRSU, e hicieron la propuesta de recolección puerta a puerta de RS separados en la fuente, logrando reducir un 80% de RS que llegaban al relleno sanitario. Esta ciudad cuenta con 19.300 habitantes que producen 500 ton/mes (GAIA, 2012).

### 3.3.2.3 Reciclaje Informal

Se trata de la recuperación de los residuos dispuestos en bolsas o canecas en las calles, por dicha función se denominan *Recuperadores* a las personas que ejercen esta actividad pero como son popularmente conocidos como *Recicladores*, en este documento se empleará este último término.

En contexto, se tiene que por acción de conflictos económicos, políticos y militares, a lo largo de varios años y en todo el país, se presentan desplazamientos forzados especialmente en los departamentos de Antioquia, Norte de Santander, Pacífico y Putumayo; frente a ello, el gobierno ha tomado decisiones importantes en cuanto a la normativa que compete, sin embargo, los resultados en la realidad no han podido evidenciarse de la manera en que se esperaba y se relaciona principalmente con la falta de información oportuna para las autoridades civiles, con corrupción en los procesos de restitución de tierras, por ejemplo, y con el incremento de la explotación de recursos naturales como oro, carbón e hidrocarburo, además de los cultivos para la generación de combustibles; lo que ha dejado cifras de 260.000 personas desplazadas en 2012 de las cuales 31.650 llegaron a Bogotá, aproximadamente (CODHES, 2012). A la llegada de población desplazada a Bogotá, se le suma la falta de empleo, que para finales del año pasado reportaba cifras de 1.750.000 personas inactivas económicamente y 396.195 personas desocupadas (Secretaría de Hacienda, 2014).

Entonces, el reciclaje es un proceso que se realiza a pequeña escala, llevado a cabo por poblaciones vulnerables que ven en esta actividad una posibilidad de sustento, como una opción de vida, conscientes de las afectaciones en salud e integridad con una ganancia muy baja y que varía diariamente. Al ocupar el nivel jerárquico más bajo en la cadena de valor, su remuneración se representa en un 5% del total que obtiene la industria, por los materiales, al final de la cadena (IDEADE, 2011). A inicios del milenio, la población de recicladores oscilaba en 9.900 -10.000 individuos y en 2010 se registró un aproximado de 11.100, de las se calcula un 37% correspondiente a niños y adultos mayores. Así mismo, el estudio reveló que el 68% de la población ha realizado esta actividad por más de 6 años, y sólo un 18% de la población se encuentra vinculada a alguna asociación. De la misma manera, se estima que la recolección es de 33kg-persona/día (IDEADE, 2011; UAESP & JICA, 2013).

El reciclaje, trabajado en organizaciones o de manera independiente, es una actividad que, en su desarrollo, ha presentado, lo que el IDEADE (2011) denomina, áreas críticas y que parten, principalmente, de su informalidad derivando problemas de exclusión, afectaciones ambientales, ineficiencia de los programas o falta de

---

<sup>2</sup> *Waste pickers-WP*: término que se acuñó de la consulta de experiencias internacionales y que se considera el término que diferencia al concepto –reciclador de - cartonero, -charrero, -guajero (algunos de los términos utilizados en países latinos) pero que no encierra la totalidad de las funciones que realizan estas personas. WP sólo refiere al acto de recoger la basura pero los recicladores de oficio organizados en Colombia, también se encargan de la optimización de la cadena de valor, procurando la separación adecuada garantizando mayor aceptación en los centros de acopio, por ejemplo.

apoyo económico. Así pues, primero, partiendo del no reconocimiento del aporte y utilidad del reciclaje, los trabajadores se han visto afectados con el sometimiento a discriminación por parte de la comunidad que ve este acto como delincuencia y que rechaza su participación en cualquier ámbito, y con la inequidad en la repartición del coste que obtiene el material al final de la cadena de valor convirtiéndose en la imposibilidad de alcanzar una vida digna; el rechazo por la comunidad también se encuentra ligado al inadecuado manejo que algunas personas hacen de las basuras con acciones como la separación en el espacio público y el mal manejo de las bodegas de almacenamiento o centros de reciclaje. Segundo, los ciudadanos no desarrollan adecuadamente el plan de separación de basuras que ha planteado el gobierno y, mucho menos, cuentan con una conciencia de reducción en la generación de RSU. Finalmente, el gobierno no ha considerado la posibilidad de generar incentivos económicos para los usuarios que promuevan la reducción de residuos y la separación en la fuente, y en cuanto a las tarifas de los recicladores, no se ha implementado el pago por peso que ellos requieren (IDEADE, 2011). Esta exclusión a nivel económico y social, parte de la informalidad o la desorganización que no permite que su trabajo sea reconocido monetariamente o en función de los beneficios que ofrecen a la ciudad (IDEADE, 2011); Se han identificado varios aspectos relacionados, entre ellos, la gran cantidad de personas se encuentran vinculadas a esta actividad, la participación de niños y adultos mayores, los bajos niveles de educación y de cobertura de salud, y limitación de recursos, sin embargo, es importante mencionar que es una población que cuenta con individuos dispuestos a cambiar de trabajo si se les brindara la oportunidad, pues ven esta actividad como una opción temporal.

#### **3.3.2.4 Normativa**

Debido a la falta de conocimiento sobre esta problemática, en Bogotá se ha hecho la implementación de varios programas y leyes con el fin de mitigar los impactos y promover soluciones. Entonces, desde los 90's ha implementado sus primeros planes de reciclaje y aún en el 2010 solo tiene un único centro de reciclaje que pertenece a la Alcaldía Mayor de Bogotá y a la UAESP. Sin embargo, ha desarrollado varias normas relacionada con la gestión integral de residuos y presenta varios programas distritales como el PDR y el programa de educación ciudadana en separación en la fuente con la estrategia de las 3R (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2009).

A nivel nacional, el manejo de residuos se ha efectuado como prestación de servicio público de aseo que incluye la colecta, transporte y disposición que, hasta principios de los 90s, era a cielo abierto. Sin embargo, con la ley 99 de 1993, entre muchas otras cosas, se inicia la búsqueda de manejo sostenible de los residuos enfatizando en la disposición final y su aporte a la vida útil de los rellenos sanitarios, y el aprovechamiento de aquellos materiales que pueden reincorporarse a la cadenas de producción. Así es como en el siguiente año, con la ley 142, se establece que el aprovechamiento de los materiales hace parte la prestación de servicio a cargo del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo. En 1998 el MAVDT, presenta la Política de Gestión de Residuos en búsqueda de minimizar la generación de residuos, aumentar el aprovechamiento de material post-consumo y mejorar los sistemas de tratamiento y disposición final.

Más adelante, en el 2002 y con el Decreto 1713, se logra establecer una gestión integral de residuos, que involucra a personas prestadoras del servicio encargadas de aprovechar los materiales en orden a sus componentes, niveles, clases, modalidades y calidad; este Decreto da paso a la adopción de PGIRS o los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos. En 2003 se define la metodología y los contenidos mínimos para la elaboración de estos planes, con la Resolución 1045 y en el mismo año se presenta el Acuerdo Distrital No. 79 en el que se plantea la adecuada presentación de los residuos sólidos aprovechables (papel, textiles, cueros, cartón, vidrios, metales, latas y plásticos) separados de los 'biológicos'. En 2004 se aprobó el proyecto del Acuerdo No. 250 por el cual se regula el SOR en Bogotá que tendría en una de sus funciones la supervisión del programa PGIRS que se dio a conocer ese mismo año con la Resolución 132 de 2004; también se da la implementación del Plan de Desarrollo 2004-2008 "Bogotá sin indiferencia" que incluye el Programa Distrital de Reciclaje de Proyecto 245. Desde entonces y para 2007, se logró la constitución de aproximadamente 640 PGIRS aunque, su desarrollo e implementación se ha visto limitada por tecnologías y financiamiento (Corredor, 2010). Con el Decreto Distrital 312 de 2006, se da a conocer el Plan De Manejo Integral De Residuos Sólidos PMIRS (incluye dentro de sus objetivos la exhortación frente a la separación en la fuente para un efectivo aprovechamiento de los residuos sólidos compuestos de MPR), seguido por las Normas urbanísticas y arquitectónicas para la regularización y construcción de las infraestructuras, equipamientos y mobiliario urbano vinculados al Sistema General de Residuos Sólidos con el Decreto 620 de 2007, el PDR (Plan Distrital de Reciclaje) (UAESP, 2011).

En el 2012, se presenta el Plan de desarrollo "Bogotá Humana" (Acuerdo 489, Art 30) en el que se plantea el Programa Basura Cero, orientado a la minimización del impacto ambiental, la salud de los ciudadanos y la funcionalidad urbana de los RS generados por la ciudad; comprende, entre otras, acciones de recolección separada de los residuos para efectuar aprovechamiento final con procesos industriales de reciclaje, disminuyendo la disposición final en el relleno sanitario. El 20 de diciembre de 2013 se reglamentó el servicio público de aseo con la expedición del Decreto 2981. En diciembre de 2012 se presentó el Decreto Distrital 564 por medio del cual se asegura la prestación del servicio público de aseo en la ciudad, e impone la obligación de presentar los RS separadamente en las bolsas negras y blancas según corresponda. A principios de 2013 se presentó la Resolución UAESP No. 61 de 2013 por medio de la cual se crea el RURO- Registro único de recicladores de oficio y el RUOR- Registro único de organizaciones de recicladores (que es actualizado en febrero de 2014 con la Resolución UAESP No. 66), y finalmente, en marzo del mismo año se adopta la Resolución UAESP No. 119 con la cual se asegura la remuneración a la población recicladora (UAESP, 2014).

### **3.3.3 Lineamientos para el aprovechamiento de MPR.**

#### **3.3.3.1 Zero Waste**

El concepto basura cero o *Zero Wastes* es una meta y plan de acción al mismo tiempo; la meta es garantizar la recuperación y protección de los escasos recursos de resultar en incineradores, vertederos o rellenos sanitarios, y el plan abarca la reducción, compostaje, reciclaje, reutilización de residuos, un cambio en los hábitos de consumo y mejoramiento del desempeño industrial. La inclusión de este programa en las políticas nacionales debe contar con acción comunitaria y

participación de los ciudadanos aportando con consumo responsable y disminución y separación de residuos (GAIA, 2012; Zaman *et al.*, 2011, 2013)

Los efectos socioeconómicos más importantes que tiene el reciclaje o la recuperación de materiales en la ciudadanía son: la generación de empleo para sectores vulnerables, suministro al sector industrial de materiales a bajo costo, y disminuye el costo del MRSU. A nivel ambiental, genera aportes importantes al aumento de la vida útil del relleno sanitario, permite ahorra energía de elaboración de materias primas, al mismo tiempo que ayuda a la reducción de extracción de recursos naturales (IDEADE, 2011).

Existen casos, a nivel mundial, de la implementación de este programa y el éxito del modelo implementado. El líder mundial en manejo de residuos es **San Francisco – California, Estados Unidos de Norte América**, que cuenta con 805.235 habitantes y un área de 121 km<sup>2</sup>, y alcanzó, desde 1990 hasta 2010, un 77 % de *waste diversion* con tres herramientas principales: i) Difundir una fuerte legislación en reducción de residuos, ii) forjar alianzas con empresas de manejo de residuos que trabajen en estrategias innovadoras, y iii) crear una cultura de compostaje y reciclaje con incentivos y divulgación. Su siguiente meta es tener cero disposiciones de residuos en 2020, y las estrategias que han implementado para lograrlo incluyen leyes de recolección de escombros por construcción y demolición, la reducción de residuos en servicios de alimentación que implica que los restaurantes usen desechables que puedan ser reciclables, y la ordenanza de que todos los vendedores deben utilizar bolsas reciclables. Adicionalmente, le han mostrado a la comunidad la importancia del manejo de los residuos y han logrado que sea entendido como una necesidad, así, todos los habitantes y empresarios se han logrado acostumbrar a las mejores prácticas (GAIA, 2012). Otro ejemplo es **Chicago, Estados Unidos de Norte América** que implementó el programa *Zero Waste* con un lapso de tiempo de 20 años y con el desarrollo de estrategias puntuales que implicaban: inclusión de la comunidad y los actores, refuerzos en la educación pública, mejoras estructurales, generación de empleo, formas regulatorias y programas de incentivo, disposición y evaluación y ajuste en un periodo de 5 años (Mulla-Saleh, 2012).

En el caso de **Buenos Aires, Argentina**, como el primer país latino en implementar *zero waste*, hace énfasis en la inclusión de las personas recolectoras que se han organizado en cooperativas, han apostado a la educación de los residentes sobre el beneficio del reciclaje, y han logrado presionar a los gobernantes para que implementen medidas más limpias en MRSU. Esta ciudad cuenta con 2.890.000 habitantes en 202 km<sup>2</sup> (GAIA, 2012; Romero, 2013).

Por otra parte se encuentra **Flanders, Bélgica**, conocido como el país europeo con el mejor programa de prevención y reciclaje, abarca un área de 13.522 km<sup>2</sup> y una población de 6.2 millones; el desarrollo y monitoreo de políticas y la gran coordinación de programas locales han permitido un MRSU descentralizado y eficiente con casi  $\frac{3}{4}$  de los RSU son reutilizados, reciclados o dispuestos para compostaje, eficaces esfuerzos de remediación de suelos, y más de 27 asociaciones intermunicipales de recicladores (GAIA, 2012). En las **Islas Canarias, España**, (Santamarta *et al.*, 2014) las estrategias que se han implementado desde 2008 comprenden planes de manejo que permitan la disminución en la generación de residuos, la reutilización, el reciclaje, la valorización de la energía y los depósitos en rellenos sanitarios. Las Islas cuentan con la generación de 679 kg/*per capita*/día (1.338.895 ton/año), una población de 2.117.519 habitantes en 2011 en un área de 7.493 km<sup>2</sup> (Abderrahmane *et al.*, 2014). La ciudad de **Mecheria, Alegria**, que cuenta

con 73.696 habitantes que producen 13.584 ton/ anuales. Uno de los mayores restos ambientales de esta ciudad es el manejo de RS y, tras un análisis de su gestión, Abderrahmane *et al.* (2014) concluyeron que, a pesar de la amplia normativa, no han logrado una óptima coordinación entre los organismos de control y los sectores de producción privada, entonces, la mejor opción es involucrar a los ciudadanos; a esto se le suman prácticas de optimización del sistema de recolección y separación en la fuente.

En Colombia, se han venido desarrollando diferentes procesos de MRSU que, en general, han tenido un apoyo financiero muy inestable y no ha habido organización significativa de las entidades. En ciudades como Cúcuta y Riohacha no se presenta un esquema de separación de RS, sin embargo, algunas cooperativas han logrado operar el manejo por cortos periodos de tiempo logrando, principalmente, la comercialización de chatarra. Ciudades como Barranquilla, Bucaramanga, Ibagué, Leticia, Manizales, Neiva, Pereira, Popayán, Santa Marta, Valledupar y Villavicencio han implementado como principal estrategia el reciclaje en la fuente o en la planta de tratamiento y, a pesar de la falta de recursos, han logrado generar empleo para los recuperadores (Aluna Consultores Limitada, 2011). Medellín es la ciudad que ha presentado la mejor operación de reciclaje del país. Con el desarrollo del PGIRS, cuentan con separación en la fuente, participación de todos los actores en la formulación de políticas de reciclaje, evaluaciones periódicas del desarrollo del programa, inclusión social y económica de los recicladores, generación de incentivos para las organizaciones de recicladores, apoyo financiero para los centro de acopio y el sistema de transporte, y para la educación de los recicladores y de la población, aprovechamiento de los RS orgánicos para las zonas rurales aledañas (Aluna Consultores Limitada, 2011). Cali presenta una historia similar a la de la capital del país; pues, a pesar de los esfuerzos y los PGIRS, los agentes gubernamentales encargados no han logrado establecer parámetros claros de operación ni una total cobertura de las rutas de reciclaje. No existe una labor significativa de las organizaciones privadas comparada al trabajo colectivo e informal de los recicladores (Aluna Consultores Limitada, 2011).

En 2010, a nivel nacional, las ciudades con mayor disposición en toneladas diarias eran Bogotá (5.890), Cali (1.650), Medellín (1.323) y Barranquilla (1.290), y sus porcentajes de MPR eran 30, 13, 15 y 25 respectivamente (Aluna Consultores Limitada, 2011).

### **3.4 Antecedentes**

El Ecólogo Jorge León Sánchez Tolosa presenta su trabajo de grado en el 2012 titulado 'Modelación de la incineración de residuos sólidos urbanos como alternativa complementaria al relleno sanitario Doña Juana en Bogotá', en el que propuso escenarios de tratamiento de residuos sólidos para que su disposición final no fuera el entierro sino incineración y, a partir de este proyecto, con el presente trabajo se busca hacer una variación en la alternativa de tratamiento de incineración a reciclaje o aprovechamiento de MPR.

Anghinolfia *et al.* (2013) presenta un modelo de optimización en el reciclaje de RS para Italia, e inicia exponiendo que el MRSU involucra asuntos ambientales, tecnológicos, económicos, legislativos y sociales, entre otros, y que abarca problemas de generación de residuos, colecta, transporte, tratamiento y disposición,

que deben tenerse en cuenta para encontrar soluciones económica y ambientalmente sustentables.

Lavee *et al.* (2013) presentan un método de evaluación de costos generados en la transferencia de RSU de Israel a una planta de tratamiento con el fin de disminuir la cantidad de materiales que llegan al relleno sanitario. Entre sus postulados proponen que la separación en la fuente de RSU es un método efectivo en términos de reducción de los residuos dispuestos, propiciar el reciclaje y reducir el impacto ambiental de los rellenos sanitarios, y que determinar el costo del sistema de MRSU es un paso muy importante para el desarrollo de programas de separación en la fuente. Para el análisis de costos, hacen mención a que, en general, el sistema de separación en la fuente involucra personal de trabajo, infraestructura, vehículos de colecta, y educación pública. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que los costos varían de acuerdo al tamaño de la ciudad, la densidad poblacional, la distancia a los sitios de disposición, y las características de los residuos.

Marshall & Farahbakhsh (2013) realizan una revisión del contraste histórico, y las prácticas y políticas en países industrializados en cuanto al MRSU. Proponen que el principal propósito de las herramientas de del MRSU es que prioricen temas como salud, ambiente, estética, uso de la tierra, recursos y economía asociados a la mala disposición de RSU. Las principales conclusiones son que el MRSU no tiene una solución rápida sino que debe formularse un plan con una serie de pasos, y que desarrollar enfoques específicos para el manejo de una ciudad, principalmente con el nexus de sistemas eco-sociales, puede contribuir sustancialmente con los planes de MRSU y la toma de decisiones.

## **4 Área de estudio**

### **4.1 Territorial/geográfico:**

Bogotá D.C, con una área de 1775,98km<sup>2</sup> se encuentra ubicada en la Sabana de Bogotá de la extensión noroccidental de la cordillera de Los Andes, que se sitúa en las coordenadas 4°35'56" y 47°04'51", 2625 m.s.n.m; precipitación con comportamiento bimodal, la primera en marzo-mayo y la segunda en septiembre-noviembre; y temperatura alta en diciembre, enero y marzo, y bajas en abril y octubre. La ciudad limita al norte con el municipio de Chía, al oriente con los cerros orientales y los municipios de la Calera, Choachi, Ubaque, Chipaque, Uñe y Gutiérrez, al sur con los departamentos del Meta y del Huila, y al occidente con el río Bogotá, y los municipios de Cabrera, Venecia, San Bernardo, Arbeláez, Pasca, Sibaté, Soacha, Mosquera, Funza y Cota.

El relleno sanitario Doña Juana:

Se encuentra ubicado en la vereda 'Mochuelo Bajo', en la Localidad de Ciudad Bolívar al sur - oriente de Bogotá D.C; limita al oriente con la Av. Boyacá y el río Tunjuelo, al occidente con la vía rural a Pasquilla, al sur con la Quebrada Aguas Claras y al norte con predios particulares (UAESP & JICA, 2013).

### **4.2 Biofísico:**

El RSDJ se encuentra en el bosque seco montano bajo (bs-MB), provincia de humedad Subhúmedo localizado en un gradiente altitudinal entre 2.850 y 2.950

m.s.n.m y presenta un temperatura media entre 13 y 16 °C, un promedio de precipitación entre 900 y 950 mm anuales y una humedad relativa media del 78%. La vegetación correspondiente a esta zona de vida es la xerofítica isotérmica y al zonobioma seco montano. Por efectos de la deforestación y la expansión agrícola/ganadera, presenta parches relictuales de bosque seco montano bajo y selva andina tropical en el que predominan las familias Bromeliaceae, Araceae y Orchidaceae (López, 2008).

En cuanto a la geología, el entorno está formado por rocas sedimentarias con las formaciones de Guaduas, Arenisca de Cacho, Bogotá y Areniscas de la Regadera que conforman la estructura sinclinal de Usme, cubierta por depósitos cuaternarios no consolidados(López, 2008).

Los suelos se han desarrollado con materiales del Terciario y Cuaternario, poco profundos, ácidos, con altas pendientes y elevadas concentraciones de aluminio y presenta características de dinámica glaciar (López, 2008).

Como se encuentra ubicado en la consociación Robles, presenta suelos que se desarrollaron a partir ceniza volcánica, con textura franca y estructura en bloques subangulares moderados, en un relieve de ligero a fuertemente quebrado (López, 2008).

Pertenece a la cuenca del Río Tunjuelo con una red hidrográfica que se conforma por quebradas, cañadas y zanjas que finalmente desembocan en el Río Bogotá; cubre un área de 39, 000 ha aprox. y su cabecera se encuentra en el Páramo de Sumapaz (López, 2008).

#### **4.3 Socioeconómico:**

La localidad 19 'Ciudad Bolívar' presenta una extensión de 10.160 ha, compuesta por nueve veredas de zona rural en las que la agricultura representa un 27.5% del uso del que se le da al suelo (otros usos son pastos, bosques y paramo) con siembra de papa, arveja y haba en tendencias estructurales de minifundio, compañía y aparcería; en cuanto al componente pecuario, se evidencia presencia de aves, porcinos, conejos, curíes y bovinos; además que la localidad cuenta con afluentes de los ríos Chisacá y Tunjuelo (Pulido, 2006).

La localidad tiene seiscientostres mil habitantes, con un promedio de 4 personas por hogar y predomina la clase socio-económica baja puesto que más del 80% de los habitantes son de estrato 1 y 2. La tasa de desempleo es del 15% y la de ocupación está por debajo del promedio de la ciudad con un 54%, las actividades que predominan son transporte, construcción, comercio, hoteles y restaurantes. En cuanto a las condiciones de vida el índice es más bajo que el de Bogotá D.C con 83.7, el porcentaje de analfabetismo es el doble que en la ciudad con 4.8%, y el 73% de la población está afiliada al sistema de salud (Cámara de comercio de Bogotá, 2007; Aguilar, 2012).

**Fig.9:** Mapa de Bogotá D. C y ubicación del RSDJ (A).



## 5 Materiales y métodos

Ibarra *et al.*, 2011), proponen la implementación de la metodología de Dinámica de Sistemas para el desarrollo de un modelo de manejo de residuos sólidos en las instituciones educativas del país. Esta metodología fue propuesta por Gonzáles-Bustos y (Gonzáles-Bustos, 1998)

### 5.1 Procedimiento

#### FASE 1

Recopilación de información sobre la situación actual en el MRSU y del RSDJ, de técnicas alternativas de MRSU, de los programas distritales de MRSU, los actores encargados y los resultados que se han obtenido tras su implementación, y de situaciones similares internacionalmente.

#### FASE 2

1. Generación de 5 escenarios de modelación sobre la influencia de diferentes porcentajes de aprovechamiento de MPR en el RSDJ y su vida útil, teniendo en cuenta las acciones y programas que se implementan en la actualidad.
2. Análisis de los actores, acciones, proyectos, y propuestas nacionales e internacionales del MRSU para el planteamiento de los lineamientos de MRSU



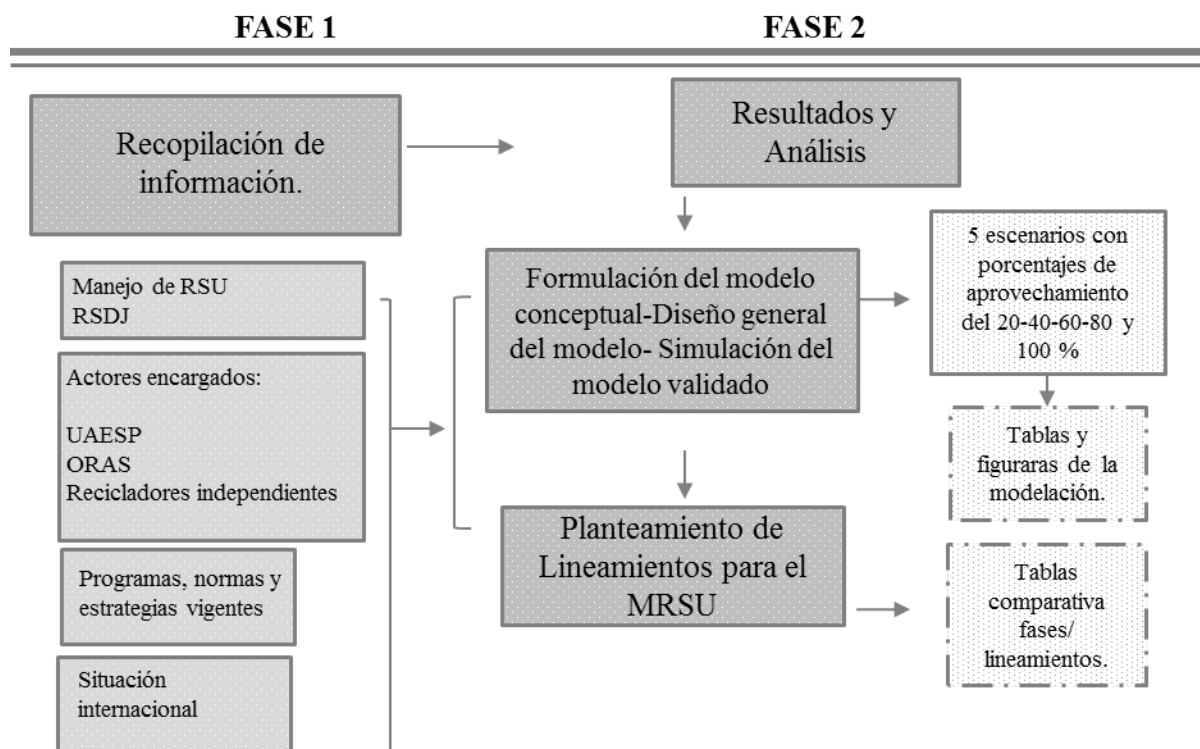


Fig. 10: Diagrama de flujo de procedimiento (Elaboración propia).

## 5.2 Métodos de recolección de datos

La principal herramienta que se empleó fue la revisión bibliográfica, pues los datos para el modelo, las experiencias internacionales y la actualidad de la ciudad son recopilaciones. Los datos empleados fueron tomados de reportes que se consideran como la información oficial, pues, el ente encargado gubernamentalmente es quien los publicó.

### 5.2.1 Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR.

Para el modelo se tomaron datos de la Fig.2: Porcentaje de los MPR recolectados en La Alquería (UAESP & JICA, 2013), Fig. 3: RSU generados en la ciudad de Bogotá D.C (UAESP, 2014), Fig. 4: Proyección generación de residuos de Bogotá D.C (UAESP, 2013) y Fig. 6: Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana (t/año) (SDA, 2013).

En cuanto a la situación actual de la ciudad, sus instituciones y organizaciones, la principal fuente fue la normativa y los reportes de la Unidad Administrativa en (UAESP, 2011b, 2013, 2014a, 2014b).

Para el análisis de las experiencias internacionales los principales autores fueron GAIA (2012) y Abderrahmane *et al.* (2014). A nivel nacional, es estudio de Aluna Consultores Limitada (2011).

### 5.2.2 Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores.

Inicialmente, se tomó en cuenta la revisión de Corredor (2010), y la descripción de la SDA (2014), con lo que se pudo determinar las funciones concretas de las instituciones públicas. En cuanto a las organizaciones, se consideró la revisión de Aluna Consultores Limitada (2011), consulta de la norma, y las experiencias

compiladas en GAIA (2012), en MMA (2011) y en CONAMA (2010). El tema de reciclaje informal fue abarcado, principalmente, bajo la perspectiva del IDEADE (2011) y del trabajo en conjunto de UAESP & JICA (2013), y el análisis de desplazamiento y conflicto se realizó con CODHES (2012) y la Secretaría de Hacienda (2014). Por último, se presenta una revisión y consulta de la norma, con el fin de esclarecer los hechos y enmarcar algunos de los hitos que han determinado la actualidad del MRSU y la inclusión de recicladores.

### 5.2.3 Lineamientos para el aprovechamiento de MPR

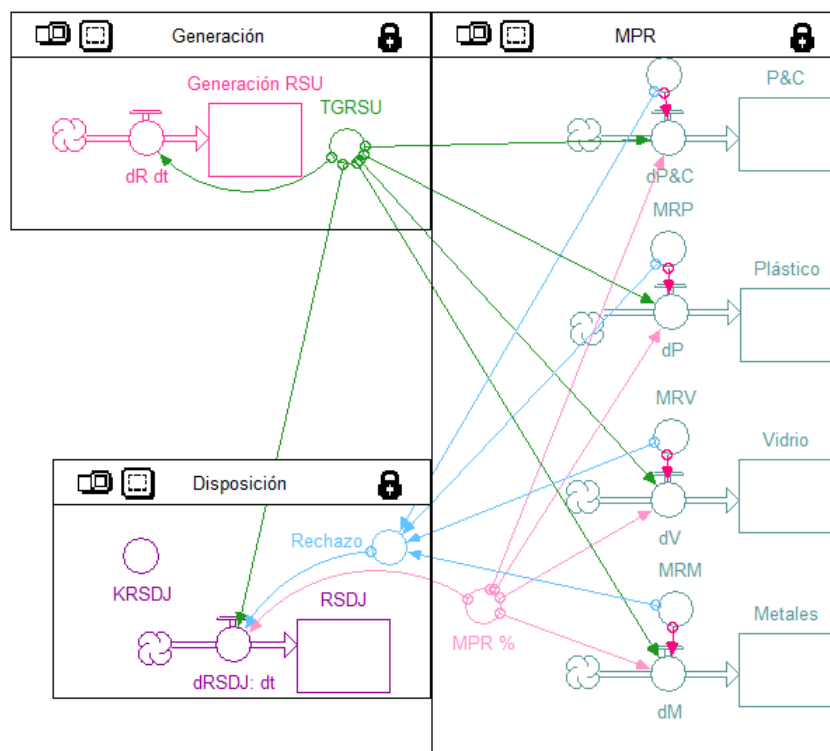
Para el planteamiento de los lineamientos, se presenta, resumidamente, el concepto Zero Waste, ya que se relaciona directamente con el plan que se desarrolla actualmente, BBC, bajo la revisión de Zaman *et al.* (2011, 2013), y la experiencia de trabajo de GAIA (2012). A continuación, se presenta los efectos del reciclaje, como herramienta fundamental en el desarrollo de Zero waste, que ha concretado el IDEADE (2011), un compilado de casos a nivel mundial de la implementación del concepto, una revisión de los procesos que se han venido desarrollando en Colombia tomada de Aluna Consultores Limitada (2011), y finaliza con el aporte del JICA (2007) que propone unos problemas comunes en los países en desarrollo, como conclusión de la revisión anteriormente desarrollada.

## 5.3 Método de análisis de datos

### 5.3.1 Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR.

A partir de los datos y comportamientos anteriormente descritos, se construyó el siguiente modelo:

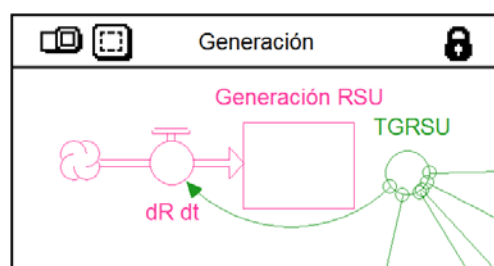
**Fig.11:** Modelo General de Aprovechamiento de MPR y disposición de RSU en RSDJ (Elaboración propia).



### 5.3.1.1 Generación

La proyección de generación de RSU para la ciudad de Bogotá D.C en el periodo 2010-2020 se encuentra en las Fig.3 y 4, con datos que reportó UAESP (2010); entonces, el *stock* **Generación\_RSU** se define el valor para 2014 que es 2.551.862ton/año, y a partir de 2015 se implantó la tasa de generación de residuos sólidos urbanos (**TGRSU**) en donde se aplica el condicional de aumento para cada año (*If (time=2014) then 2604300 else If (time=2015) then 2656735 else If (time=2016) then 2709172 else If (time=2017) then 2761607 else If (time=2018) then 2814044 else If (time=2019) then 2866479 else 2551862*), en función lineal como se muestra en la Fig. 12.

**Fig. 12:** Modelo sección: Generación (Elaboración propia).

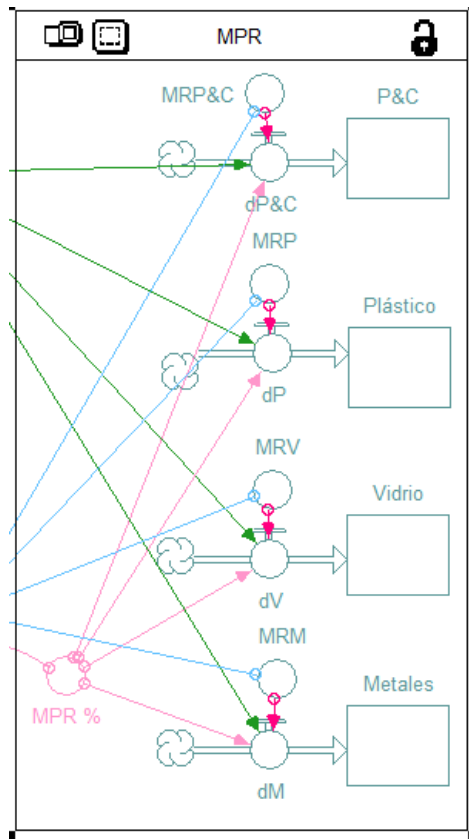


### 5.3.1.2 Material Potencialmente Reciclable

En la sección de MPR se tomaron en cuenta las variables **TGRSU** y **MPR%** o porcentaje de aprovechamiento, que genera los escenarios desde el 20%, como se estima en la actualidad(UAESP & JICA, 2013), al 100% de aprovechamiento, que es la meta de programas como Basura Cero.

Adicionalmente de la **MPR%**, se estimó el porcentaje de aprovechamiento de cada material en las variables **MRP&C** (papel y cartón), **MRP** (plástico), **MRV** (vidrio), y **MPM** (metales), para definir en los *stocks* **P&C**, **Plástico**, **Vidrio** y **Metales** la acumulación anual de estos materiales.

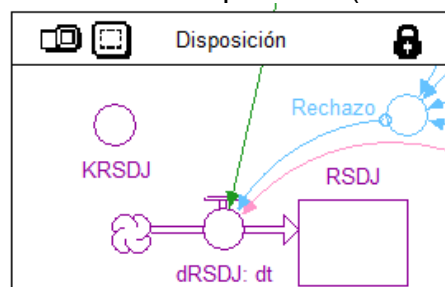
**Fig. 13:** Modelo sección: MPR (Elaboración propia).



### 5.3.1.3 Disposición

En el *stock* RSDJ, cuyo valor inicial es 0, se acumula el total de RSU desde 2010 a 2020 según la TGRSU y el Rechazo que se desarrolla bajo la fórmula  $(1 - (MRM + MRP + MRP\&C + MRV))$ . Adicionalmente se encuentra la capacidad de carga (K) o vida útil del relleno sanitario expresada en toneladas. Este dato fue estimado de los valores de la operación dese 2011 hasta 2015, en donde se contaba con una capacidad de 9.295.915 ton, en una superficie de 35ha; entonces para una superficie de 41.52 ha la capacidad es de 11.027.611ton (UAESP & JICA, 2013; UAESP, 2014b).

Fig. 14: Modelo sección: Disposición (Elaboración propia).



### 5.3.2 Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores

El estudio se centra en la compilación de estrategias, planes y proyectos que han desarrollado las instituciones con la inclusión de las organizaciones, lo que permite un análisis de los esfuerzos por aumentar la vida útil del RSDJ.

### 5.3.3 Lineamientos para el aprovechamiento de MPR

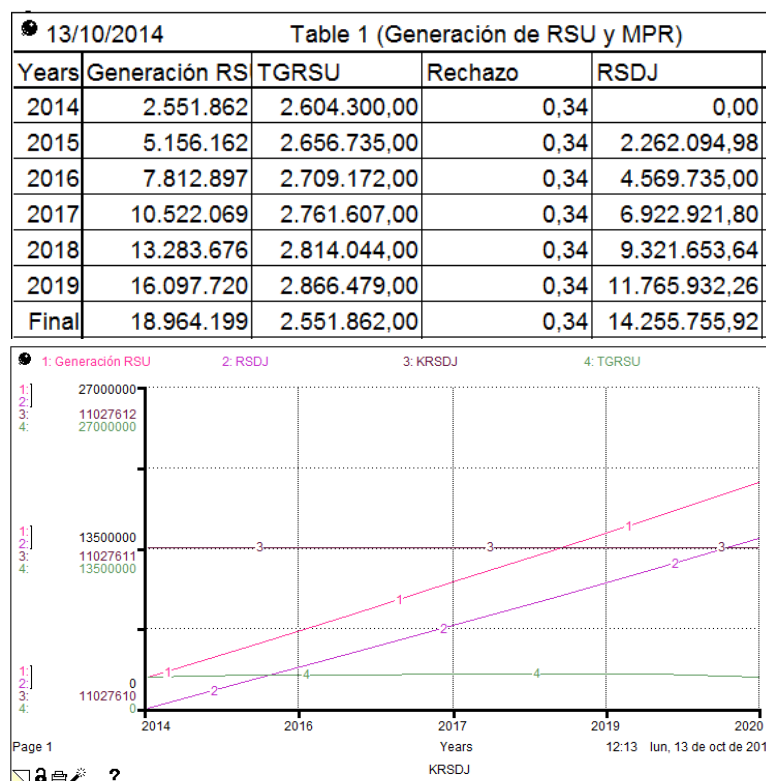
En cuanto a los lineamientos, se planteó una relación entre las fases de MRSU y los actores o aspectos incidentes, y se presenta un análisis con aportes de Lehmann (2010), IDEADE (2010), Mulla-Saleh (2012), Hoornweg *et al.* (2012).

## 6 Resultados y Discusión

### 6.1 Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR

Como se mencionó anteriormente, el porcentaje de recuperación de MPR es del 20% y si se continúan con las tendencias actuales, la **KRSDJ**(capacidad de carga del RSDJ) va a ser superada un poco antes de 2020 y la ciudad no cuenta con un plan de contingencia. Como puede observarse en la Fig. 15, se presentan dos escenarios, el primero es la generación de residuos que se estima para los años 2014 a 2020, y el segundo, muestra la cantidad de residuos que llegarían al RSDJ, teniendo en cuenta los MPR recuperados y el rechazo en los centros de acopio; el resultado es que para finales de 2019 se alcanzará la capacidad de carga (K) del RSDJ, lo que convierte en una urgencia la toma de medidas para mitigar esta situación.

**Fig. 15:** Comparación entre **Generación\_RSU**, **TGRSU**, **Rechazo**, **KRSDJ** y **RSDJ** en el periodo 2014-2020, datos presentados en la Tabla 1 y en gráfica (Elaboración propia).

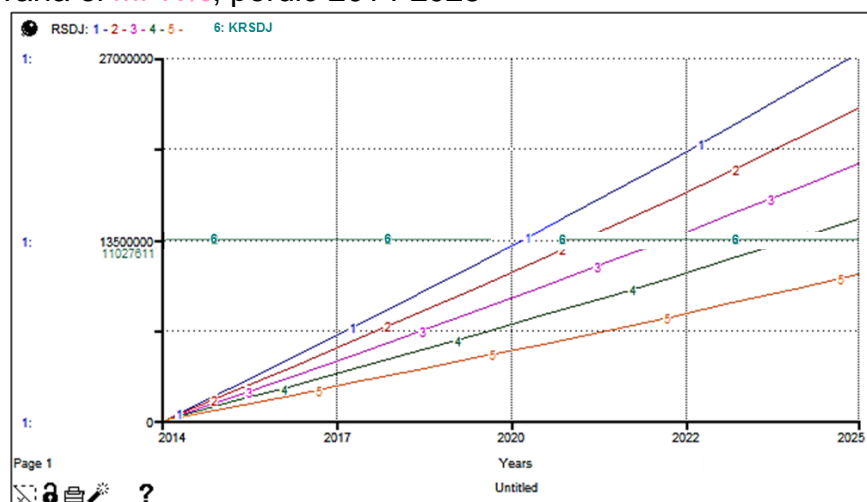


Se puede observar el aporte que realiza la recuperación de MPR; pues, aunque el porcentaje solo es 20%, le otorga un poco más de año y medio de vida al RSDJ, es decir, la capacidad del relleno no se alcanzaría a principios del 2018, sino a finales del 2019.

Uno de los objetivos del Plan Maestro es ‘Garantizar la adecuada disposición final para los residuos sólidos no aprovechados’, y para lograrlo proponen la construcción de dos rellenos sanitarios adicionales con la intención de utilizar los tres rellenos simultáneamente (UAESP & JICA, 2013), sin embargo, si se logra una optimización en el plan de gestión de RS y aumenta el 20% de aprovechamiento que determinó UAESP & JICA (2013) a un 40-60-80 y 100%, se observa un impacto favorable y significativo en el RDSJ como se muestra en la Fig. 16, y la necesidad de nuevos rellenos no se presentará hasta un poco más del 2030.

Con respecto a los porcentajes de aprovechamiento propuestos, anteriormente se presentaron casos internacionales que comprueban la posibilidad de alcanzar estas metas, y con la adecuada organización se puede lograr duplicar la cifra actual, porcentaje con que se lograría que la KRSDJ no sea alcanzada hasta 2021, como lo muestra la Fig. 16.

**Fig. 16:** Escenarios comparativos del comportamiento de los RSU dispuesto en el RSD. Gráfica comparativa del comportamiento de la cantidad de ton/año que llega al RSDJ, si se varía el MPR%, período 2014-2025



El escenario 1 corresponde al 20% que hace referencia al modelo actual de disposición y que alcanzaría la KRSDJ en 2020 aproximadamente, en el escenario 2, que presenta un aprovechamiento del 40%, la K es alcanzada hasta finales del 2020, el escenario 3, cuyo porcentaje de recuperación es del 60%, alcanza su la K hasta finales de 2021, el escenario 4, en donde se pretende recuperar el 80% de MPR, se alcanzaría la K en 2023, y finalmente, el escenario 5 con un 100% de la recuperación de MPR, alcanzaría la línea 6 (KRSDJ) hasta después de 2025.

En estos cinco escenarios de modelación se tienen en cuenta las TGRSU que se han determinado teniendo en cuenta cálculos de aumento poblacional, y una relación directa con la disminución de material de Rechazo; pues, una de las estrategias que deben fortalecerse es la separación en la fuente, permitiendo que los materiales que son recuperados permanezcan en un estado favorable para la comercialización. Igualmente, la adecuación y relativa estabilidad de mercados para cada material incentiva la recolecta de estos.

Como la proyección se ha calculado bajo supuestos de aprovechamiento de material desde el 2014, debe tenerse en cuenta que los escenarios calculados se han determinado con el propósito de mostrar comparativamente el significativo impacto del aprovechamiento pero, así mismo, este cálculo muestra un atraso, ya

que ha terminado el primer año y continúan presentándose fallas en el sistema como las tendencias de los usuarios, las rutas de recolección y el rechazo de material; entonces, y el aumento del porcentaje de aprovechamiento no se presentará hasta dos o tres años más adelante, cuando el tiempo no será suficiente (UAESP & JICA, 2013), así pues, el aumento en el MPR% debe facilitarse y priorizarse en los planes de gestión.

En el escenario 5 (aprovechamiento del 100%) de la Fig. 16, se puede ver que continúa llegando una gran cantidad de residuos al relleno, lo que muestra el alto porcentaje de residuos orgánicos que se mencionaba anteriormente, y debe tenerse en cuenta que, a pesar de la dificultad que puede presentar el manejo de estos residuos, el porcentaje que representan es altamente incidente en la vida útil del relleno; una posibilidad en gestión que menciona el Plan Maestro es generar compostaje por lo menos con las 200 ton que salen diariamente de la poda de árboles, el corte de césped y los residuos de plazas de mercado cuya colecta se presenta de forma separada a los demás residuos gracias al óptimo sistema de recolección (UAESP & JICA, 2013). Asumiendo que se realice un picado de estos residuos y se dispongan en eras con alturas entre 1.50m y 2 m con volteo mecánico, el área requerida podría estar entre 20 y 30m<sup>2</sup>/día. Esta área se puede distribuir en zonas donde se requieran el material resultante del proceso de compostaje como por ejemplo para la restauración de suelos degradados.

Finalmente, se tiene que, en comparación con otros países en vía de desarrollo, el porcentaje de recuperación de MPR es similar (en sus Capitales, Colombia 20%, Chile 14%, México 15%,) pero deben mejorarse los esfuerzos por aumentar dicho porcentaje; pues, es una cifra poco significativa en comparación con ciudades, como San Francisco y Flanders, anteriormente citadas, cuyo MRSU asegura un óptimo tratamiento de más del 70% de sus RSU. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que los sitios de disposición, ya sea el actual relleno o los dos rellenos propuestos, presenta una condición o efecto de islas, en donde el principal limitante es el espacio y el impacto que no está en la capacidad espacial de continuar disponiendo sus residuos. Los esfuerzos que se realizan actualmente, incluyendo planes, proyectos, proyecciones, ampliación de zonas, educación, fortalecimiento de la normativa, y porcentaje de recuperación del 20%, entre otras, no son suficientes para lograr disminuir la generación de RSU, y un poco antes de 2020, la vida útil del RSDJ habrá concluido. Por el contrario, si se lograra una efectiva aceptación del plan BBC, en 2025 no se habrá superado la capacidad del relleno. En cuanto a los valores de los materiales y su desarrollo en el Mercado, los montos monetarios para comercialización dependen de muchos factores que dificultan los cálculos certeros de la información procesada, sin embargo, es muy interesante la posibilidad de trabajar en los mercados para incentivar, no solo el aumento en la demanda de estos materiales recuperados, sino buscar la posibilidad de implementar otros materiales. Así mismo, el trabajo conjunto de los actores competentes en el MRSU es de las estrategias más importantes y eficientes que se deben implementar; el hecho de promover la vinculación de recicladores independientes en las ORAs para lograr una mayor organización del sistema, y de proponer cada vez más técnicas de gestión por parte de las instituciones gubernamentales, no debe quedarse en la planeación sino que debe emplearse con prioridad.

### **6.1.1 Cadena de valor**

Como se ha venido mencionando, optimizar la gestión de residuos debería ser prioridad para las entidades a cargo, pues la técnica de MRSU prevalente (disposición en relleno sanitario) caduca en el mediano plazo; con el propósito de incentivar el aumento en el aprovechamiento de MPR, se presenta una breve descripción de la posibilidad de comercio con el valor por tonelada de cada material según reporta la UAESP (2012), entonces, para el Papel y Cartón se estima que, para el 2012, una ton se compra a \$200.000 COP, para el plástico se calcula que la ton cuesta aproximadamente \$300.000 COP, las 100.000 ton de vidrio están a \$50.000 COP, y la ton de metal en \$3.000.000 COP. A pesar de que los valores no son actualizados, se pueden ver las diferencias en la representación monetaria de cada material, si bien el papel y cartón y el plástico son similares, el metal genera ingresos de más de tres veces, y el vidrio es un material que está en riesgo de dejar de ser considerado MPR, como se mencionó anteriormente, pues no es rentable recolectar y transportar una cantidad tan elevada de material para un ingreso tan bajo, comparativamente. El mercado del vidrio requiere mejoras y ajustes pero no justifica los precios tan bajos por parte de Peldar; un aporte al aumento del porcentaje de MPR podría incentivar el mercado del vidrio.

El precio de venta de los MPR presenta una alta fluctuación a lo largo del tiempo por diferentes variables, no es posible incluirlos en el modelo dinámico, sin embargo, permiten analizar las posibilidades de comercialización, y un apoyo financiero para la consolidación del trabajo de los recicladores, con mejores ofertas de cambio que permitan, entre otras cosas, mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Actualmente, el mercado de los MPR no se encuentra regulado y a lo largo de la cadena de reciclaje se presentan varios actores que intermedian entre el reciclador que recolecta el material, hasta el industrial que es quien lo utiliza; lo anterior debido a que el reciclador se lo entrega a un bodeguero cuya capacidad de almacenamiento no es tan grande que resulta vendiendo el material a un bodeguero con capacidad de almacenamiento 'mediana', esta venta entre bodegueros se puede presentar reiteradas veces, aumentando por cada uno el precio del material, adicionalmente, en algunas bodegas los materiales son sometidos a procesos de limpieza, separación, y pre-transformación incrementando su valor en toda la cadena de almacenamiento temporal antes de llegar al industrial,

Una posibilidad para aumentar estas cifras puede encontrarse en el mejoramiento de la cadena de reciclaje, partiendo de los productores y su preferencia por materiales reciclados o a aquellos con posibilidad de recuperación, y de los consumidores, quienes deben enfocar la elección de su compra hacia aquellos productos que emplean tecnologías limpias, y que logran apoyar la cadena con la adecuada separación del material.

## **6.2 Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores**

Los esfuerzos de las instituciones públicas, se ven principalmente en la formulación de planes y proyectos que logren complementar o mejorar el plan de gestión actual, con un énfasis cada vez más fuerte en la inclusión de las organizaciones de recicladores. Entonces, a continuación se hará la descripción de los más vigentes y significativos programas que han implementado los entes gubernamentales, pues, la participación de los recicladores se ha visto con bastantes limitaciones en su desarrollo.



### **6.2.1 Programa Bogotá Basura Cero**

El Art. 30 del Acuerdo 489 de 2012 (Plan de Desarrollo 2012-2016), presenta el Programa BBC. Este programa busca minimizar el impacto, sobre el ambiente y la salud de los ciudadanos, que generan los RSU. Para esto se promueve la necesidad de un cambio sobre el manejo de los residuos en cuanto a la educación de la población y las políticas públicas, con énfasis en producción de bienes de consumo reutilizables o de rápida degradación, prácticas de separación en la fuente, y recolección separada, facilitando el aprovechamiento o reciclaje para lograr disminuir la disposición en el RSDJ. Entonces, la meta principal es lograr, en mediano y largo plazo, reducir la generación de basura y aumentar la cantidad de RS aprovechados.

El Programa cuenta con seis (6) proyectos prioritarios: Estrategia de producción sostenible, cultura de reducción de basuras y separación en la fuente, modelo de reciclaje para Bogotá, aprovechamiento final y minimización de la disposición en el relleno sanitario, escombros cero, y gestión integral de los residuos especiales y peligrosos. La entidad encargada del seguimiento, control y vigilancia es la Administración Distrital (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2012). Con la implementación de los proyectos anteriormente enlistados, las metas que se pretenden alcanzar son: la capacitación de separación en la fuente del 100% de los usuarios del servicio de aseo, ampliación de la cobertura de rutas de reciclaje, la operación de 60 bodegas y 6 parques de reciclaje, aprovechar el 20% del volumen de RSU que se disponen en el RSDJ, entre otras (UAESP & JICA, 2013).

### **6.2.2 Plan de Inclusión - PI**

Con el fin de dar cumplimiento al Auto 275 del 2011, se presentó la Plan de Inclusión de la Población Recicladora en la Gestión Pública de los Residuos.

Los resultados que se esperaban incluían la cobertura de la ciudad con rutas de recolección selectiva, recuperación diaria de 2.200 ton de MPR y, en cuanto a la población de recicladores, la inclusión de 8.916 individuos y el mejoramiento de los ingresos (UAESP, 2012a; UAESP & JICA, 2013)

Este plan propone la idea de las 'alianzas estratégicas' que hace referencia al establecimiento de relaciones entre el sector privado, las organizaciones de reciclaje y el sector público para el desarrollo de tres aspectos principales: i) asegurar un ingreso estable para el mejoramiento de la calidad de vida de los recicladores (incluye la disminución de los intermediarios), ii) promover en las comunidades la formación y educación en el MRSU y su aprovechamiento, iii) fortalecimiento y tecnificación de la cadena de valor, reduciendo costos de operación y producción para las empresas privadas gracias a la materia prima recuperada. En cuanto a las instituciones gubernamentales, se propone una lista de acciones que podrían implementarse desde las Secretarías de Integración social, Desarrollo económico, Salud, Educación, Cultura-recreación y deporte, Movilidad, y Ambiente en compañía de la Caja de Vivienda Popular, la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el FONADE la Cámara de Comercio de Bogotá, y la CRA Estas acciones incluyen vinculación de la población de recicladores al sistema de pensiones, erradicación del trabajo infantil, bancarización para acceso a créditos, propuesta de otras opciones laborales, acceso al Sisben, aumento de la cobertura en los niveles de educación formal (jardines, colegios, SENA, universidades), sustitución de vehículos de tracción animal, y elaboración de planes de vivienda popular, entre otras (UAESP, 2012a). Para junio del presente año, el plan de inclusión ha logrado la inscripción de 20.643 recicladores en el RURO, 46 organizaciones fueron

habilitadas como ORAs, y adicionalmente, se reconoció el pago a 10.673 recicladores de \$15.406COP(UAESP, 2014a).

### 6.2.3 Plan Director a la operación del RSDJ

El estudio fue elaborado por la UAESP en 2011, y su objetivo principal es la elaboración de los informes que permiten la posterior formulación de políticas para la operación del relleno, adicionalmente, se planteó con la intención de que se obtuvieran cálculos de la vida útil del relleno, la capacidad de recepción de basura, de gases y lixiviados, y por último, las recomendaciones para garantizar la estabilidad del relleno y para el diseño del uso posterior al abandono (UAESP & JICA, 2013).

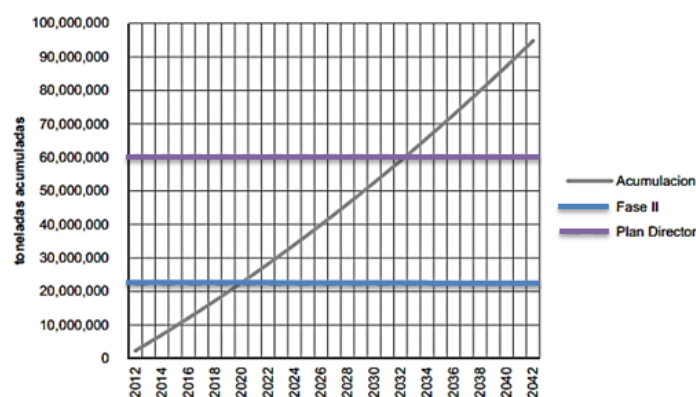
### 6.2.4 Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos - PMIRS.

Entró en vigencia con el Decreto 321 de 2006 (y completado por el Decreto Distrital 620 de 2007), sus objetivos incluyen la incorporación de los ciudadanos en una cultura de minimización y separación en la fuente de los RSU, para lograr metas a corto plazo como la cobertura de recolección selectiva en la ciudad, el tratamiento de los residuos dispuesto en el RSDJ, ampliación de la vida útil del RSDJ hasta 2015 y funcionamiento de parques de reciclaje; a mediano plazo la reducción de residuos que ingresan al relleno hasta el 20%; y a largo plazo lograr el aprovechamiento del 25% de los RSU, implementar 10 centros de acopio de MPR, y la disposición de un relleno regional para suplir el servicio de Doña Juana cuando termine su vida útil (UAESP & JICA, 2013) .

### 6.2.5 Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS

El plan es adoptado por medio de la Resolución UESP 132 de 2004, y sus principales objetivos son la minimización y el aprovechamiento de RSU, determinan alternativas para la disposición de RSU y el control de sus impactos, y desarrollar la operación de un sistema institucional para la gestión integral de REPEL (UAESP, 2014).

Fig.17: Vida útil del RSDJ (UAESP & JICA, 2013) .



En la Fig. 17 se presentan dos escenarios según las metas de cada plan o proyecto, entonces, el Plan Director muestra una capacidad en el relleno de hasta 60 millones de ton que será alcanzada en 2033, aproximadamente, y es comparado con la Fase II del Plan Maestro en donde la capacidad de 20 millones de ton será alcanzada en 2020. Con respecto a los resultados que se presentaron anteriormente en el modelo, el escenario 1 (recuperación del 20% o modelo actual) alcanza la KRSDJ en un

tiempo similar a la Fase II, mientras que la propuesta del Plan Director no se asimila ni con, con un porcentaje de recuperación del 100 como muestra el 5 escenario. Sin embargo, actualmente la realidad es el escenario 1, y sí continua esa trayectoria se necesitaría los tres rellenos y más área para cada uno. Para junio del presente año, se ha logrado la recolección de 170.573ton que fueron remuneradas. En promedio se registraron 24.568 ton de MPR (por cada 1.000Kg, hay 200 Kg de rechazo). Adicionalmente, se estimó que para el primer semestre de este año se ha transportado más de 1.150.000ton.de RSU por las empresas prestadoras del servicio Aguas de Bogotá Lime, Ciudad Limpia y Aseo Capital (UAESP, 2014a).

Por otra parte, JICA (2007), da una mirada de los problemas comunes que presentan los países en desarrollo para la gestión de RSU, y es importante señalarlos con el fin de comparar con el enfoque de las acciones que se están tomando actualmente en la ciudad y el país. Entonces, los problemas se dividen en tres categorías: los externos, los internos y los simultáneos. Entre los externos se encuentran el crecimiento exponencial de la población con asentamientos irregulares, crisis económicas e insuficiencia en la educación y participación pública. En los simultáneos, se encuentran el aumento en la generación de RSU y la escasez de esfuerzos para disminuir la producción, la falta de interés, no solo de la ciudadanía, sino también, de las autoridades competentes gubernamentales; estas últimas no cuentan con coordinación eficiente, ni políticas claras, ni bases financieras. Por último, los problemas internos se relacionan con la falta de organización y planeación, tecnologías inadecuadas o uso ineficiente de las mismas.

Finalmente, la propuesta de los programas BBC y PMIRS, resulta contradictoria; pues, el gobierno está proponiendo soluciones para disminuir hasta el 100% la generación de RSU, y al mismo tiempo, propone la construcción de más rellenos sanitarios.

La cada vez más fuerte inclusión de recicladores en los planes de MRSU es una idea con beneficios sociales, económicos y ambientales, y que a nivel mundial ha transformado positivamente la gestión de residuos; sin embargo, es pertinente tener en cuenta que, sin importar la cantidad de personas que sean vinculadas a las ORAs, el problema principal (disposición de grandes cantidades de RSU en el RSDJ) no será abarcado, resuelto o mitigado, pues el óptimo trabajo de los recicladores depende de la disposición de los residuos que presenten los usuarios.

Con el aporte señalado anteriormente de JICA (2007), se revela que las prioridades de los planes de gestión están abarcando el problema desde una escala tan pequeña que la solución se enfoca en algunas de sus fases, y temas de conflicto, desplazamiento, desempleo, falencias en educación y en planes de ordenamiento territorial están siendo dejados a un lado, cuando la solución a la gestión de residuos de la Capital debe incluirlos, para que el resultado sea viable y duradero.

### **6.3 Lineamientos para el aprovechamiento de MPR**

A continuación se presenta una tabla con las fases de la cadena de reciclaje de Corredor (2010) que se encuentran en el MRSU actualmente empleado y la Disposición final, con la intención de conocer las acciones que se han realizado en cada una en términos Político-Normativos, Metas, Económicos, Sociales,

Educativos, Tecnológicos y de infraestructura, Ambientales e Internacionales, basado en la recopilación de información anteriormente presentada.

Fases / Lineamientos	Generación	Recuperación	Recolección y Transporte	Almacenamiento	Transformación	Disposición final
<b>Político Normativo</b>	- Separación en la fnt.	-Inclusión de la comunidad recicladora:	Art. 1, 31, 77 Dto.1713 de 2000.	-Art. 45 del Dto. 190 de 2004.	-Dto. 312 de 2006	-BBC
	- Art. 1, 14 y 125 de Dto. 1713 de 2002:	-Art. 24 del Dto. 2591 de 1991		- Dto. Distrital 619 de 200 y 469 de 2003.	Art. 4 Ado. 287 de 2007	- PI
	-Art. 64 de Dto. 312 de 2006	-Dto. 312 de 2006			-Ado. 387 de 2009	
	-Art. 84 Código de policía				-Parques industriales	
	-Serv. De aseo				-Art. 53 Dto. 312	
	-Art. 3 de Dto. 1713 de 2000				De 2006.	
	-Res. UAESP No. 151 de 2012				-Art. 21 a 25 del Dto. 620 de 2007	
	-Minimización: -Art. 28 y 29 de Dto. 312 de 2006				-Dto. Distrital 465 de 2010	
-Res. UAESP No. 151 de 2012						
<b>Metas</b>		- PMIRS: -Reciclar y aprovechar el 25% desde 2006 hasta 2016	- PMIRS: 100% cobertura de R, frecuencia de R: 3/semana	- PMIRS: 10 centros de acopio en 2012	- PMIRS: 100% T, dos parques de reciclaje a partir de 2007, organizar 3 plantas de compostaje con la capacidad de 100ton. para 2027	- PMIRS: 100% de D, 100% de tratamiento de lixiviados -Ampliar vida útil de RSDJ 7 años a partir de 2008 -Aprovechamiento de biogás. -Reducción del 20% de los RSU que ingresan al RSDJ en 10 años. -Establecimiento de un relleno regional en 2016
<b>Económico</b>			- PI: Estimulación al pago		- PI:	-BBC:

			por R y T de MPR		-generación de tarifas únicas estimulando el pago por aprovechamiento. - Financiamiento de un Fondo de Desarrollo para la promoción de la investigación en aprovechamiento.	- Maximizar el aprovechamiento de materiales.
<b>Social</b>		-BBC: Formalizar el reciclaje como componente del servicio de aseo - PI: -Remuneración estable y acceso a seguridad social -Establecimiento de las ORAs				
<b>Educativo</b>	- PI: Capacitaciones para incentivar la separación en la fuente. - PMIRS: sensibilizar y formar a usuarios en 3R, separación y disposición	-BBC: -Incentivar la separación en la fuente - PI: Campañas pedagógicas y de divulgación en universidades, colegios y establecimientos comerciales para cada aspecto del plan.				
<b>Tecnología e infraestructura</b>			-BBC: Implementación de rutas de recolección diferenciada	-BBC: Desarrollar un diseño técnico para los centros de acopio.	-BBC:	-BBC:

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- PI: <ul style="list-style-type: none"> <li>-aumentar las rutas de recolección selectiva</li> <li>- Mejoramiento de los vehículos de colecta.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- PI: Dotación de infraestructura para los centros de acopio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Desarrollar un diseño técnico para los parques de transformación</li> <li>-Implementar técnicas como compostaje.</li> <li>- PI: Dotación de infraestructura para los parques de reciclaje.</li> <li>-PMRIS: Desarrollar el sistema de compostaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementar técnicas de sostenibilidad como biogás.</li> <li>- PMIRS: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento de la vida útil del RSDJ con nuevas áreas de proyecto a más de 2027</li> <li>-implementación de 2 nuevos rellenos sanitarios.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-BBC: Reducción mediante sustitución por MPR o biodegradables</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>-BBC: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximizar el aprovechamiento y reducir la disposición en el RSDJ</li> </ul> </li> </ul>
<b>Internacional</b>	-Crear alianzas con empresas de MRSU - Desarrollo y monitoreo de políticas -Coordinación de programas locales					
	-Difundir la legislación de RSU					-Cero disposición en 2020.
	-Educación en el beneficio de reciclaje	-Inclusión de recicladores				-Remediación de suelos.
	-Crear una cultura de reciclaje y compostaje	-Creación de asociaciones de recicladores				
	-Involucrar a los ciudadanos en el proceso.					
	-Tarifas monetarias/cantidades de basura.					
	-Incentivos					

**Fig. 18:** Relación de las Fases de MRSU y las acciones que se han implementado desde los aspectos que involucran la gestión de residuos (IDEADE, 2011; GAIA, 2012; UAESP, 2012a; UAESP & JICA, 2013).

\*\*\*Art.: artículo- Ado: Acuerdo- Dto. Decreto- Fnt: Fuente- Serv. Servicio

Como se puede observar en la figura anterior, la UAESP, como organismo encargado ha desarrollado varios planes de gestión que incluyen desde la ampliación de rutas de recolección, la separación en la fuente, la integración de los recicladores al sistema, y la creación de nuevos rellenos sanitarios. A pesar del auge que la incineración tuvo hace algunos años, ha dejado de ser una alternativa viable para el MRSU pues es una pérdida de recursos finitos y libera sustancias tóxicas, como dioxinas o cenizas que contienen grandes cantidades de plomo, cadmio y otros metales pesados, en el medio ambiente. Ahora se considera que la quema de desechos no es una forma eficaz como MRSU, y esta práctica está al final de la lista de herramientas de gestión (Lehmann, 2010). Así mismo, gracias investigaciones y experiencias internacionales, se ha demostrado que los rellenos sanitarios no son la mejor alternativa para la disposición de residuos y que se puede evitar el uso de estos con estrategias que desde la etapa de Generación promuevan la disminución de RSU. La mejor alternativa es seguir el modelo de la naturaleza y reemplazar estas técnicas con sistemas cíclicos; una combinación de reciclaje y compostaje han hecho que el MRSU se convierta en una fuente lucrativa de trabajo (Lehmann, 2010). El RSDJ se debería destinar a los volúmenes de materia orgánica y RESPEL.

Como plantea IDEADE (2011), las decisiones que toman los usuarios a la hora de comprar o utilizar productos marca una diferencia importante en la cantidad de RSU generados; así pues, el usuario debe evitar productos cuyas vidas útiles sean tan cortas (desechables, bolsas plásticas) y preferir aquellos que estén fabricados con MPR. Adicionalmente, y como propone el programa Basura Cero, es muy importante que los usuarios aprendan y practiquen la separación en la fuente, pues el alto porcentaje de rechazo de material se debe al mal manejo de los RS desde los hogares o locales. Para ello es útil, tomar en cuenta las acciones que han realizado otros países como difundir la legislación y las decisiones en pro de la reducción de RS, e incentivos a los usuarios que promuevan las buenas prácticas, o comparendos ambientales para aquellos que no han logrado integrarse al plan; la meta es lograr que los usuarios adopten y se acostumbren al buen MRSU. Lehmann (2010) propone que, a pesar de que se han implementado esfuerzos por detener el acelerado crecimiento poblacional, una de las mejores alternativas es el cambio en el comportamiento de los ciudadanos, para evitar la generación de tantos residuos. Esto se puede lograr con programas de educación pública, con énfasis en los colegios, y su efectividad es mayor en áreas reducidas que en abarcando grandes ciudades. Como la ciudad se encuentra dividida en localidades y cada una cuenta con actores gubernamentales distinguidos, se pueden promover proyectos para esta pequeña escala con el fin de replicarlos y adecuarlos en toda la ciudad.

En cuanto a los recicladores y los procesos de recuperación, se debe promover la facilidad en el oficio. La ciudad ya cuenta con un censo de recicladores, de organizaciones y de centros de recolección, propuestas de incentivos monetarios con cifras que llegan hasta más de los 10.400 millones de pesos en reconocimiento



al trabajo de los recicladores, más de 24.000 millones de pesos en el intercambio de carretas por automóviles (UAESP, 2014d). Sin embargo, la ANR continua presentando quejas a la UAESP por el inconformismo con el trato hacia el gremio de recicladores; tanto es, que la ANR propuso alternativas en la Resolución 067 de 2010 que hasta el día de hoy no han sido tomadas en cuenta.

Continuando con las etapas, la ciudad cuenta con empresas privadas que se encargan de la recolección de los RSU por localidad, pero la tecnología empleada no permite un correcto MRSU pues al ser dispuestos y compactados en el camión, la mayoría de los MPR se pierden. Existe actualmente la posibilidad de solicitar la ruta de reciclaje, pero esta no abarca la totalidad del territorio. Una solución para incentivar apoyos financieros destinados a la mejor recolección de materiales se encuentra, como se mencionó anteriormente, en la promoción del mercado de los materiales, en la estabilidad de comercialización y en la disminución de importación de material, mientras se entierran importantes cantidades diariamente.

Una de las opciones que más influencia ha tenido en el desarrollo de programas en otros países ha sido las alianzas con organizaciones internacionales.

Los organismos de las Naciones Unidas que brindan apoyo para el MRSU son la OMS, el PNUMA y el PNUD, cuentan con programas de asistencias y cooperación técnica, recopilación y generación de información, y emisión de directrices y documentos; adicionalmente, ONG internacionales como la ISWA que entre su misión empresarial se encuentra el apoyo a países en desarrollo con investigación y gestión de RS, la CWG que fomenta la gestión de RS a través de talleres e intercambio de información en cuanto a métodos y tecnologías.

Finalmente, y continuado con soportes como el que ha brindado el JICA de Japón, se pueden generar nuevas alianzas con organizaciones internacionales como la GTZ en Alemania, UWEP y WASTE en Holanda, SDC y la SKAT en Suiza, EEA en la Unión Europea y UASID en Estados (JICA, 2007).

Hoornweg *et al.* (2012) proponen una lista de los componentes para el manejo integrado de residuos sólidos, en base a la actualidad de la ciudad y las herramientas que ya se han venido desarrollando. La estrategia debe integrar: todas las políticas, objetivos e iniciativas de MRSU; el carácter y la escala de la ciudad, las condiciones naturales, el clima, y el desarrollo y distribución poblacional, datos de toda la generación de RS incluyendo datos de años anteriores y proyecciones de planes a 15-25 años; debe tenerse en cuenta la composición y las características como el volumen comprimido o peso seco; identificación de todas las propuestas de recolección, transporte, tratamiento y disposición para los diferentes tipos y cantidades de RS, así la decisión de manejo final integra todos los materiales; evaluación de las mejores prácticas ambientales, integrando la evaluación de lo técnico, ambiental, social y financiero; el plan propuesto debe incluir las cantidades, la escala y la distribución de cada etapa del manejo; especificaciones del control y monitoreo que se implementara, al igual que el método a seguir para los reportes regulares de información; debe integrar las reformas institucionales y los arreglos necesarios para el soporte del plan; una evaluación financiera del plan incluyendo un análisis de los costos de inversión y manejo para todo el periodo de ejecución; todas las fuentes de financiamiento y los ingresos en conjunto con el desarrollo y la operación del plan, incluyendo una estimación de las transferencias de subsidios y las tarifas de los usuarios; los requerimientos de manejo de los que no son RSU,

que facilidades y requerimientos, quien los provee, los servicios relacionados, y cuáles son las facilidades y servicios que deben pagar por ellos; el propósito de la implementación del plan en un periodo de, al menos, 5-10 años, con acciones inmediatas y detalladas de la operación de 2-3 años; un resumen de las consultas públicas llevadas a cabo durante la preparación del plan y los propuesto para el futuro; y un esquema del programa a detallado del método de disposición final y el sitio que se empleará (rellenos, compostas, centros de acopio(Gaggero *et al.*, s.f).De manera complementaria, Mulla-Saleh (2012) propone tres estrategias: 1) Cero disposición de RSU, para lo cual se centra en la minimización de los RSU en la medida de lo posible; su estrategia para lograrlo es maximizar la ejecución de 3R y programas de compostaje; 2) Reducción de los RESPEL y 3) implementación del concepto ‘Cradle to Cradle’,<sup>3</sup> para lo cual se centra en la minimización de residuos creando un sistema en el que todos los materiales o elementos no desados puedan ser reusados y recilados; para ello, propone el desarrollo de las dos estrategias anteriores y un trabajo con las industrias y el gobierno, logrando un cambio en las prácticas comerciales, eliminando subsidios o cargos por externalidades. Adicionalmente, se presenta una propuesta del MMA (2011), una la pirámide invertida presentada en la Fig. 19, en la que se observa un gran esfuerzo y énfasis en las primeras etapas y poco por gestionar en las finales. Con esta idea jerárquica se plantea, primero una etapa de **Prevención** en la se presenten acciones o medidas que permitan reducir la generación de residuos, al igual que los componentes peligroso que hay en ellos, a continuación la **Reutilización y Reciclaje** que consiste en usar nuevamente materiales desechados, con un proceso de transformación o no, en procesos productivos, y, por último, la **Eliminación** con acciones para disponer definitivamente el restante.

**Fig. 19:** Estrategia jerarquizada de residuos(MMA, 2011).



A pesar del importante desarrollo que el PMIRS emplea en la educación y sensibilización para la disminución en la generación de residuos, enfoca sus esfuerzos, y se han visto más resultados tangibles, en la disposición final. Los beneficios de lograr los propuesto para la fase de generación pueden tener repercusiones principalmente ambientales, pues se lograría disminuir la presión en los recursos naturales, desde la extracción de materiales hasta la no utilización de suelos para enterrar desechos en una técnica insostenible; pero, si se continúan enfocando los esfuerzos en la fase de disposición final, las consecuencias serán ambientales, sociales y económicas, porque, entre otras cosas, se requiere el

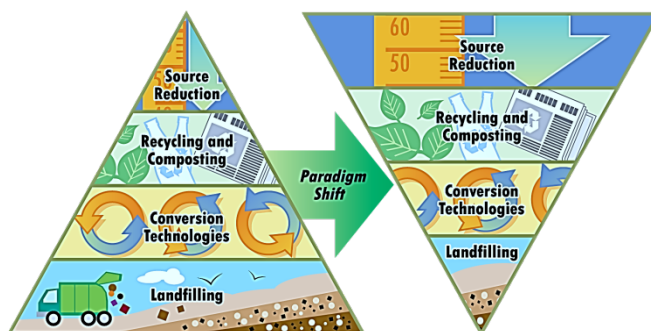
<sup>3</sup>*Cradle to Cradle*: Es un concepto que se planteó con el fin de reevaluar las cosas, su funcionamiento desde su fabricación con el fin de disminuir los impactos ambientales y aprovechar los recursos que se tienen sin generar externalidades en el proceso. Es un término que desarrollaron Braungart y McDonough que refiere a un completo ciclo de materiales (Braungart & McDonough, 2010).

espacio con el que la ciudad no cuenta. La disposición en rellenos sanitarios es la técnica más económica y sencilla para la disposición de residuos, pero a largo plazo no ofrece sostenibilidad como si lo haría la inversión económica en el fortalecimiento de las propuestas de BBC.

La ciudad cuenta con planes y proyectos que abarcan bastamente la parte de educación para la minimización y la separación en la fuente, sin embargo, es un conocimiento que la mayoría de la población no ha logrado afianzar. Lo mismo sucede en la parte de recuperación, en donde se presentan normas de inclusión de recicladores y reportes de miles de millones de pesos pagados, pero, en la realidad, se aprecia la exclusión a esta población que, en precarias condiciones, intenta cumplir con cuotas diarias.

A continuación, se muestra un resumen gráfico en la Fig. 19 de la propuesta final de los lineamientos expuestos, partiendo de la situación actual para el MRSU, en donde la base de la pirámide o la fase a la que se dirigen los mayores esfuerzos es la disposición en relleno sanitario, y, por el contrario, muy poco para mitigar la generación de residuos; con el cambio de mentalidad o paradigma, se propone una pirámide invertida en donde se priorizan acciones para la reducir la generación de residuos, y cada vez se debe invertir menos en las siguientes fases, entonces, los residuos generados pasan a un tratamiento de reciclaje o compostaje, según corresponda, dejando así una pequeña cantidad para disponer en el relleno sanitario.

**Fig. 20<sup>4</sup>:** Cambio de paradigma en MRSU (Mulla-Saleh, 2012).



Para finalizar, se presenta la **propuesta para el MRSU** con el análisis de cada uno de los lineamientos anteriormente analizados.

La idea principal se plantea como Plan de Acopio Urbano y Compostas Urbanas, con la que se pretende generar un aporte al actual plan BBC, y cuenta con herramientas educativas, como incentivos para aquellos usuarios que promuevan las buenas prácticas o comparendos para los que no, con el fin de que los ciudadanos se acostumbren y adopten el MRSU.

Con la implementación de las herramientas y estrategias que se plantean en la Fig. 21, se propone la inclusión de los ciudadanos usuarios del servicio de aseo en el

<sup>4</sup>Source reduction: reducción en la fuente. Recycling and Composting: Reciclaje y compostaje. Conversion technologies: Tecnologías de conversión (en el caso Bogotá hace referencia a plantas de tratamiento, por ejemplo) Landfilling: Relleno sanitario

MRSU, con una participación más activa, no solo en la separación en la fuente, sino en la disposición de residuos en mini centros de acopio; teniendo en cuenta que este plan abarca aquellos RSU que competen con la UAESP (los RESPEL son de la SDA, por ejemplo).

Es un plan con manejo dinámico adaptativo que busca suplir las necesidades de cada localidad, para lo que debe tenerse en cuenta la Fig. 24(Anexos), que presenta una diferenciación por estratos y determinar el servicio que mejor se acople para las localidades.

Estos mini-acopios pueden manejarse en conjunto con los parques de reciclaje que plantea BBC, y que pueden funcionar, en algunos casos, como las estaciones de transferencia que recomienda el PM.

Se plantea la propuesta de ubicar por localidades o barrios centros donde los ciudadanos tengan la posibilidad y voluntariamente dispongan los RS.

Tendrán la oportunidad de entender la facilidad e importancia de la separación y disposición adecuada de los residuos, principalmente, MPR. Estos centros acopio contarán con canecas para disposición de los materiales (con participación de los proyectos existentes como la recolecta de tapas y pilas), un espacio para capacitaciones relacionadas con la normativa y los planes vigentes, o con los procesos que continúan tras la colecta de material en los mini-acopio, y un espacio abierto para el desarrollo de la cultura, con talleres de eco-artesanía, por ejemplo.

El sistema cuenta con una segunda parte relacionada con las 200ton/día de residuos orgánicos generados por las plazas de mercado, las podas de árboles y el corte de césped. Se plantea la posibilidad de generar compostaje para la recuperación de suelos dentro de la ciudad con dichos residuos, llevándolos a plantas de compostaje o composteras dentro de la ciudad, es una idea retomada del PM.

Los directamente encargados de ejecutar estas acciones serían la Alcaldía Mayor, las Alcaldías Menores, el Distrito Capital y la UAESP; la idea no sólo permitirá que la ciudad avance en el sistema de gestión de RSU, sino que se presentará como una fuente de empleo.

A continuación, se presentan los lineamientos y herramientas que complementan el Plan de Acopio Urbano y las Compostas Urbanas relacionados con metas a corto y mediano plazo, señalando a los agentes encargados.

**Fig. 21:** Propuesta para el MRSU en la ciudad de Bogotá D.C, como complemento a los planes vigentes (Elaboración propia).

Lineamientos	Propuesta		Responsable
	2 - 3 años	5 - 10 años	
<b>Político –Normativo</b> Fortalecer el Marco Regulatorio.	<p>Cómo el programa actual de MRSU cuenta con la respectiva normativa, se propone la inclusión o fortalecimiento de los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización del sistema urbano de separación y disposición.</li> <li>- Expedición de un Decreto Distrital en el que se especifiquen los objetivos y funcionamiento del sistema, y la implementación de las tarifas (comparendos e incentivos) ambientales.</li> <li>- Garantizar la separación en la fuente.</li> </ul>	<p>Contando con la efectiva implementación de las acciones propuestas para los años anteriores, se consideran los siguientes puntos complementarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar comparendos e incentivos ambientales para los usuarios que se hallan o no integrado al plan de separación y disposición, según corresponda, bajo el supuesto de que la población conoce el Decreto Distrital anteriormente formulado. Estos comparendos pueden ser trabajados por etapas, primero se aplicarían sanciones educativas y posteriormente, monetarias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UAESP</li> <li>• Concejo de Bogotá</li> <li>• Alcaldía Mayor</li> </ul>
<b>Económico</b> Aprovechamiento Nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generar mayor equidad y organización en la cadena de valor.</li> <li>- Proveer estabilidad laboral para los recicladores de oficio</li> <li>- Promover el mercado de los MPR en todo el país.</li> <li>- Incentivar el mercado para otros productos como el Tetra Pack.</li> </ul>	<p>Con el adecuado MRSU se presenta la posibilidad de mejorar la calidad del material disminuyendo la necesidad de importación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretaria de Desarrollo Económico</li> <li>• Secretaria Distrital de Planeación</li> </ul>
<b>Social</b> Inclusión	<p>El aumento poblacional en Bogotá tiene una fuerte influencia de las migraciones interdepartamentales, y la ciudad no cuenta con la capacidad espacial ni de sostenibilidad que demandan dicha dinámica; sin embargo, es una realidad que el Distrito afronta, entonces:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere formalizar definitivamente las ORAs, discriminando a la población en tanto que sólo se acepten jóvenes mayores de edad y adultos hasta los 63 años. Con la intención de vincular a los niños menores de edad al sistema educativo y a los adultos mayores en programas de mejoramiento de calidad de vida, salvaguardando su vejez.</li> <li>- Se plantea la posibilidad de incluir a la población, que encuentra en el reciclaje una opción de vida y que se ha organizado en ORAs, en el sistema, no sólo como recuperadores sino también como agentes promotores del mismo, apoyando procesos educativos en colegios, empresas, o puerta a puerta, además de la ejecución del Plan de acopio urbano.</li> </ul>	<p>Con el alcance de las propuestas para los años anteriores, se propone la inserción de los recicladores interesados en el sistema educativo, con la finalidad de otorgarles diferentes opciones laborales y mejorar cada vez más su calidad de vida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UAESP</li> <li>• ORAS</li> <li>• SDE</li> <li>• SENA</li> <li>• Secretaria de Integración Social</li> <li>• Secretaria de Desarrollo Económico</li> <li>• Secretaria de Salud</li> <li>• Secretaria Distrital de Planeación</li> </ul>
<b>Educativo</b> Asegurar que la población ejecuta el sistema de separación y disposición.	<p>Difundir la legislación actual.</p> <p>Se propone una guía para las decisiones que toman los usuarios a la hora de comprar o utilizar los productos, generando conciencia de su vida útil y el impacto que genera su utilización, con la idea de que se la generación de RS sea</p>	<p>Se afianzaran conocimientos para que en el consumo de los ciudadanos prime la conciencia de impacto, con herramientas para seleccionar las marcas que no implementan prácticas amigables con el ambiente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UAESP</li> <li>• ORAS</li> <li>• SDE</li> <li>• Secretaria Distrital de Cultura, Recreación y</li> </ul>

	<p>menor.</p> <p>Cómo BBC ya está en marcha, se debe afianzar y asegurar su implementación mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorporación en el PRAE, asegurando que la totalidad de la población escolar conoce el sistema.</li> <li>- Adopción del sistema en los centros de educación superior, asegurando que la totalidad de la población ejecuta el sistema.</li> <li>- Acogimiento del sistema en las empresas, instituciones, organizaciones, establecimientos, locales, almacenes, públicos o privados, asegurando que la población practica el sistema.</li> </ul> <p>En relación con el manejo por localidad de los mini-acopios, se proponen la ejecución de campañas de acción masiva relacionadas con reciclaje, limpieza de espacios públicos (humedales, parques, calles).</p>	<p>Se plantean planes que promuevan la agricultura urbana con huertas ecológicas y prácticas de compostaje en las casas.</p>	<p>Deporte</p>
<p><b>Tecnología e Infraestructura</b> Acopio Urbano</p>	<p>Dotar la ciudad con canecas según lo plantea BBC, promover la venta de bolsas de los colores designados, incentivando a los ciudadanos a involucrarse con el plan.</p> <p>Diseño y creación de los Mini –acopios, en cada localidad o barrio; son centros en los que se permita la entrega de los materiales separados, bodegas de tamaño variable según su función (algunas pueden ser sólo centros de recepción de material, otras contarán con espacio para capacitación, otras incluirán estaciones de transferencia), que facilite la recolección de MPR para continuar con una cadena de reciclaje optimizada.</p>	<p>Asegurar la prestación del servicio de los Mini-acopios en toda la ciudad. Establecer centros de compostaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distrito Capital</li> <li>• UAESP</li> <li>• Secretaria Distrital de Planeación</li> </ul>
<p><b>Ambiental</b></p>	<p>El sistema promueve, entre otras cosas, la menor generación de RS y el mayor aprovechamiento de MPR, asegurando que el relleno sanitario recibirá cada vez menos ton de RSU y su vida útil aumentará.</p> <p>Con la implementación de las Compostas urbanas, la ciudad tendría la posibilidad de recuperación de paisaje, en las montañas y lomas, principalmente, con el tratamiento de suelos degradados.</p>	<p>Con la ampliación de la vida útil del RSDJ, no será necesaria la inmediata implementación de otros dos rellenos sanitarios, y con la separación de los residuos, los orgánicos que se dispongan en el relleno contarán con un aumento en las tasas de descomposición, y los gases y lixiviados será más fácil de tratar. Lo anteriormente formulado requiere un estudio de mayor profundidad para generar datos que comprueben la realidad.</p> <p>Por otra parte, con la optimización de manejo de material reciclable, se disminuye la extracción de materias primas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SDA</li> <li>• Secretaria Distrital de Planeación</li> </ul>

## **7 Conclusiones**

Los objetivos del trabajo de grado fueron alcanzados; pues, se logró identificar el impacto en el RSDJ de la generación, aprovechamiento y disposición de RSU, y encaminar acciones para la gestión de RS en la ciudad.

Entonces, se tiene que, si la situación actual de aprovechamiento y manejo continúan, la vida útil del relleno sanitario se habrá terminado para antes de que finalice el periodo 2014-2020, y debido a que la ciudad no cuenta con un plan de contingencia, es prioridad para las entidades a cargo tomar las medidas que aseguren un adecuado tratamiento de los residuo; estas medidas están relacionadas con el aumento de aprovechamiento de los MPR, las efectividad en las propuestas del gobierno, y lo lineamientos que deberían emplearse en el menor tiempo posible.

### **7.1 Disposición de RSU en el RSDJ y Aprovechamiento de MPR**

Como se mencionó anteriormente, la vida útil del relleno sanitario será alcanzada antes de lo que pretende la ampliación de la licencia para la Zona de Optimización Fase II, principalmente por la cantidad de RS generados, la falla en los procesos de separación por parte de los ciudadanos, los porcentajes de rechazo, la baja valorización para las primera etapas de la cadena de reciclaje, el sistema de recolección, y porque la única técnica de disposición es el relleno sanitario.

La necesidad de crear los dos nuevos rellenos, como plantea el Plan Maestro, no sería necesaria para 2017, sino que podría emplearse hasta después de 2030; para ello se necesita tomar dos acciones inicialmente: optimizar el sistema de separación en la fuente, logrando que los ciudadanos se adapten a él, y recuperar mayor cantidad de ton de MPR, mejorando los sistemas de recolección y las cadenas de valor.

### **7.2 Instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores**

Los esfuerzos que las instituciones públicas responsables han realizado para el aprovechamiento de MPR se resumen en planes cuyos objetivos no han logrado cumplirse totalmente, dando como resultado, la necesidad de ampliar el área del RSDJ y la construcción dos rellenos sanitarios adicionales; principalmente, por ideologías contradictorias como el Plan Maestro y el Programa Basura Cero, con respecto a la búsqueda de terrenos para disposición del primero y la no generación de RS del segundo.

En cuanto a los recicladores, se ha contemplado la idea de aumentar su cantidad poblacional, proveerles de tecnología y herramientas para optimizar la recolección y almacenamiento temporal, pero no se ha buscado incluirlos en planes de educación, en proyectos de capacitación a usuarios o tareas que permitan incorporarlos realmente en la ideología de BBC. Respecto a las Organizaciones de recicladores, la discusión por sus derechos de inclusión continúa sin respuesta por parte de la UAESP, ya que, esta última no ha contado con la capacidad de asegurar sosteniblemente su participación.

### **7.3 Lineamientos para el aprovechamiento de MPR**

Las propuestas para encaminar la optimización de la gestión de RS en la ciudad incluyen la ampliación de los terrenos para la disposición en rellenos sanitarios, y aunque existe la propuesta y su aprobación, no se ha implementado la gestión para ningún otro tópico. Por lo tanto, debe promoverse una mirada global, con el fin de abarcar todas las variables que implica el MRSU, es decir, acciones que involucren aspectos político-normativos, económicos, sociales, educativos, tecnológicos y de infraestructura, y ambientales, por ejemplo.

En este momento, Bogotá se encuentra limitada en tiempo y espacio para la disposición de RSU, y sí se tiene en cuenta que para que una ciudad logre la recuperación del 70% de su MPR tomo casi 20 años, las medidas deben priorizarse y ejecutarse lo antes posible; esta tesis se planteó desde 2014, lo que implica un año de atraso.

Finalmente, los esfuerzos deben prevalecer en la etapa de generación, y las mejores herramientas son la educación y la facilidad de interacción de los usuarios con el sistema de recolección; esto último haciendo referencia a posibilidades de disposición como compostas, canecas, centros de acopio, entre otras, como se presenta en el Plan de Acopio Urbano y las Compostas Urbanas.

## **8 Recomendaciones**

El trabajo de grado menciona reiteradas veces la necesidad de tomar medidas urgentes frente a la situación actual de MRSU y del RSDJ; entonces, se plantean alternativas frente a esta problemática y, para 2017, serían una solución para que la propuesta que debe entregar la UAESP, contenga mejores opciones que la construcción de dos rellenos sanitarios.

La principal falencia no se encuentra en la formulación de planes o normas, sino en las medidas de regulación que, actualmente, son casi nulas; por lo tanto, cualquier planteamiento o propuesta no lograra sus objetivos; entonces, se recomienda investigación y acción para la mitigación de esta falencia.

La principal herramienta con la que cuenta el gobierno es la educación de los ciudadanos, se debe promulgar la necesidad de cambiar el MRSU actual y promover las prácticas que ya han sido formuladas en programas como BBC; sin embargo, objetivos como la capacitación de sólo 35 recicladores, como propone este mismo plan, no es una estrategia viable.

Las políticas públicas actualmente están enfocando sus esfuerzos en la población de recicladores, en lugar de las prácticas de disminución de generación de RSU y separación en la fuente; lo anterior porque, se puede contar con más de 10.000 recicladores organizados en las ORAs, completamente dotados y capacitados, pero si los usuarios continúan mezclando los RS, se logrará el mismo 20% de aprovechamiento.

Finalmente, se recomienda generar incentivos para la investigación en este tema; pues, algunos de los tópicos que fueron anteriormente abarcados, requieren profundización como el compostaje en la ciudad, por ejemplo.



## 9 Referencias

- Abd El - Salam, M., & Abu-Zuid, G. (2014). Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *Journal of Advanced Reserach* .
- Abderrahmane, Y., Okkacha, Y., & Hassiba, B. (2014). Sustainable solid waste management in the city of Mecheria. *Energy Procedia*, 953-959.
- Aguilar, E. (2012). Ciencia y conflicto social en el caso del RSDJ. Obtenido de [http://www.academia.edu/2282509/Ciencia\\_y\\_Conflicto\\_Social\\_en\\_el\\_caso\\_d\\_el\\_Relleno\\_Sanitario\\_Dona\\_Juana](http://www.academia.edu/2282509/Ciencia_y_Conflicto_Social_en_el_caso_d_el_Relleno_Sanitario_Dona_Juana)
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2009). *PRIES*. Recuperado el 09 de 2011, de [http://programadereciclajepries.com/Presentacion\\_PDR.pdf](http://programadereciclajepries.com/Presentacion_PDR.pdf)
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2012). *Plan de Desarrollo 2012-2016 - Bogotá Humana*. Bogotá D.C.
- Aluna Consultores Limitada. (2011). *Historia del Reciclaje y los Recicladores en Colombia*. Bogotá D.C: Aluna Consultores Limitada.
- Anghinolfia, D., Paolucci, M., Robba, M., & Taramasso, A. (2013). A dynamic optimization model for solid waste recycling. *Waste Managment*, 33, 287-296.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2010). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York, USA: Macmillan. Obtenido de Cradle to Cradle: <http://www.mbdc.com/cradle-to-cradle/c2c-framework/>
- Camara de comercio de Bogotá. (2007). Perfil económico y empresarial de la Localidad Ciudad Bolivar. . Bogotá D.C: LEGIS S.A CEMPRE. (Julio de 2011). Informe condensado del Estudio Nacional de Reciclaje. Obtenido de <http://www.cempre.org.co/documentos/2.%20Informe%20condensado%20del%20Estudio%20Nacional%20de%20Reciclaje%20final%20agosto%202011.pdf>
- Castellanos, O., Fúquene, A., Fonseca, S., Cantillo, M., & Castellanos, J. (2013). *Direccionamiento estratégico del sector Reciclaje*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- CODHES. (2012). *La crisis humanitaria en Colombia persistente:El Pacífico en edisputa*. . Bogotá D.C : CODHES.
- CONAMA. (2010). *Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile*. Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente- Gobierno de Chile.
- Constanza, R., & Ruth, M. (1998). Using Dynamic Modeling to Scope Environmental Problems and Build Consensus. *Environmental Management*, 22(2), 183-195.
- Corredor, M. (2010). *El sector Reciclaje en Bogotá y su Región: oportunidades para los Negocios Inclusivos*. Bogotá D.C: FUNDES.
- DANE. (2009). *Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005-202*. Bogotá D.C: DANE.
- Elwan, A., Arief, Y., Adzis, Z., & Izzwan, M. (2013). he Viability of Generating Electricity by Harnessing Household Garbage Solid Waste Using Life Cycle Assessment. *Procedia Technology*, 11, 134-140.
- Fernández, I. (2010a). Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de La Libertad, departamento de La Libertad. *Título Pregrado de Ingeniera Civil*. Buenos Aires, Argentina.
- Fernández, I. (2010). Diseño y factibilidad de relleno sanitario manual para el municipio de La Libertad, departamento La Libertad- El Salvador. San Salvador, La Libertad, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- GA. (2013). Advantages and disadvantages of Landfill, Case of study. . *Overgreace Landfill site?* Sheffield, Inglaterra : <http://www.geography.org.uk/>.

- Gaggero, E., & Ordoñez, M. (s.f). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Obtenido de [http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos\\_03\\_10.pdf](http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos_03_10.pdf)
- GAIA. (Junio de 2012). *On The Road To Zero Waste -Global Alliance for Incinerator Alternatives*. Obtenido de Global Anti-Incinerator Alliance: [www.no-burn.org/ZWcasesstudies](http://www.no-burn.org/ZWcasesstudies)
- González-Bustos, B. (1998). *La dinámica de sistemas como metodología para la elaboración de modelos de simulación*. España: Universidad de Oviedo.
- Hoorweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: a global review of solid waste management*. Washington, DC: Copyright Word Bank.
- Ibarra, D. W., & Redondo, J. M. (2011). Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia. *Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario*, 5.
- IDEADE. (2011). *Lineamientos Generales de la Política Distrital de Reciclaje*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- JICA. (2007). *Apoyo en el Desarrollo de la Capacidad para la Gestión de Desechos Sólidos en Países en Desarrollo*. Japón: Agencia de Cooperación internacional del Japón.
- Lavee, D., & Nardiya, S. (2013). A cost evaluation method for transferring municipalities to solid waste source-separates system. *Waste Management*, 33, 1064-1072.
- Lehmann, S. (2010). Resource Recovery and Materials Flow in the City: Zero Waste and Sustainable Consumption as Paradigms in Urban Development. *Sustainable Development Law & Policy*, 11(13), 1-15.
- Lombardia, L., Corti, A., Carnevale, E., Baciocchi, R., & Zingaretti, D. (2011). Carbon dioxide removal and capture for landfill gas up-grading. *Energy Procedia*, 4, 465-472.
- López, L. E. (2008). Diagnostico del componente forestal en el Relleno Sanitario de Doña Juana. Bogotá D.C : Universidad Sergio Arboleda.
- Marshall, R., & Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste Management*, 33(4), 988-1003.
- MMA. (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente* . Obtenido de Ministerio del Medio Ambiente: [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_3.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_3.pdf)
- MNRC. (s.f). *Movimiento Nacional de Recicladores de Chile*. Obtenido de <http://movimientorecicladoreschile.blogspot.com/p/recicladores-en-latinoamerica.html>
- Mulla-Saleh, A. (2012). Implementation of Zero Waste Program for the city of Chicago. *Memorias del XII Congreso Internacional: Disposición Final de Residuos y Perspectivas Ambientales Basura Cero*. Tampa-Florida, USA.
- Muñoz, K., & Bedoya, A. (2009). *El papel de los residuos sólidos, en la solución de problemas ambientales*. Obtenido de Economía Autónoma. Edición virtual: <http://www.eumed.net/rev/ea/03/mvbo.htm>
- Noruega, K., & Olivero, J. (Septiembre de 2010). Los rellenos sanitarios en latinoamérica: caso colombiano. *Rev.Acad.Colomb.Cienc*, 34(132), 347-356.
- NRDC. (02 de 2011). *This Green Life*. Obtenido de <http://www.nrdc.org/thisgreenlife/0802.asp>
- Okkacha, Y., Abderrahmane, Y., & Hassiba, B. (2014). Municipal waste management in the Algerian High Plateaus. *Energy Procedia*, 50, 662-669.
- Omar, D., Karuppanan, S., & Ayuni-Shafiea, F. (2012). Environmental Health Impact Assessment of a Sanitary. *Social and Behavioral Sciences*, 68, 146-155.

- Pardavé Livia, W., & Gutiérrez, A. (2007). *Estrategias ambientales de las 3R a las 10R*. Ecoe Ediciones.
- Pulido, C. (2006). Fortalecimiento del Componente Social en el Programa Red de Seguridad Alimentaria para Pequeños Productores de Las Zonas Rurales de Bogotá, en Las Localidades de Ciudad Bolívar, Chapinero, Santafé, Sumapaz Y Usme. Bogotá D.C: Universidad Nacional.
- Rizzo, D., Mouser, P., Whitney, D., Mark, C., Magarey, R., & Voinov, A. (2006). The comparison of four dynamic systems-based software packages: Translation and sensitivity analysis. *Environmental Modeling & Software*(21), 1491-1502.
- Romero, M. (2013). *Caracterización del nuevo esquema 'Basura Cero' transporte de reciclaje en la ciudad de Bogotá*. Bogotá D-C: Universidad de la Salle.
- Rong, F., Zhaogui, G., & Tugen, F. (2011). Analysis of Stability and Control in Landfill Sites Expansion. *Procedia Engineering*, 24, 667-6671.
- Sánchez, J. (2012). Modelación de la incineración de residuos sólidos urbanos como alternativa complementaria al RSDJ en Bogotá. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- Santamarta, J., Rodríguez-Martín, J., Arraiza, P., & López, J. (2014). Waste Problem and Management in Insular and Isolated. *Procedia*, 9, 162-167.
- SCS Engineers. (2007). *Informe de evaluación - Relleno Sanitario Doña Juana Bogotá, Colombia*. Reston, Virginia.
- SDA. (2013). *Observatorio ambiental de Bogotá*. Obtenido de <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=37>
- SDA. (2014). *Secretaría Distrital de Ambiente*. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/funciones>
- Secretaría de Hacienda. (2014). *Análisis del empleo*. Bogotá D.C: Dirección de Estadísticas y Estudios Fiscales.
- U.S Environmental Protection Agency. (10 de 1 de 2014). *Wastes*. Obtenido de <http://www.epa.gov/solidwaste/nonhaz/municipal/landfill.htm>
- UAESP & JICA. (2013). *UAESP*. Obtenido de Proyecto de Estudio del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos en Bogotá D.C: [http://www.uesp.gov.co/uaesp\\_jo/images/SubdRBL/jica/GEJR13213\\_BOGOT\\_A\\_INFORME2.pdf](http://www.uesp.gov.co/uaesp_jo/images/SubdRBL/jica/GEJR13213_BOGOT_A_INFORME2.pdf)
- UAESP. (2010). *Programa para la Gestión de Residuos Sólidos Orgánicos para la ciudad de Bogotá D.C*. Bogotá D.C: UAESP.
- UAESP. (2010b). *Caracterización de residuos sólidos domésticos generados en Bogotá D.C*. Obtenido de [http://ingenieria.uao.edu.co/gral/presentaciones\\_gral/sala\\_disposicion\\_final/PRESENTACION%20uaesp.pdf](http://ingenieria.uao.edu.co/gral/presentaciones_gral/sala_disposicion_final/PRESENTACION%20uaesp.pdf)
- UAESP. (2011). *uaesocomunica*. Recuperado el 2011, de <http://www.uaespcomunica.org/>
- UAESP. (2011b). *Caracterización de la actividad del reciclaje en Bogotá*. Bogotá D.C : UAESP.
- UAESP. (2012). *cempre*. Recuperado el 2013, de <http://www.cempre.org.co/documentos/Esquema%20UAESP.pdf>
- UAESP. (2012a). *Plan de Inclusión*. Obtenido de [http://www.uesp.gov.co/uaesp\\_jo/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=16](http://www.uesp.gov.co/uaesp_jo/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=16)
- UAESP. (2013). *Informe anual de gestión y resultados 2012*. Bogotá D.C: Hábitat- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.

- UAESP. (2014). *Modelo de aprovechamiento propuesto: recolección, transporte, clasificación y pesaje*. Bogotá D.C: Dirección de aprovechamiento - UAESP .
- UAESP. (2014a). *Informe de Gestión 2010*. Bogotá D.C: UAESP.
- UAESP. (2014b). *Informe de gestión 2013*. Bogotá D.C: Hábitat- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos.
- UAESP. (Mayo de 2014d). Un paso más hacia el emprendimiento. *La Unidad*, 1, 1-34.
- UN HABITA. (2010). *Solid waste management in the world's cities*. London: Earthscan Ltda.
- Wilson, E. O. (2003). *The Future of Life*. Ney York, USA: Vintage Books.
- Zaman, A., & Lehmann, S. (2011). Urban growth and waste management optimization toward 'zero waste city'. *City, Culture and Society*, 177-187.
- Zaman, A., & Lehmann, S. (2013). The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. *Journal of Cleaner Production*, 50, 123-132.

## 10 Anexos

### 10.1 Figuras

**Fig.1:** Proyección de la población (UAESP, 2013)

Año	Población nos.	Incremento %
2010	7,363,782	1.44%
2011	7,467,804	1.41%
2012	7,571,345	1.39%
2013	7,674,366	1.36%
2014	7,776,845	1.34%
2015	7,878,783	1.31%
2016	7,980,001	1.28%
2017	8,080,734	1.26%
2018	8,181,047	1.24%
2019	8,281,030	1.22%
2020	8,380,801	1.20%

**Fig.2:** Porcentaje de los MPR recolectados en La Alquería (UAESP & JICA, 2013)

Materiales	% del MPR recolectado
P&C	25,1
Plástico	27,2
Vidrio	9,7
Metales	3,7
Rechazo	34,3

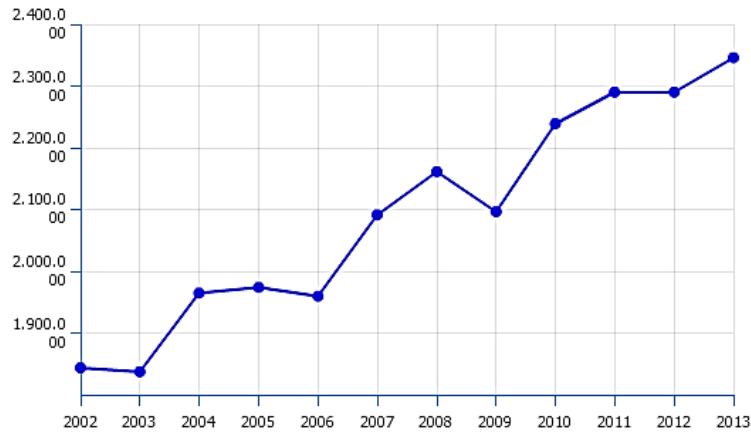
**Fig. 3:** RSU generados en la ciudad de Bogotá D.C (UAESP, 2014)

Año	RSU ton/mes	RSU ton/año	Tasa de generación
2010	187.383	2.248.596	0,03
2011	192.420	2.309.040	0,01
2012	189.740	2.276.880	0,03

**Fig. 4:** Proyección generación de residuos de Bogotá D.C (UAESP, 2013)

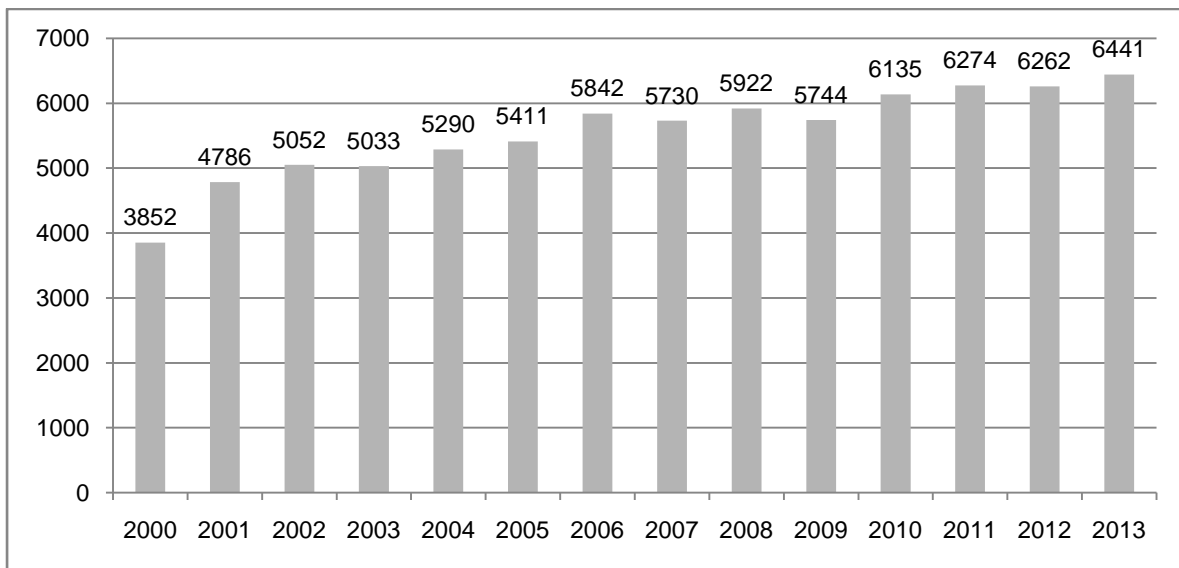
Año	Residuos (2)		Residuos por habitante (3)	
	ton/año	incremento	kg/día	incremento
2012	2,446,990	-	0.886	-
2013	2,499,426	2.14%	0.893	0.79%
2014	2,551,862	2.10%	0.900	0.78%
2015	2,604,300	2.05%	0.906	0.67%
2016	2,656,735	2.01%	0.912	0.66%
2017	2,709,172	1.97%	0.918	0.66%
2018	2,761,607	1.94%	0.924	0.65%
2019	2,814,044	1.90%	0.930	0.65%
2020	2,866,479	1.86%	0.936	0.65%
2021	2,918,917	1.83%	0.941	0.53%
2022	2,971,353	1.80%	0.947	0.64%
2023	3,023,787	1.76%	0.952	0.53%
2024	3,076,226	1.73%	0.957	0.53%
2025	3,128,661	1.70%	0.962	0.52%
2026	3,181,097	1.68%	0.967	0.52%
2027	3,233,534	1.65%	0.972	0.52%
2028	3,285,972	1.62%	0.977	0.51%
2029	3,338,406	1.60%	0.981	0.41%
2030	3,390,844	1.57%	0.986	0.51%
2031	3,443,279	1.55%	0.990	0.41%
2032	3,495,715	1.52%	0.995	0.51%
2033	3,548,153	1.50%	0.999	0.40%
2034	3,600,588	1.48%	1.003	0.40%
2035	3,653,023	1.46%	1.007	0.40%

**Fig. 5:** Disposición de Residuos en el Relleno Sanitario Doña Juana (ton/año) (SDA, 2013)



Año	Disposición de RSU en el RSDJ Ton/año
2010	2.239.335
2011	2.290.285
2012	2.290.144
2013	2.345.920

**Fig.6:** Promedio diario/año de RSU (UAESP, 2014b)

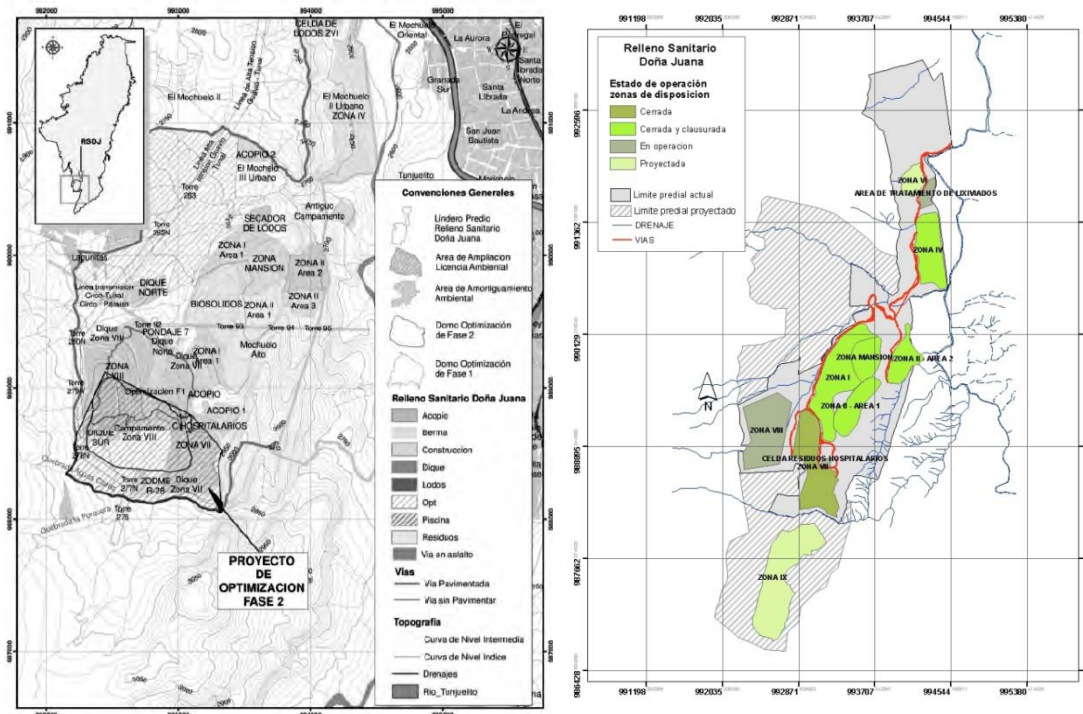


**Fig. 7:** Principales actores de la cadena de reciclaje en Bogotá (Corredor, 2010).  
\*Gremios: FENALCO, Cámara de comercio, CAMACOL, ANDI, ACOPI

Actividad	Organización o Institución
Prevención y separación en la fuente	SDA, Alcaldías, CAR, MADS, SE, operadores de aseo, UAESP, Gremios*, Administradores de propiedad horizontal, medios de comunicación, y organizaciones

	de recicladores.
Recolección y transporte	Consortios de aseo, organizaciones de recicladores, ONG's, ANIR, ACOREIN
Acopio, selección, clasificación y pre-transformación	ANIR, ACOREIN, ACOPLASTICOS, organizaciones de recicladores.
Comercialización de materias primas recuperadas	ANDI, industrias transformadoras
Organización y capacitación de recicladores y comercializadores.	Cámara de comercio, UAESP, SDIS, SENA, SDDE
Cooperación internacional	AVINA, FUNDES, ECOFONDO, Banco Interamericano de Desarrollo Económico, Banco Mundial

**Fig. 8** Ubicación de la Zona de Optimización Fase II (UAESP & JICA, 2013)



## 10.2 Materiales Potencialmente Reciclables

La Resolución 799 de 2012, establece el listado detallado de los materiales reciclables y no reciclables; y según esto, en la tabla se relacionan MPR.

### Papel y Cartón

El papel, según la CEMPRE, se puede clasificar en papeles de oficina e industria, papel para fines sanitarios, y papel para embalaje; adicionalmente, se hace

referencia a materiales especiales como los encerrados, fotográficos o plásticos, como las revistas. En cuanto al cartón, generalmente se utiliza en cajas de almacenamiento y transporte; las plegadizas se utilizan como empaque de alimentos, medicinas o cigarrillos; el cartón Kraft se utiliza en sobres, sacos, bultos o pliegos (Castellanos *et al.*, 2013).

El 51% de las fibras utilizadas en Colombia provienen de papel reciclado y se han considerado cifras de recuperación alrededor de los 675.200 ton/año; el mercado de estos materiales recuperados es liderado por empresas como Corrugados de Colombia y Empacor en Bogotá, Kimberly-Colpapel, Fibras Nacionales, y Familia demanda de papel blanco, y Smurfit Cartón de Colombia demanda de papeles oscuros (Corredor, 2010).

### **Plásticos**

Pueden clasificarse en a) termoplásticos, que pueden ser fundidos con calor y son sometidos a varios procesos; entre estos se pueden encontrar el polietileno tereftalato (PET), polietileno de baja densidad (PEBD o LDPE), polietileno de alta densidad (PEAD o HDPE), polipropileno (PP), polietileno (PS) y polivincilcloreuro (PVC), y b) termofijos o termoestables, aquellos resistentes al calor que son moldeados por un proceso usual de transformación y no pueden volver a modificarse; entre ellos se encuentran las resinas fenólicas (baquelitas) y los poliuretanos (PU) Fig. 22(Anexos)(Castellanos *et al.*, 2013).

Según Corredor (2010), los residuos plásticos ofrecen un potencial de aprovechamiento significativos determinados por el poder adquisitivo de la población. Adicionalmente, y gracias a la falta de educación y costumbre de separación en la fuente, la calidad y cantidad de material recuperado no satisfacen la demanda del sector.

A nivel nacional, la industria de plástico incluye exportación de productos a Ecuador, Estados Unidos, México y Perú, y 312 empresas destacadas en el sector (54% con actividades económicas en Bogotá), 39 de las cuales desarrollan procesos de recuperación, reciclaje y comercialización post consumo y post industria de resina plástica (Corredor, 2010).

Como se mencionaba anteriormente, la calidad, presentación y volumen de los materiales determina la comercialización de resinas plásticas, y para su proceso de tratamiento comprende subprocesos como molido y peletizado para los plásticos rígidos, y picado, lavado, aglutinado y peletizado para los plásticos flexibles Fig. 23(Anexos). Así, la mayor demanda de resina recuperada se presenta en el PEBD, para la elaboración de bolsas de basura, y de los productos procesados es el aglutinado (Corredor, 2010).

Promoplast, Aproplast, Colorplastic, Tecnirec, Recioplast, Pet y Pet, Recuperados plásticos, Ferreplast, Reciclene y Skiplast son las empresas de Bogotá que se encargan de la pre-transformación de residuos recuperados (Corredor, 2010).

### **Vidrios**

Se usa principalmente para envasar alimentos o medicamentos, pero también como vidrio plano, bombillas, vajillas, adornos, cristales blindados o fibra óptica. Este material no pierde sus propiedades ni sus características durante procesos de



transformación, por lo tanto, su porcentaje de reciclaje es 100(Castellanoset *al.*, 2013).

## **Metales**

### **Chatarra**

Son todos aquellos metales que pueden ser recuperados y, según CEMPRE, se pueden clasificar en ferrosos pertenecientes a la industria de hierro y acero de electrodomésticos, vehículos, vigas de acero, vías férreas, envases de alimento, que se utilizan en fundiciones para la elaboración de forjas o láminas. Los no ferrosos son aquellos compuestos por láminas de aluminio y latas, cobre, plomo, zinc, níquel, titanio, cobalto, cromo; los residuos de aluminio son utilizados para laminas, extrusión o moldes, manijas, herrajes de puertas, piezas de automóvil, ventanas, puertas, filtros, utensilios de cocina, etc., el cobre es utilizado para fundiciones, refinar y producción de láminas, cables o barras(Castellanoset *al.*, 2013).

### **Tecnológicos**

Estos residuos se han convertido en un problema ambiental puesto que ha aumentado la demanda de productos innovadores, eficientes y de última generación cuyo mercado de aprovechamiento post-consumo, e incluso la adecuada disposición final, no se ha desarrollado de manera eficiente o en una escala significativa, aun cuando representan un riesgo para la salud por sus metales pesados (Corredor, 2010).

Los principales productos son celulares, computadores o electrodomésticos cuya vida útil puede variar entre uno, cuatro y siete años, entonces, los encargados de la extracción de algunas partes que pueden ser recicladas (transformadores, motores, balastos, resistencias, unidades de gas, baterías, pilas, fuentes de poder o tarjetas de memorias, entre otros) de estos son las chatarrerías. Actualmente, se importa aproximadamente 16500 toneladas de computadores, acumulando en cinco años entre 80000 y 140000 toneladas de residuos (Corredor, 2010).

Sin embargo, en el país se ha realizado campañas de recuperación de celulares, por ejemplo, permitiendo que las empresas de telefonía recuperaran 264600 elementos de equipos obsoletos que incluye sus periféricos (cargadores, tarjetas, baterías o auriculares), de los cuales el 90% fue exportado y el restante porcentaje fue destinado a centros de acopio donde se les aplicó el proceso de chatarrización con la extracción de iridio y oro (Corredor, 2010).










Como se mencionó con anterioridad, no se ha consolidado una industria de reciclaje de residuos tecnológicos, aun así, existen empresas que demandan estos residuos como Gaia Vitare Ltda., en Bogotá con capacidad de procesamiento de 50 ton/mes, Belmonto Trading que se encarga de la compra de equipos y su exportación a México y Estados Unidos para ser procesados por refinerías como SiPi Metals (Corredor, 2010).

**Fig. 22:** MPR Resolución 799 de 2012. \* Ver tabla de abreviaturas

<b>Material</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Papel y Cartón	Archivo	Libros, hojas impresas, cuadernos, revistas, papel regalo y cartulinas

	Envases de bebidas	Tetrapak y tetrabrik
	Cartón	Cajas, corrugado, tubos
	Kraft	Bolsas de cemento, de azúcar, de concentrados para animales
	Plegadizas	Empaques de bienes y productos, de cajas de cereal, de crema dental, de medicinas y de chicles.
	Periódicos y directorios	Papel periódico limpio, no amarillento, libre de contaminantes.
Plástico	*PET	Envases de bebidas, de medicamentos, champú, aceite de cocina, teteros, tubos de hilo, escobas, ganchos, envases pequeños e inyectados.
	*PEAD	Bolsas que suenan, canastas de gaseosa, cerveza, frutas y verduras, envases de productos de aseo, contenedores, platonos y utensilios de cocina, juguetes y galones.
	*PVC	Productos imitación de cuero, tuberías, suelas, tejas, perfilería, pisos, guarda escobas, película envolvente de juguetes y alimentos, empaques de cera, crema dental, tarjetas de llamadas y bancarias.
	*PEBD	Bolsas que no suenan, bolsas de leche y agua, tapas de botellas y recipientes de alimentos
	*PP	Costales, desechables, empaques de jabón, termos, botilitos, zunchos, canastillas de fruta, etiquetas de gaseosas y jugos, empaque de frituras
	*PS	Desechables (vasos de yogurt), cubiertos desechables, artículos escolares (escuadras, transportadores), cajas de CD, ICOPOR: artículos desechables y accesorios para protección de empaque de electrodomésticos.
	Otros	Botellones de agua, marcos de gafas, acetatos: discos, radiografías y Nitritos: guantes.
Vidrio	Envases	Blanco, Verde, Ámbar y Azul.
	Cristalería	Loza y floreros.
Metales	Aluminio	Latas, ollas, planchas, papel y desechables, ganchos de ropa, bandejas y perfilería.
	Cobre	Amarillo, Rojo y cable encauchetado.
	Chatarra y varios	Tejas de zinc, enlatados y tarros, tapas de botellas, colapsibles, tubos de crema dental, estaño, níquel, bronce, plata, antimonio y acero
Textiles		Telas, trapos, lanas e hilos

**Fig. 23** Clasificación de los plásticos (Corredor, 2010; Castellanos, 2013)

Tipo de plásticos		Clasificación	Tipo de alistamiento	Simbología para reciclaje
Termoplásticos	Rígidos	PET transparente, azul, verde, aceite.	Molido y peletizado.	 PET Tereftalato de Polietileno
		PEAD natural, lechoso, negro		 HDPE Polietileno de Alta Densidad
		PP natural, blanco, negro		 PP Polipropileno
		PVC transparente, negro.		 PVC Cloruro de Polivinilo
	Flexibles	PEAD transparente, negro	Picado, lavado, aglutinado y peletizado.	 HDPE Polietileno de Alta Densidad
		PEBD transparente, negro		 LDPE Polietileno de baja densidad
		PP extruido transparente, negro, coextruido transparente, negro.		 PP Polipropileno
		PVC bolsa de suero, tubería, blando		 PVC Cloruro de Polivinilo
		PS cristal, expandido		 PS Poliestireno
	Termofijos	PU Baquelitas	No reciclables	

### 10.3 Propuesta

**Fig. 24:** Población por estrato y localidad en el año 2010, adaptación de(UAESP, 2010b)

ASE	1		2		3								4			5				6		Total Pobla.
CONCE-SIONARIO LOCALIDA	LIME		ATESA		ASEO CAPITAL								LIME				CIUDAD LIMPA					
ESTRATO*	Usaquén	Suba	Fontibón	Engativá	Chapinero	Barrios Unidos	Teusaquillo	Mártires	Santa Fe	Candelaria	Pte. Aranda	Tunjuelito	C. Bolívar	Antonio Nariño	Rafael Uribe	Usme	San Cristóbal	Kennedy	Bosa			
1	4,1	0,2	0,0	1,3	3,8	1,6	0,0	0,0	9,2	0,4	0,0	0,0	58,2	0,0	9,6	46,2	7,5	0,7	5,1	684.719		
2	7,1	37,5	19,9	24,9	14,0	0,0	0,0	8,2	62,7	51,1	0,3	57,3	37,1	4,7	49,3	52,5	77,4	52,5	87,5	2.884.685		
3	31,0	36,2	49,8	69,5	5,3	52,5	6,1	83,3	17,9	43,3	96,3	41,4	3,6	92,9	39,3	0,0	14,6	44,3	3,0	2.660.706		
4	27,5	13,9	28,0	3,6	31,4	42,4	81,1	8,1	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	693.507		
5	13,3	10,0	0,8	0,0	9,5	3,4	5,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	198.858		
6	15,7	0,9	0,0	0,0	35,3	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129.930		
<b>Total poblacional</b>	469.635	1.044.006	338.198	836.124	132.271	232.802	145.157	97.611	110.049	24.117	258.751	202.010	628.366	108.150	377.836	363.707	410.148	1.009.527	569.093	7.357.558		

\* Corresponde al porcentaje para cada estrato con respecto a la totalidad de la población de cada localidad.  
Abreviatura, en el caso de la tabla: ASE: Áreas de Servicio Exclusivo; Pobla.: Poblacional; Pte.: Puente, C: Ciudad

## ARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

(Licencia de uso)

Bogotá, D.C., 28 de enero de 2015

Señores

Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.

Pontificia Universidad Javeriana

Cuidad

La suscrita:

Andrea Carolina Gutiérrez Henao, con C.C. No. 1.018.457.752

En mi calidad de autor exclusivo de la obra titulada:

IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO DE MATERIAL POTENCIALMENTE RECICLABLE SOBRE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

Tesis doctoral		Trabajo de grado	X	Premio o distinción:	Si		No	X
----------------	--	------------------	---	----------------------	----	--	----	---

presentado y aprobado en el año 2014, por medio del presente escrito autorizo a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mi (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la	X	

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones		
6. La inclusión en la Biblioteca Digital PUJ (Sólo para la totalidad de las Tesis Doctorales y de Maestría y para aquellos trabajos de grado que hayan sido laureados o tengan mención de honor.)	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizo (garantizamos) en mi (nuestra) calidad de estudiante (s) y por ende autor (es) exclusivo (s), que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el (los) único (s) titular (es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA: Información Confidencial:**

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos

resultados finales no se han publicado.

Si  No

<b>NOMBRE COMPLETO</b>	<b>No. del documento de identidad</b>	<b>FIRMA</b>
Andrea Carolina Gutiérrez Henao	1018457752	

FACULTAD: Estudios Ambientales y Rurales

PROGRAMA ACADÉMICO: Ecología

**BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.  
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO**

**FORMULARIO**

<b>TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS DOCTORAL O TRABAJO DE GRADO</b>			
IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO DE MATERIAL POTENCIALMENTE RECICLABLE SOBRE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ D.C., COLOMBIA			
<b>SUBTÍTULO, SI LO TIENE</b>			
-----			
<b>AUTOR O AUTORES</b>			
<b>Apellidos Completos</b>		<b>Nombres Completos</b>	
Gutiérrez Henao		Andrea Carolina	
<b>DIRECTOR (ES) TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO</b>			
<b>Apellidos Completos</b>		<b>Nombres Completos</b>	
Castillo Ariza		José María	
<b>FACULTAD</b>			
Estudios Ambientales y Rurales			
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>			
<b>Tipo de programa ( seleccione con "x" )</b>			
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado
X			
<b>Nombre del programa académico</b>			
Ecología			
<b>Nombres y apellidos del director del programa académico</b>			

José Nicolás Urbina Cardona						
<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b>						
Ecóloga						
<b>PREMIO O DISTINCIÓN</b> (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):						
_____						
<b>CIUDAD</b>		<b>AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO</b>			<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>	
Bogotá D.C		2015			60	
<b>TIPO DE ILUSTRACIONES ( seleccione con "x" )</b>						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		X		X		
<b>SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO</b>						
<p><b>Nota:</b> En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.</p>						
_____						
<b>MATERIAL ACOMPAÑANTE</b>						
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO			
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?	
Vídeo						
Audio						
Multimedia						
Producción electrónica						
Otro Cuál?						
<b>DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS</b>						
<p>Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo <a href="mailto:biblioteca@javeriana.edu.co">biblioteca@javeriana.edu.co</a>, donde se les orientará).</p>						
<b>ESPAÑOL</b>			<b>INGLÉS</b>			
Manejo de residuos sólidos urbanos			Urban solid waste management			



Relleno Sanitario Doña Juana	Doña Juana landfill
Materiales potencialmente reciclables	Potentially recyclable materials
Lineamientos para la gestión de residuos sólidos	Guidelines for the management of urban solid wastes
<b>RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS</b>	
(Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)	
<p><b>Resumen</b></p> <p>En este trabajo de grado se presenta un análisis del impacto del manejo de residuos sólidos urbanos con el desarrollo de tres temas principales: la disposición de residuos sólidos urbanos en el Relleno Sanitario Doña Juana y aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables, instituciones públicas responsables y organizaciones de recicladores, y lineamientos para el aprovechamiento de materiales potencialmente reciclables. Para esto, se elaboraron escenarios de modelamiento matemático en el software STELLA 9.0 para los años 2014-2020, con base en el proyecto de la Zona de Optimización Fase II que presenta la Unidad Administrativa de Servicios Públicos; adicionalmente, se realizó una revisión de las acciones que se presentan en la actualidad y un análisis comparativo de las estrategias de manejo de residuos sólidos urbanos a nivel nacional e internacional, y finalmente, los resultados obtenidos permiten la propuesta de lineamientos para el manejo de residuos sólidos en la ciudad.</p> <p><b>Abstract</b></p> <p>This degree work presents an analysis of the impact from urban solid waste management with the development of 3 main topics: the disposal of solid urban waste in Doña Juana landfill and the use of potentially recyclable materials, responsible public institutions and recycling organizations, and the guidelines to make use of potentially recyclable materials. For this, mathematical models were developed in STELLA 9.0 software for the years 2014-2020, on base of the project from the Optimization Zone Fase II that presents the Public Services Administrative Unit (UAESP); additionally, a review of the actions presented at the moment and comparative analysis of strategies for urban solid wastes management at national and international level, and finally, the obtained results allow the proposed guidelines for the management of urban solid wastes for the city.</p>	