

**Universidad Autónoma Metropolitana**

Unidad Iztapalapa



**Casa abierta al tiempo**

División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Proyecto de grado

**Línea Base para la Evaluación y Manejo Adaptativo del Programa Basura Cero**

**Ecól. Carolina Gutiérrez Henao**

[carolina.gutierrez9210@gmail.com](mailto:carolina.gutierrez9210@gmail.com)

**Maestría en Ciencias (Energía y Medio Ambiente)**



Comité

**Dra. Beatriz Silva, M.B.E. Enrique Mendieta & Dr. Edgardo Rodríguez**

Ciudad de México, México

2018

*Director*

**Dra. Beatriz Adriana Silva Torres.** Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana.

*Co-asesor*

**M. Enrique Mendieta.** Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Autónoma Metropolitana.

*Co-asesor:*

**Dr. Edgardo Rodríguez Ortega.** Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

El jurado designado por la

**Comisión Académica del Posgrado en Energía y Medio Ambiente**

de la Unidad Iztapalapa, aprobó la tesis que presentó

**ANDREA CAROLINA GUTIÉRREZ HENAO**

El día **8** de **febrero** del año **2018**

**Miembros del Jurado**

*Presidente*

**Dr. César Rodríguez Ortega**

*Secretario*

**M. en B.E Enrique Mendieta**

*Vocal*

**Dra. Lyset Sandra Hernández**

*Vocal*

**M. en I. Guillermo Encarnación Aguilar**

## Índice de contenido

Tema: Gestión integral de residuos sólidos urbanos.....	5
1. Introducción.....	14
2. Marco Referencial .....	21
2.1. Marco conceptual .....	21
2.1.1. Evaluación de programas .....	21
2.1.2. Manejo adaptativo .....	22
2.1.3. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos .....	23
2.1.4. Programa Basura Cero .....	25
2.1.5. Conceptualización del marco integral para el MRSU .....	29
2.2. Marco teórico .....	44
2.2.1. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos .....	44
2.2.2. Programa Basura Cero .....	48
2.2.3. Indicadores de gestión en cada etapa de la cadena del MRSU para el PBC .....	50
2.3. Antecedentes .....	60
2.3.1. Casos de implementación o estudio del Programa Basura Cero.....	60
2.3.2. Estudios en el MRSU .....	62
2.3.3. Implementación de indicadores como herramienta de gestión en el MRSU .....	65
3. Objetivos.....	71
3.1. General.....	71
3.2. Específicos .....	71
4. Métodos .....	72
4.1. Procedimiento .....	72
4.2. Áreas de estudio .....	76
4.2.1. San Francisco, Estados Unidos, América del Norte .....	78
4.2.2. Buenos Aires, Argentina, América del Sur .....	81
4.2.3. Suecia, Europa .....	84
4.2.4. Ghana, África.....	86
4.2.5. India, Asia.....	88
4.2.6. Adelaida, Australia Meridional, Australia .....	90
5. Resultados.....	96
5.1. Indicadores .....	96
5.2. Implementación de la metodología de evaluación para cada caso de estudio .....	103

5.2.1.	San Francisco, Estados Unidos, América del Norte .....	104
5.2.2.	Buenos Aires, Argentina, América del Sur .....	108
5.2.3.	Suecia, Europa .....	113
5.2.4.	Ghana, África.....	118
5.2.5.	India, Asia.....	121
5.2.6.	Adelaida, Australia Meridional, Australia .....	124
6.	Análisis y Discusión.....	131
6.1.	Casos de estudio.....	132
6.1.1.	San Francisco, Estados Unidos, América del Norte .....	132
6.1.2.	Buenos Aires, Argentina, América del Sur .....	136
6.1.3.	Suecia, Europa .....	137
6.1.4.	Ghana, África.....	139
6.1.5.	India, Asia.....	141
6.1.6.	Adelaida, Australia Meridional, Australia .....	143
6.2.	Indicadores .....	149
7.	Conclusiones .....	153
8.	Recomendaciones.....	155
9.	Referencias.....	155
10.	Anexos.....	163

**Tema:** Gestión integral de residuos sólidos urbanos.

## Índice de Figuras

Figura 1. Cambio de paradigma en MRSU (Mulla-Saleh, 2012).....	18
Figura 2. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos (Adaptado de (ISWA, s.f)) .....	24
Figura 3. Conceptos simplificados del MRSU (Adaptado de Wilson et. Al (2015) .....	30
Figura 4. Flujo de las etapas de la cadena del manejo de residuos sólidos urbanos (adaptado de Mulla -Saleh (2012) e ISWA (s.f))......	36
Figura 5. Manejo de residuos sólidos urbanos: categorías e indicadores.(Elaboración propia).....	51
Figura 6. Diagrama de flujo para la depuración de indicadores (Elaboración propia) .....	74
Figura 7. Diagrama de flujo de la metodología(Elaboración propia).....	76
Figura 8. Ubicación geográfica de los casos de estudio (Adaptado de ISWA (s.f)).....	78
Figura 9. Caso de estudio: San Francisco - Crecimiento poblacional (Habitantes entre 1995 y 2015) (Suburban Stats, 2015).....	80
Figura 10. Caso de estudio: San Francisco - Etapas del MRSU en San Francisco en 2015.....	80
Figura 11. Caso de estudio: Buenos Aires – Crecimiento poblacional entre 1995 y 2015 (GBA, 2017).....	82
Figura 12. Etapas del MRSU en Buenos Aires en 2015 .....	83
Figura 13. Caso de estudio: Suecia - Crecimiento poblacional entre 1995 y 2015 (Eurostat, 2017).....	85
Figura 14. Etapas del MRSU en Suecia en 2015 .....	85
Figura 15. Caso de estudio: Ghana - Crecimiento poblacional entre 2000 y 2015 (UNStats, 2017).....	86
Figura 16. Etapas del MRSU en Ghana en 2015 .....	87
Figura 17. Caso de estudio: India - Crecimiento poblacional entre 2000 y 2020(Kharvel, 2012) .....	88
Figura 18. Etapas del MRSU en India en 2015 .....	89
Figura 19. Caso de estudio: Adelaida - Crecimiento poblacional 2003 a 2010 y proyecciones 2015 y 2020 (Zaman, 2014).....	91
Figura 20. Marco integral del MRSU usado para la selección de los indicadores del PBC (Elaboración propia).....	96
Figura 21. Caso de estudio: San Francisco - Consumo final privado (\$ - UMN de 1995 a 2015). .....	106
Figura 22. Caso de estudio: San Francisco – Disposición (toneladas de 1995 a 2015). .....	107
Figura 23. Caso de estudio: Buenos Aires - Consumo final privado (\$ - UMN de 1995 a 2015). .....	111
Figura 24. Caso de estudio: Buenos Aires – Generación de RSU (Toneladas de 2005 a 2015). .....	111
Figura 25. Caso de estudio: Buenos Aires - Cobertura de recolección (% de 2000 a 2015).....	112
Figura 26. Caso de estudio: Buenos Aires - Disposición final (toneladas de 1995 a 2015).....	112
Figura 27. Caso de estudio: Suecia – Consumo final privado (\$ - UMN de 2000 a 2015). .....	115
Figura 28. Caso de estudio: Suecia – Generación (Toneladas de 2000 a 2015). .....	115
Figura 29. Caso de estudio: Suecia – Residuos de comida y orgánicos (Toneladas de 2000 a 2015). .....	116
Figura 30. Caso de estudio: Suecia – Residuos voluminosos (Toneladas de 2000 a 2015). .....	116
Figura 31. Caso de estudio: Suecia – Reciclaje de residuos (Toneladas de 2000 a 2015). .....	116
Figura 32. Caso de estudio: Suecia – Residuos compostados (Toneladas de 2000 a 2015). .....	117
Figura 33. Caso de estudio: Suecia – Residuos dispuestos en relleno sanitario (Toneladas de 2000 a 2015). .....	117
Figura 34. Caso de estudio: Suecia – Tasa de desviación de RSU (% de 2000 a 2015).....	117
Figura 35. Caso de estudio: Ghana– Consumo final privado (\$ UMN de 2010 a 2015).....	120

Figura 36. Caso de estudio: Ghana– Generación (Toneladas de 2000 a 2015).....	120
Figura 37. Caso de estudio: Ghana– Residuos orgánicos (Toneladas de 2010 a 2015). .....	120
Figura 38. Caso de estudio: India– Consumo final privado (\$ - UMN 2011 a 2015).....	123
Figura 39. Caso de estudio: India– Generación de RSU (Toneladas de 2011 a 2020). .....	123
Figura 40. Caso de estudio: Adelaida - Consumo final privado (\$- UMN de 2005 a 2015) .....	126
Figura 41. Caso de estudio: Adelaida - Generación de RSU (Toneladas de 2005 a 2015).....	127
Figura 42. Caso de estudio: Adelaida - Residuos orgánicos (Toneladas de 2005 a 2015).....	127
Figura 43. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de papel (Toneladas de 2005 a 2015).....	128
Figura 44. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de plástico (Toneladas de 2005 a 2015).....	128
Figura 45. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de metal (Toneladas de 2005 a 2015).....	129
Figura 46. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de vidrio (Toneladas de 2005 a 2015).....	129
Figura 47. Caso de estudio: Adelaida - Residuos reciclados (Toneladas de 2005 a 2015).....	130
Figura 48. Caso de estudio: Adelaida - Residuos compostados (Toneladas de 2005 a 2015) .....	130
Figura 49. Caso de estudio: Adelaida - Tasa de desviación de RSU (% de 2005 a 2015).....	131
Figura 50. Caso de estudio: Adelaida - Disposición final en rellenos sanitarios (Toneladas de 2005 a 2015) .....	131

## Índice de Tablas

Tabla 1. Antecedentes Programa Basura Cero (Elaboración propia) .....	60
Tabla 2. Antecedentes Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (Elaboración propia).....	62
Tabla 3. Antecedentes indicadores de gestión en el manejo de residuos sólidos urbanos (Elaboración propia) .....	65
Tabla 4. Marcadores de la matriz de indicadores (Elaboración propia) .....	75
Tabla 5. Contexto particular: Información general de la localidad.....	99
Tabla 6. Ejemplo de un posible conjunto de indicadores para la evaluación del PBC (Elaboración propia)..	103
Tabla 7. Matriz de indicadores - San Francisco.....	105
Tabla 8. Matriz de indicadores – Buenos Aires.....	109
Tabla 9. Matriz de indicadores - Suecia.....	113
Tabla 10. Matriz de indicadores - Ghana .....	118
Tabla 11. Matriz de indicadores – India .....	121
Tabla 12. Matriz de indicadores – Adelaida.....	125



## Índice de Boxes

Box 1. Manejo adaptativo para la resolución de problemas ambientales (Zaccagnini et.al, 2014). .....	23
Box 2. Normativa aplicada para Suecia y San Francisco (2000- 2010) (ETC/SCP, 2013) (Gokldas, 2012). .....	33
Box 3. Residuos sólidos municipales: 'minería urbana' (Delgado, 2015).....	59
Box 4. Evaluación y manejo adaptativo del Programa Basura Cero para la Ciudad de México.....	146

## Glosario

De acuerdo con el Art. 5 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se presenta la relación de conceptos que se establecen en la ley y que se han utilizado a lo largo del documento.

<b>Término según la LGPGIRS</b>	<b>Definición</b>
Aprovechamiento de los Residuos	Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, re manufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía
Co-procesamiento	Integración ambientalmente segura de los residuos generados por una industria o fuente conocida, como insumo a otro proceso productivo
Disposición Final	Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos
Generación	Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo
Gestión Integral de Residuos	Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región
Incineración	Cualquier proceso para reducir el volumen y descomponer o cambiar la composición física, química o biológica de un residuo sólido, líquido o gaseoso, mediante oxidación térmica, en la cual todos los factores de combustión, como la temperatura, el tiempo de retención y la turbulencia, pueden ser controlados, a fin de alcanzar la eficiencia, eficacia y los parámetros ambientales previamente establecidos. En esta definición se incluye la pirolisis, la gasificación y plasma, sólo cuando los subproductos combustibles generados en estos procesos sean sometidos a combustión en un ambiente rico en oxígeno
Inventario de Residuos	Base de datos en la cual se asientan con orden y clasificación los volúmenes de generación de los diferentes residuos, que se integra a partir de la información proporcionada por los generadores en los formatos establecidos pa ra tal fin, de conformidad con lo dispuesto en este ordenamiento
Lixiviado	Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos
Manejo Integral	Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co - procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social
Material	Sustancia, compuesto o mezcla de ellos, que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y de los

	residuos que éstos generan
Plan de Manejo	Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno
Proceso Productivo	Conjunto de actividades relacionadas con la extracción, beneficio, transformación, procesamiento y/o utilización de materiales para producir bienes y servicios
Producción Limpia	Proceso productivo en el cual se adoptan métodos, técnicas y prácticas, o incorporan mejoras, tendientes a incrementar la eficiencia ambiental de los mismos en términos de aprovechamiento de la energía e insumos y de prevención o reducción de la generación de residuos
Producto	Bien que generan los procesos productivos a partir de la utilización de materiales primarios o secundarios. Para los fines de los planes de manejo, un producto envasado comprende sus ingredientes o componentes y su envase
Programas	Serie ordenada de actividades y operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de esta Ley
Reciclado	Transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos
Residuo	Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven
Residuos Sólidos Urbanos	Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole
Responsabilidad Compartida	Principio mediante el cual se reconoce que los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son generados a partir de la realización de actividades que satisfacen necesidades de la sociedad, mediante cadenas de valor tipo producción, proceso, envasado, distribución, consumo de productos, y que, en consecuencia, su manejo integral es una corresponsabilidad social y requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de productores, distribuidores, consumidores, usuarios de subproductos, y de los tres órdenes de gobierno según corresponda, bajo un esquema de factibilidad de mercado y eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social
Reutilización	El empleo de un material o residuo previamente usado, sin que medie un proceso de transformación
Separación Primaria	Acción de segregar los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en orgánicos e inorgánicos, en los términos de esta Ley
Separación Secundaria	Acción de segregar entre sí los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que sean inorgánicos y susceptibles de ser valorizados en los términos de esta Ley
Tratamiento	Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se

	cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad
Valorización	Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica

#### Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
MRSU	Manejo de residuos sólidos urbanos
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RO	Residuos orgánicos
UMN	Unidad de medida nacional
NI	No hay información
R	
T	
TI	

## Resumen

Como respuesta al aumento de población, asentamientos en zonas urbanas y cambios en los patrones de consumo, la generación de residuos sólidos ha aumentado de manera exponencial.

El Programa Basura Cero es una estrategia de gestión que surge como respuesta a esta problemática y que busca mitigar los impactos negativos del inadecuado manejo que se le ha dado a estos residuos; sin embargo, no cuenta con una metodología que permita evaluar el desempeño de los esfuerzos que se realizan para alcanzar las metas del Programa.

Por lo tanto, surge la necesidad de desarrollar una herramienta de gestión basada en indicadores que permite estandarizar dicha metodología otorgando a los tomadores de decisiones una línea base para la evaluación del Programa que han implementado.

Así pues, se desarrolló el marco integral del manejo de residuos sólidos urbanos como propuesta conceptual en la gestión ambiental de residuos sólidos urbanos, y se generó una matriz de indicadores para la evaluación de las etapas de la cadena y los esfuerzos que se han realizado en cada una de estas etapas para alcanzar las metas del Programa en cuestión,

Para verificar la aplicabilidad de la metodología se realizó la implementación en seis casos de estudio con diferentes escalas geográficas y niveles de desarrollo económico, con la intención de estimar los alcances y limitaciones que se pudieran responder ante estas dos variables.

Finalmente, se logró la efectiva implementación en cada caso de estudio y se propusieron estrategias que podrían considerarse en cada caso para alcanzar las metas.

## 1. Introducción

La generación de residuos sólidos (RSU) asociada a los hábitos de consumo incrementa el rango de contaminación a nivel mundial (Noruega *et al.*, 2010 & Ma *et al.*, 2016). Como menciona Wilson (2003), la contaminación y el crecimiento poblacional son unas de las principales causas de los problemas ambientales, una relación directamente proporcional, y con influencia mutua en las diferentes etapas<sup>1</sup> del manejo de residuos sólidos urbanos (MRSU<sup>2</sup>). Adicionalmente, el auge económico, la rápida urbanización y el aumento de los estándares de vida de la comunidad han acelerado la generación de residuos en el mundo (Song, Li, & Zeng, 2015), hasta el punto en el que el 70% de los RSU provienen de las ciudades (Silva *et al.*, 2016).

Los altos estándares de vida de la creciente población han resultado en el incremento de la cantidad y variedad de RSU generados. Recientemente se ha planteado que, con las tendencias actuales de generación de RSU, los esfuerzos hasta ahora implementados no serán suficientes para poder dirimir de una forma eficiente esta problemática (Rajashekar *et al.*, 2015).

Entre los principales problemas antrópicos de los residuos sólidos se encuentran aquellos que se relacionan con el tema de la salud pública; debido a que, la disposición y mal manejo de los residuos expone a la población a contaminantes, plagas o microorganismos que pueden generar en el corto, mediano y largo plazo la aparición de enfermedades como cólera. Las poblaciones más vulnerables continúan sufriendo las mayores consecuencias de la inequidad por el mal manejo de los recursos naturales limitados, y esto responde a que existen muy pocos modelos para el MRSU que incluyan aspectos sociales, ya que solamente se centran en temas económicos

---

<sup>1</sup> Etapas de la cadena de manejo de residuos sólidos: Generación, Recuperación, Recolección y Transporte, Almacenamiento, Pre-transformación, y Transformación (Corredor, 2010).

<sup>2</sup> De acuerdo con el glosario que se presentó inicialmente, la ley menciona el término solamente como 'manejo de residuos' pero con la intención de facilitar la lectura se integra en sílabas dicho término de la ley y, los específicamente implicados, residuos sólidos urbanos. Estas sílabas a su vez refieren a *municipal solid waste management* que diferentes autores han utilizado y que presentan en sílabas como *MSWM*.

y medio ambientales, dejando a un lado a los agentes interesados o actores como el gobierno, la industria, el sector privado o el sector informal como proveedores de servicios a la comunidad local (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

Así mismo, los problemas asociados con los RSU también se evidencian en el medio ambiente, considerando que el objetivo de disposición siempre ha sido alejar los RSU de las ciudades con diferentes métodos que, anteriormente, incluían los cuerpos de agua con impactos que han generado degradación de lagos, ríos y mares; y asociado a esto, la contaminación de suelos. Igualmente se ve reflejada en contaminación atmosférica con emisión de gases como el metano, por las quemas y la disposición en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto (UN HABITAT, 2010) & (Gaggero & Ordoñez, s.f).

Desde el 2005 a 2015, los RSU globales incrementaron de 0.68 billones de tons/año o 0.64 kg/día *per cápita*, a 1.3 billones de ton/año o 1.2 kg/día *per cápita* (Song *et al.*, 2015) (Scarlat *et al.*, 2015). El incremento en la generación de estos residuos está directamente relacionado con el consumo de los recursos (Zaman & Lehmann, 2011). En este sentido, el MRSU se ha convertido en un asunto de índole mundial.

Residuo es el símbolo de la cualquier ineficiencia en la sociedad moderna, y de una mala administración de recursos (Song, Li, & Zeng, 2015).

Por otra parte, es muy difícil asignar un precio a los recursos ambientales porque su valor varía de acuerdo con el deseo e inclinación, y la materialización que se le da culturalmente. Sin embargo, regulaciones, impuestos y políticas influyen y direccionan el MRSU; por ejemplo, prohibir la llegada de residuos orgánicos al relleno sanitario ha sido el catalizador para generar un efectivo compostaje y digestión anaeróbica. Igualmente, asignarle un valor monetario e incentivos fiscales promueve separación de residuos en contenedores y porcentaje de residuos de

empaques reciclados; por ejemplo, para 2010 en Australia del Sur el 84% de botellas de vidrio y latas fueron recuperados. En este orden de ideas, la implementación de políticas y regulaciones ha tenido una influencia significativa en el desarrollo del MRSU, y las ciudades deberían continuar implementándolas (Zaman & Lehmann, 2011); esto es debido a que se le ha asignado el mencionado valor a los residuos a través de un cambio en las percepciones y comportamientos individuales del consumo sustentable (Zaman, 2014).

El MRSU es uno de los servicios públicos más complejos y costosos, aun cuando se ha logrado una adecuada organización y operación; entre un 20 y 50% del presupuesto municipal en los países en vía de desarrollo es destinado al MRSU, y de este rango porcentual, entre 80 y 90% es destinado a recolección; el servicio suele cubrir solo entre el 40 y 70% de todos los RSU, dejando a más del 50% de la población sin el servicio (Scarlat *et al.*, 2015).

Anualmente, se realiza la extracción de 120 a 130 billones de toneladas de recursos naturales (Song *et al.*, 2015) que son transformados rápidamente en RSU, como resultado de las actividades de consumo (Zaman, 2014). A pesar de que, como se ha mencionado antes, el MRSU es la principal estrategia para mitigar los impactos negativos de los RSU (Rajashekar *et al.*, 2015), no ha recibido mucha atención en el proceso de planeación de las ciudades como sectores de agua o energía (Song *et al.*, 2015 & Zaman & Lehmann, 2011); aun cuando el principal propósito de las estrategias del MRSU es lograr encaminar temas asociados con salud, ambiente, estética, uso de suelo, recursos y economía con la inapropiada disposición de residuos.



Se trata de un tema que genera preocupación constante para la comunidad mundial, naciones, municipios, corporaciones e individuos alrededor del mundo (Marshall & Farahbakhsh, 2013), y se vuelve necesario y urgente cuando (i) la estructura de la comunidad cambia de rural con poca densidad y población dispersa, a una urbana con alta densidad, y (ii) la industrialización ha introducido una gran cantidad de productos que la naturaleza no puede asimilar con facilidad o que solo se descomponen en periodos largos de tiempo (Song *et al.*, 2015).

Las tecnologías innovadoras para la recuperación de recursos de los residuos son esenciales para evitar el agotamiento de los recursos finitos y los materiales vírgenes del planeta, así mismo, estas tecnologías que se emplean para el MRSU en la reducción del volumen y recuperación de recursos deben ser adaptables a un contexto futuro. Además, los consumidores deben ser conscientes del hecho de que los residuos son recursos (residuos de comida, electrónicos, vidrio y empaque) y, por ende, tienen un valor; así mismo, la legislación es necesaria para lograr que los fabricantes de productos y las compañías de construcción operen con materiales más eficientes y de manera menos derrochadora (Zaman & Lehmann, 2011).

Las principales y actuales estrategias de MRSU (i) proponen desviar los RSU del relleno sanitario a través de instrumentos de políticas regionales difundidas con orientación económica como tarifas de RSU, impuestos y gravámenes al relleno sanitario, o cargos sobre el lema: '*pay as you throw* (pagar por lo que se tira)<sup>3</sup>', (ii) proponen algunas políticas más suaves como programas de educación o difusión en reciclaje, e implementación de programas para la separación y recolección (Silva *etcr al.*, 2016), y así mismo, (iii) se proponen otras políticas más integradoras; plantean que los residuos pueden considerarse como una fase intermedia en los

---

<sup>3</sup> PAYT: En las comunidades que han implementado este programa, los residentes deben pagar por la recolección de los RSU, basado en la cantidad que cada quien dispone. Esto crea un incentivo económico directo para reciclar, pero principalmente para disminuir la generación.

procesos de consumo de recursos, con la demanda de un cambio drástico en los procesos tradicionales de manufactura hacia el diseño ‘*cradle-to-cradle* ( de la cuna a la cuna)<sup>4</sup>’ (Zaman, 2014).

El MRSU es uno de los principales ejemplos en donde se necesita considerar integradamente a los sectores ambientales, sociales y económicos para lograr una política de sustentabilidad; entonces, se ha desarrollado una idea conocida como ‘*economía circular*’, en donde, producción y consumo sustentable son encaminados a la mejora de la productividad de los recursos y su ecoeficiencia, en orden de reducir los impactos ambientales asociados a estas actividades. La economía circular va de la mano con la incorporación de *Zero Waste Program* – en español y para este documento **Programa Basura Cero (PBC)**–, y de estructuras políticas para el manejo sustentable de materiales bajo el desarrollo de un marco económico y un modelo de mercado que se enfoque en el aumento de energía y materiales de los RSU que pueden ser recuperados (Silva *et al.*, 2016).

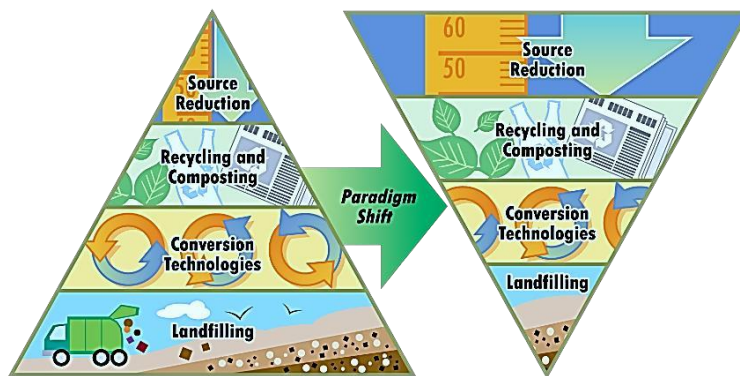


Figura 1. Cambio de paradigma en MRSU (Mulla-Saleh, 2012)

<sup>4</sup> *Cradle to Cradle*: Es una formulación de la forma como se conciben las cosas, un nuevo enfoque para el diseño inteligente de productos, proceso y sistemas, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de un producto, optimizando el material, su potencial de reciclaje, la posibilidad de ser convertido en energía con su transformación, que cuente con eficiencia en el uso y calidad de agua, y responsabilidad social.

Bajo este marco, se pretende integrar algunas políticas o estrategias buscando mitigar la generación de RSU de una manera tal, que la intervención en los procesos que se llevan a cabo dentro del ciclo de generación de éstos pasen por un tratamiento de reciclaje o compostaje, según corresponda, dejando así una pequeña cantidad para disponer en el relleno sanitario, como se muestra en la Figura 1 (Mulla-Saleh, 2012).

Con el fin lograr lo antes expuesto, se desarrolla el **PBC**, como una meta y plan de acción al mismo tiempo: la meta es garantizar la recuperación y protección de los recursos para que no terminen en incineradores, vertederos o rellenos sanitarios; y el plan abarca la reducción, compostaje, reciclaje o reutilización de residuos, así como 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 en la fuente (GAIA, 2012; Zaman *et al.*, 2011 & 2013).

Así pues, se pretende que los RSU no lleguen directamente a la disposición final, procurando reforzar las acciones durante la cadena de manejo para que se logre el mayor aprovechamiento de los recursos, razón por la cual, el principal indicador del programa es el **porcentaje de desviación**, mismo sobre el cual se plantean las metas y se evalúan los progresos. Se verá más adelante con la implementación de a la matriz de indicadores que todas las acciones permiten aumentar este porcentaje alcanzando un 100% de desviación, es decir cero basura que llega a disponerse.

Por otra parte, se tiene que la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas; por lo tanto, el diseño de ciudades sustentables se ha convertido en un reto, y el MRSU es considerado de los mayores desafíos, por problemas relacionados con el alto consumo en papel, empaques, comida

y tecnología. Para lo cual, se presenta PBC como el diseño y el manejo de productos y procesos sistemáticamente para evitar los residuos y el desperdicio de materiales, y para conservar y recuperar todos los recursos de los flujos de RSU (Zaman & Lehmann, 2011).

Existen casos, a nivel mundial, de la implementación de PBC y el éxito del modelo implementado. Se presenta Chicago - Estados Unidos de Norte América (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012), Flanders - Bélgica, conocido como el país europeo con el mejor programa de prevención y reciclaje, Islas Canarias - España (Santamarta *et al.*, 2012), Mecheria - Alegeria (GAIA, 2012) y Bogotá - Colombia (MMA, 2011), por mencionar algunos.

Es un reto para los tomadores de decisiones lograr una efectiva evaluación del progreso en las estrategias de MRSU, por lo tanto, es importante desarrollar una herramienta para la evaluación de desempeño. Varios **indicadores** han sido desarrollados por los actores<sup>5</sup>, basados en sus propios intereses sociales, económicos, medio ambientales o tecnológicos; pero no se han planteado indicadores que sean de aplicación general o integradora. Varios estudios de indicadores para el MRSU se han conducido por investigadores a nivel mundial (Zaman, 2014), demostrando la utilidad de esa herramienta.

En materia del PBC, como la última y más aceptada estrategia para el manejo de RSU, tampoco se cuenta con una metodología que permita evaluar su eficiencia; para lo cual, **este proyecto busca proponer dicho método, con la identificación de indicadores estandar y la generación de una matriz que involucre un enfoque de manejo adaptativo y variedad de escalas geográficas. El resultado es la línea base para la evaluación del PBC como herramienta complementaria en la gestión de RSU.** Entonces, tomando como caso de estudio una locación de cada continente (tres países y tres ciudades), se implementará la evaluación con dicha matriz.

---

<sup>5</sup> Actores o *stakeholders* es un término que hace referencia a las personas, organizaciones, instituciones o empresas que están interesadas en un tema particular, en este caso, la gestión de RSU.

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Marco conceptual

#### 2.1.1. Evaluación de programas

Un programa es el conjunto de proyectos que buscan alcanzar el mismo objetivo con la implementación de varias estrategias de intervención, así es como un proyecto se entiende como la asignación de recursos a un conjunto de actividades que pretenden transformar una porción de la realidad al solucionar un problema tras la mitigación o eliminación un déficit (Perea, s.f). Los programas y proyectos se enmarcan en una política, dando las orientaciones para la priorización de los problemas y definiendo los límites de intervención. La evaluación de un programa se plantea para lograr tomar decisiones o alternativas que permitan el mejor funcionamiento de este. Se realiza según la etapa el ciclo de vida del proyecto: al iniciar el proyecto se busca ordenar las alternativas en función de su beneficio (costos e impactos) y al finalizar o en la marcha (*ex - post*) del proyecto, se aplica una evaluación para determinar el alcance de los objetivos y posibles mejorías. La evaluación se considera el marco de referencia para la formulación del programa, pues este no se puede presentar a menos que se conozcan las metodologías de evaluación que permiten determinar cuál es la información que se debe recopilar para la formulación de este programa. La evaluación busca proporcionar información verídica de la eficiencia, impacto y viabilidad de un programa, al ser una herramienta sistemática de criterios, técnicas y análisis para la toma de decisiones (Ibídem).

La evaluación se puede presentar de acuerdo a la ubicación temporal (previa, simultánea, final o posterior al programa), a su objetivo (teniendo en cuenta su propósito, naturaleza, escala, niveles), a quien la realiza (agentes externos, internos, mixta o participativa) y a los instrumentos o técnicas (cualitativos o cuantitativos) entre los que se encuentran los indicadores (también se

incluyen técnicas económicas como costo-beneficio, y las encuestas y mediciones directas) como estrategia central del enfoque del marco lógico (*Ibidem*) .

λ Indicadores.

Como instrumentos de seguimiento los indicadores tienen el objetivo de describir el comportamiento de alguna variable, al ser “una medida observable para demostrar que algo ha cambiado”. El indicador da una idea del resultado que se quiere alcanzar (*Ibidem*). La construcción de esta herramienta se realiza a partir de fuentes atomizadas, dispersas y variadas como encuestas, registros administrativos, estaciones de monitoreo, estimaciones y modelos. Elaborar los indicadores requiere un sostenimiento en el tiempo de forma dinámica y adaptativa. Los principales usos en la gestión ambiental se presentan para determinar el estado del medio ambiente, panoramas de sostenibilidad, y para aportar en la toma de decisiones, elaboración de políticas públicas, fortalecimiento de la participación ciudadana y presentación de reportes a organismos internacionales.

### **2.1.2. Manejo adaptativo**

Es un concepto que busca construir conocimiento con base en los resultados, a través de un abordaje sistemático en busca de mejorías. Uno de los enfoques del manejo adaptativo es el ‘*Decision- Theoretic*’(decisión teórica) (concepto que se desarrolla en Box 1), que básicamente propone que el manejo adaptativo es básico en la toma de decisiones estructuradas y reiteradas en el tiempo, permitiendo así el aprendizaje y evitando la experimentación aun cuando se reconoce la incertidumbre de los resultados frente a las decisiones tomadas, por lo cual tiene la capacidad de ajustarse a las respuestas obtenidas. Para lograr abordar de manera adecuada el concepto, se debe tener en cuenta que (i) los problemas ambientales son parte de sistemas complejos, en donde los diversos factores crean escenarios diferentes aun en ecosistemas

similares, (ii) el ambiente es dinámico e impredecible con cambios lentos (clima) o rápidos (crisis económica), por lo que es necesario que el manejo cuente con la capacidad de responder a estas incertidumbres, (iii) la sociedad influye de manera directa, cambiante y adaptativa (uso de recursos, cambio de mercado), (iv) dado que la información es tan extensa y variante, nunca se logra contar con la totalidad de esta, pero la toma de decisiones es prioritaria y se debe avanzar con lo que se dispone, y (v) las mejoras son constantes, buscan la creatividad, flexibilidad y aprendizaje siempre procurando conversar y usar de manera sostenible los recursos y ecosistemas (Zaccagnini *et al.* 2014).

*Box 1. Manejo adaptativo para la resolución de problemas ambientales (Zaccagnini *et al.*, 2014).*

### **MANEJO ADAPTATIVO PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AMBIENTALES**

*María Elena Zaccagnini y Andrea P. Gojman (2014)*

Las problemáticas actuales en conservación y administración de los recursos naturales requieren la toma de decisiones

para lograr una efectiva acción de manejo o mitigación, según corresponda. Con el trabajo conjunto de métodos analíticos y ecología aplicada con una integración de puntos de vista, dinámicas de grupos o teoría de negociación se puede facilitar la toma de decisiones, otorgándoles un carácter participativo entre los actores involucrados a cada situación. Para tratar de alcanzar este ideal, se presenta **el manejo adaptativo** como una mejoría del manejo ambiental para los recursos naturales, sobre el cual se va construyendo el conocimiento en cuanto a (i) manejo de hábitat, uso del recurso, tasas de extracción, y (ii) asignación de fondos, concesiones de uso, legislación.

Existen varios enfoques para adoptar el manejo adaptativo, en este caso se considera el llamado 'decisión teórica', que considera el manejo adaptativo como la toma de decisiones estructuradas que se repiten en el tiempo permitiendo mejorar las decisiones que se han tomado y logrando un aprendizaje dinámico; se busca evitar un manejo experimental aunque se tienen en cuenta la incertidumbre y que una misma acción por más verídica y optimizada que se encuentre puede generar resultados inesperados, entonces, la decisión se toma con base en el resultado obtenido y no en el esperado. Es aquí donde se presenta otro de los enfoques más comunes del manejo adaptativo, el cual requiere de la experimentación para alcanzar dicha adaptación; se conoce como resiliencia-

### **2.1.3. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos**

Es una herramienta dinámica que incluye aspectos que van en un rango desde acción política y desarrollo institucional hasta diseño técnico de soluciones integradas para el manejo y

disposición de los RSU. El concepto busca la participación de los actores, previniendo la generación de los RSU y recuperación de los recursos, incluyendo la interacción con otros sistemas, y promoviendo la integración de diferentes escalas sociales (ciudades, vecindarios, caseríos, pueblos, municipios); sin dejar a un lado los aspectos técnicos, el MRSU reconoce que los factores sociales y políticos son los más importantes (ISWA, s.f).

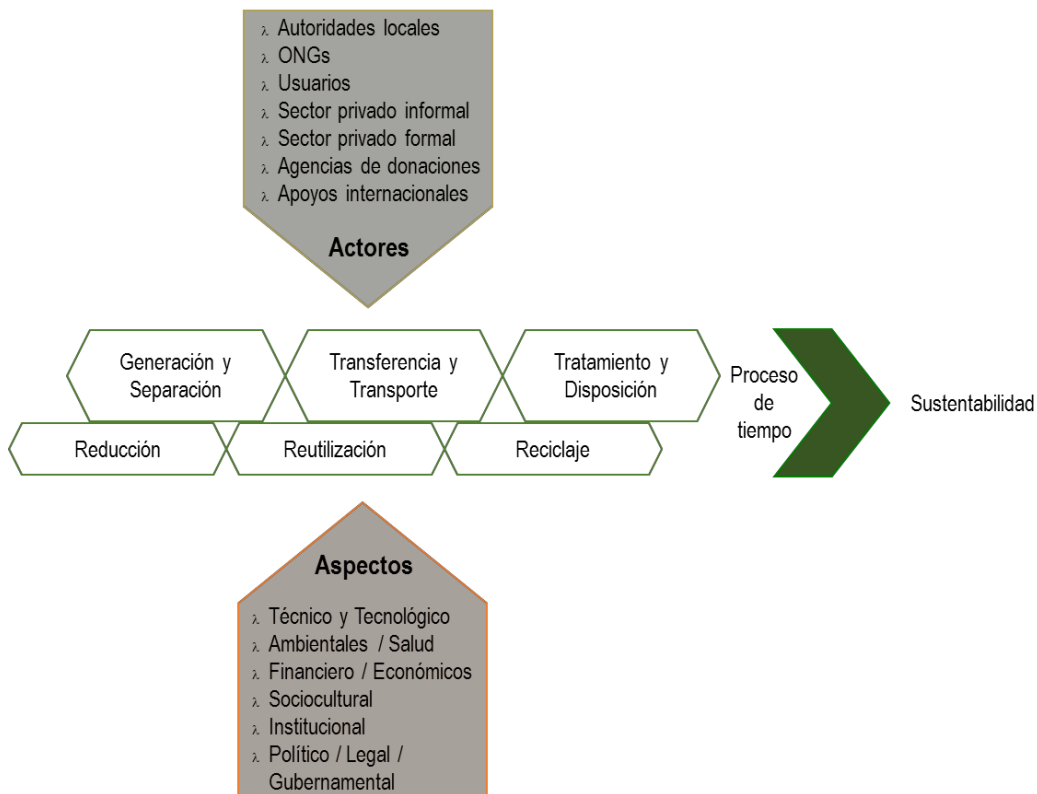


Figura 2. Manejo Integrado de Residuos Sólidos Urbanos (Adaptado de (ISWA, s.f))

Como se muestra en la Figura 2, el MRSU cuenta con tres dimensiones: los actores, los elementos del sistema de residuos y los aspectos del sistema de manejo, cada uno de los cuales es crucialmente importante y debe ser tomado en consideración durante el proceso de planeación. Entonces, (i) los actores: el MRSU, primero y más importante, se trata de la participación de los actores, como persona y organización que tienen fuerte interés, en este caso, manejo de residuos;



por definición, los actores desempeñan diferentes roles e intereses con relación al MRSU, el reto para un manejo integrado es lograr que cooperen las distintas partes para lograr un propósito en común y poder mejorar el sistema de residuos, (ii) los elementos del sistema de residuos: se refiere a cómo se están manejando los RSU y en dónde terminan. Este punto de disposición en particular tiene fuertes implicaciones ambientales y es la razón por la cual las instituciones nacionales que trabajan estos temas tienen la idea de tomar la jerarquía de MRSU como una directriz de política operativa. El enfoque de los esfuerzos es también una piedra angular del MRSU, dándole prioridad a la prevención, minimización, reciclaje, reutilización y a cualquier forma de recuperación de materiales. Finalmente, (iii) los aspectos del sistema de manejo: se refiere a los aspectos de sustentabilidad, estos aspectos pueden ser definidos con principios, a través de los cuales el sistema de residuos existente puede ser juzgado y con el cual un nuevo o mejorado sistema puede ser planeado. Para que un nuevo o mejorado sistema pueda ser sustentable, necesita considerar todos los aspectos técnicos, ambientales, salubres, financieros y económicos, sociales y culturales, institucionales, y legales y políticos (ISWA, s.f).

#### **2.1.4. Programa Basura Cero**

El PBC, mencionado por primera vez en 1973 para la recuperación de residuos químicos (Palmer, 2004), pero se ha reconocido públicamente desde los años 90's, cuando Canberra se convirtió en la primera ciudad en adoptar el concepto como un programa (PBC) y como un objetivo oficial en 1995 con su meta a 2010, a continuación, en 1997, Nueva Zelanda estableció el *Zero Waste New Zeland Trust (ZWNZT)* para disminuir la generación de residuos. A lo largo de estos años se han presentado varias definiciones de PBC: "Un objetivo que busca diseñar nuevamente el ciclo que atraviesan los materiales y recursos a través de la sociedad generando

un enfoque de sistema integrado” (Zaman, 2015). Es un sistema de solución ‘final de proceso, asegura ZWNZT, que maximiza el reciclaje y minimiza los residuos, y un principio que asegura que los productos están hechos para ser reusados, reparados o reciclados a la naturaleza o al mercado, PBC busca que se ajuste el sistema industrial para que no se vea a la naturaleza como un suministro interminable de materiales (Tennant-Wood, 2003). En 2004, la Alianza Internacional de Basura Cero definió PBC como ‘un objetivo ético, económico, eficiente y visionario, para guiar a las personas en el cambio de sus prácticas y estilo de vida para emular ciclos naturales sustentables, en donde todos los materiales descartados se designen para llevar a ser recursos para otro uso. PBC significa designar y manejar productos y procesos para evitar y eliminar volumen y toxicidad de los residuos y materiales, conservando y recuperando todos los recursos, y no quemándolos o enterrándolos” (ISWA, s.f). Para Inglaterra se define como: “una forma sencilla en la que se busca llegar lo más lejos posible en la reducción del impacto medio ambiental de los residuos. Es una meta visionaria que busca prevenir la ocurrencia de residuos, conservar los recursos y recobrar todo el valor de los materiales” (Philips *et al.*, 2011). Finalmente, una de las definiciones más sencillas las proporciona el ministerio de ambiente de la ciudad de San Francisco, el *SF Environment* (2011), cuando define PBC como “enviar nada al relleno sanitario o a incinerar”. Son algunos de los conceptos más aceptados hasta ahora.

Es así como el PBC busca considerar todo el ciclo de vida de un producto desde la extracción hasta la disposición final, por lo tanto, se ha definido que un ciclo holístico de PBC incluye siete fases: (i) procesamiento y extracción de recursos, (ii) diseño del producto, (iii) manufactura, (iv) consumo y generación de residuos, (v) manejo de residuos, (vi) tratamiento y (vii) disposición; es importante que para cada una de las fases se presenten estudios que busque la evaluación de

eficiencia (Zaman, 2015). El atraso que se presenta particularmente en la conservación de recursos, control de la contaminación, y recuperación e integración de residuos en los enfoques de MRS, ha llevado a pensar en nuevas formas para enfrentar los típicos problemas de residuos (Zaman, 2014). Por lo tanto, PBC surgió en la última década como un método innovador para el MRSU (Zaman, 2015). Existen casos, a nivel mundial, de la implementación de este programa y el éxito del modelo implementado.

Cabe aclarar que esta tesis propone la evaluación desde la etapa de generación de los RSU en adelante, con la intención de acotar el estudio y lograr una mirada de la situación actual de las consecuencias que ha provocado la gestión ambiental en diferentes locaciones. Las etapas previas proveen información determinante para definir algunas de las causas de esta problemática, sin embargo, no se tomarán en cuenta en esta matriz.

A través de un análisis integrador de las ciudades y países que han implementado efectivamente PBC, se pueden señalar algunas directrices generales para el desarrollo estratégico de este programa. Se debe tener en cuenta que, a pesar de que el concepto fue introducido hace casi treinta años, aún esta en construcción; hasta ahora se han definido cuatro fases de estas directrices generales. Las fases son: prevenir, evitar, reducir y normatizar o reglamentar, de acuerdo con Zaman (2015).

La primera fase (prevenir) integra y aplica varios métodos y técnicas para la extracción de residuos, involucrando ecología industrial, de la cuna a la cuna y principios de energía verde. La extracción con estrategias PBC deberían asegurar la utilización de recursos existentes en la sociedad en lugar de utilizar materiales vírgenes o de fuentes no renovables, minimizando la

degradación ambiental y optimizando la utilización de los recursos a través de la eco-eficiencia. Se buscan productos que no estén diseñados para tener una vida corta, que sean fáciles de desarmar, reciclar y recuperar. Evitar, prevenir y reducir residuos es posible a través de la convicción y de un diseño sustentable para la producción y el consumo.

La segunda fase (evitar) asegura la responsabilidad de los ciudadanos en cuanto a lo que respecta los recursos. Prácticas de consumo responsable son muy importantes para las comunidades locales y globales. Las actuales prácticas de sobre-consumo generan una gran cantidad de residuos, y una significativa porción de estos puede ser minimizada y eliminada a través de comportamiento responsable y prácticas sustentables de consumo. Son necesarias las actitudes y decisiones individuales durante las actividades de consumo. Patrones de consumo que buscan la reducción de residuos son raramente generados por presión u orientación social, dependen meramente de la consciente y responsable toma de decisiones de cada individuo.

La tercera fase (reducir) involucra el tratamiento y manejo de residuos con estrategias de PBC. La separación en la fuente, clasificación, recolección, reciclaje y tratamiento de residuos debería seguir las directrices de este programa para optimizar la recuperación de los recursos con la mínima degradación ambiental. La responsabilidad de generar productos cuya vida útil sea extendida, es una de las herramientas para asegurar la administración de los productos y la protección del ambiente.

Finalmente, la cuarta fase (reglamentar) incluye toda la política regulatoria que sirve para guiar el desarrollo de PBC al promover sus programas y actividades con la restricción en incineración

y tecnologías de rellenos sanitarios. Las políticas y estrategias de PBC deben promover las actividades de reciclaje con la creación de trabajos y así, contribuir al crecimiento de la economía circular. Las herramientas de valoración de PBC son importantes para evaluar el programa en lo que respecta al desempeño en los aspectos socioeconómicos y medio ambientales. Esta política debe ser considerada para las anteriormente descritas fases del ciclo holístico de PBC.

### **2.1.5. Conceptualización del marco integral para el MRSU**

Uno de los principales aportes que este proyecto quiere realizar es la propuesta conceptual y gráfica del MRSU en un marco integral, es decir, presentar la forma de delimitar todos los elementos del MRSU que deben tenerse en cuenta, de manera holística o integral, para una toma de decisiones adecuada, oportuna e inclusiva.

A continuación se presenta una revisión de las propuestas que otros autores han realizado a cerca de este mismo tema con la intención de conocer los antecedentes y el contexto en el que se desarrolla el marco integral de esta tesis; primero con los conceptos que enmarcan la propuesta y segundo con los elementos que la componen y que delimitan sus alcances dando respuesta a ¿hasta qué punto del PBC y su ideal holístico este nuevo marco integral propuesto logra abarcar?.

### 2.1.5.1. Conceptos simplificados del MRSU

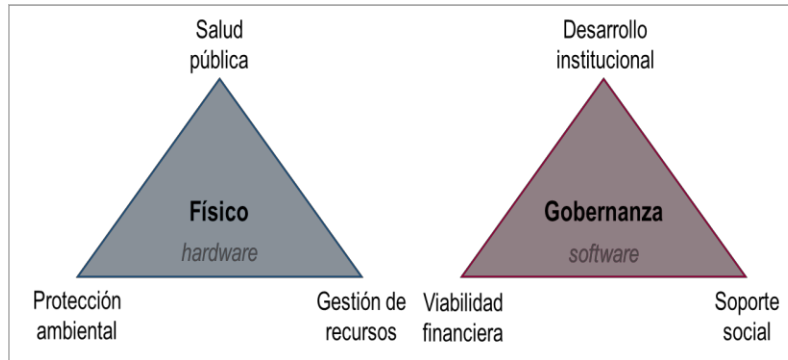


Figura 3. Conceptos simplificados del MRSU (Adaptado de Wilson et. Al (2015))

De acuerdo con Wilson *et. al* (2015) se puede representar el MRSU a través de dos triángulos, uno con los elementos físicos y el otro con las características de gobernanza (Figura 3). A continuación, se presenta una descripción del modelo. El primero representa tres elementos físicos clave para que cualquier sistema de manejo pueda ser direccionado y funcione de una manera sustentable en un largo periodo de tiempo, estos elementos son: (i) la salud pública: la cual busca mantener las condiciones de salud en las ciudades particularmente a través de un buen servicio de recolección, (ii) la protección ambiental: a través de la cadena de residuos, especialmente durante el tratamiento y disposición, y (iii) la gestión de recursos: cerrando el ciclo al retornar los materiales y nutrientes a un uso benéfico, a través de la prevención de la generación de residuos y esforzándose para alcanzar mayores tasas de residuos orgánicos, y lograr la recuperación, reutilización y reciclaje. Se conoce a este como el *hardware* del sistema de MRSU.

El segundo triángulo, se concentra en la buena gobernanza (estrategias, políticas y regulaciones) para llegar al buen funcionamiento del sistema. Esto significa que el sistema necesita tres elementos, los cuales son: (i) soporte social: ser inclusivo, proveer espacios transparentes para

que los actores contribuyan como usuarios, proveedores y facilitadores, (ii) viabilidad financiera: ser financieramente sustentable, pensado en costo-efectividad y asequibilidad, y (iii) desarrollo institucional: tener todo en la base de instituciones importantes y políticas proactivas. De esta manera, esta parte de la gobernanza es considerada como el *software*.

Cuando se realiza la planeación para un sistema de MRSU, es de gran importancia procurar una cooperación armoniosa y sustentable entre el *hardware* y el *software*. Tal y como se presentaría en cualquier computadora, a menos que el *hardware* sea apropiado para el *software* la computadora no va a funcionar de manera efectiva. Este tipo de situaciones se presenta cuando un enfoque convencional y tecnológico de MRSU se implementa en países emergentes y transicionales. Como resultado, las tecnologías fallan al intentar manejar los residuos de manera adecuada, porque esto involucra soluciones importadas, centralizadas burocráticas y adaptadas a diferentes condiciones socioeconómicas. Adicionalmente, la característica más importante del concepto de MRSU es demostrar que el sistema de manejo resulta de un comportamiento emergente y holístico entre el *hardware* combinado con el correcto *software* (*Ibídem*).

#### λ Aspectos físicos (*hardware*)

Salud pública (recolección): La remoción segura y el subsecuente MRSU está representado por uno de los principales servicios del ambiente urbano. La responsabilidad de las autoridades de proveer los servicios de recolección de RSU se remonta a la mitad del siglo XIX, cuando las enfermedades infecciosas se relacionaron, por primera vez, a la pobre salubridad y a los RSU no recolectados. En orden de buscar una efectiva recolección se han implementado diferentes enfoques a través de los años alrededor del mundo; sin embargo, no todos los esquemas de recolección son apropiados a las situaciones, por ejemplo, los países en desarrollo han utilizado el mismo sistema por años, adoptado de otros contextos sociales, culturales, económicos.

Protección ambiental (tratamiento y disposición): A través de las últimas décadas, naciones alrededor del mundo han buscado el control del aumento de los residuos y la protección del ambiente. Estos dos aspectos principales han llevado a la construcción de experiencias en el MRSU y han contribuido a migrar hacia aspectos modernos en cuanto a prácticas y técnicas se refiere, así como a temas de tratamiento y disposición. Países con alto ingreso han desarrollado estrategias eficientes y han dejado prácticas como rellenos sanitarios sin control a tecnologías controladas como incineradores. Así mismo, muchas ciudades de bajo y medio ingreso están trabajando en dejar los tiraderos de cielo abierto y pasar a disposiciones controladas.

Gestión de recursos (valorización de los materiales orgánicos y reciclables): Durante los pasados 10 a 20 años, los países de alto ingreso han redescubierto el valor del reciclaje de los residuos y recursos como parte de sus sistemas de manejo, y han invertido fuertemente en la infraestructura física y en las estrategias de comunicación para aumentar las tasas de reciclaje. Su principal motivación no es el valor de la mercancía de los materiales recuperados, probablemente es que el mercado de reciclaje está ofreciendo una alternativa frente a las cada vez más costosas técnicas de disposición como los rellenos sanitarios o los incineradores.

Por otra parte, muchos países en desarrollo han activado el sector informal con microempresas de reciclaje, reúso y reparación de sistemas, lo que representa una importante iniciativa para el establecimiento de estas actividades en el sector económico para mejorar las tasas deseables.

#### $\lambda$ Características de gobernanza (*software*)

Soporte social: una forma que generalmente lleva a que un plan de manejo fracase es la limitada o inexistente interacción con los actores. En contraste, los mejores planes de MRSU involucran a



los actores en la planeación, implementación y monitoreo. En este sentido, es fundamental que el organismo competente demuestre una serie de buenas prácticas en cuestiones tales como: consultas y comunicación o participación y planes de inclusión.

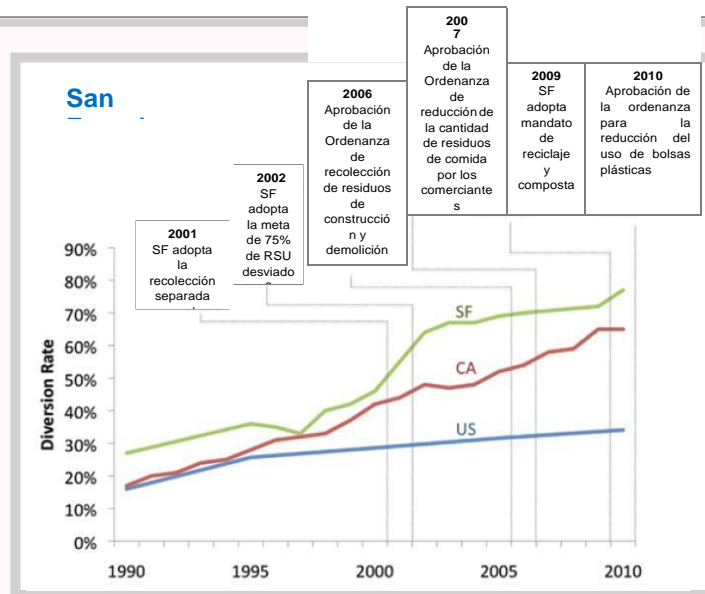
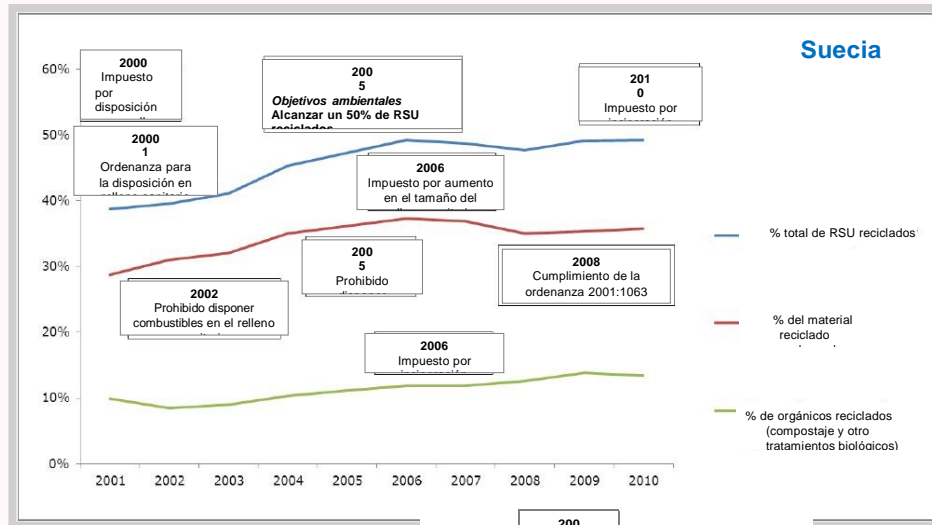
Viabilidad financiera: es uno de los objetivos principales para todas las ciudades del mundo. En países en vía de desarrollo, el MRSU representa una proporción significativa del presupuesto, variando entre el 3 y 15%. En países de alto ingreso, el costo del MRSU continúa aumentando a medida que las prácticas de manejo y disposición evolucionan. Los costos aumentan conforme a la adopción de medidas de protección ambiental cada vez más estrictas. En los próximos años, los países de bajo y medio ingreso también experimentarían un aumento en el costo del MRSU; esto se debe a que cada vez más se irá requiriendo un mejor equipo e instalaciones. Es prioritario que las autoridades responsables encuentren las óptimas formas de compensar los costos del MRSU para mantener la sustentabilidad económica de los planes.

Desarrollo institucional: Un marco institucional fuerte y transparente es esencial para una buena gobernanza en el MRSU; sin dicho marco, el sistema no funcionará a largo plazo. Adicionalmente, si los servicios están diseñados para ser efectivos, la ciudad debería tener la capacidad y la estructura organizacional para manejar las finanzas de una manera eficiente, para agilizar los trámites de gestión con la comunidad, y para escuchar a los usuarios. En la Box 2, se observa una serie de normativas que fueron aplicadas como proceso para alcanzar las metas del PBC en Suecia y San Francisco.

*Box 2. Normativa aplicada para Suecia y San Francisco (2000- 2010) (ETC/SCP, 2013) (Gokidas, 2012).*

**NORMATIVA APLICADA DEL 2000 AL 2010  
 PARA SUECIA (ETC/SCP, 2013) Y SAN FRANCISCO (Gokidas, 2012).  
 Ejemplos de éxito en el manejo de residuos sólidos urbanos**

Se presenta un ejemplo del software que Suecia y San Francisco han implementado como base normativa en el proceso para alcanzar el PBC.



*2.1.5.2. Etapas del MRSU*

A continuación se presenta una descripción de las etapas de manejo de residuos sólidos urbanos y una adaptación gráfica que permite entender las relaciones entre dichas etapas, de acuerdo a lo

expuesto por varios autores (por ejemplo: Zaman (2015) , Corredor (2010) y ISWA (s.f). Estas mismas etapas serán las que se utilicen en la matriz de indicadores más adelante (ver Tabla 6), entonces se presentarán los conceptos y elementos que se incluyen en cada etapa de la cadena.

Buscando relacionar con la propuesta de Mulla-Saleh (2012), se presenta en colores referentes a el marco integral de MRSU que se ve en la Figura 20, para que las etapas finales sean Consumo en azul, Reducción en la fuente ( en donde se incluye generación, separación en el fuente y recolección y transporte) en gris, Tratamiento en amarillo (teniendo reciclaje y composta), Tecnologías de conversión en rosado y Disposición final en verde (incluyendo relleno sanitario e incineración).

Adicionalmente, se presenta la generación de energía como un elemento que se busca alcanzar en términos de aprovechamiento, pues -en varias localidades que han implementado las metas en PBC- su opción de manejo incluye esta herramienta. Así mismo, la tasa de desviación como uno de los indicadores más determinantes en el PBC.

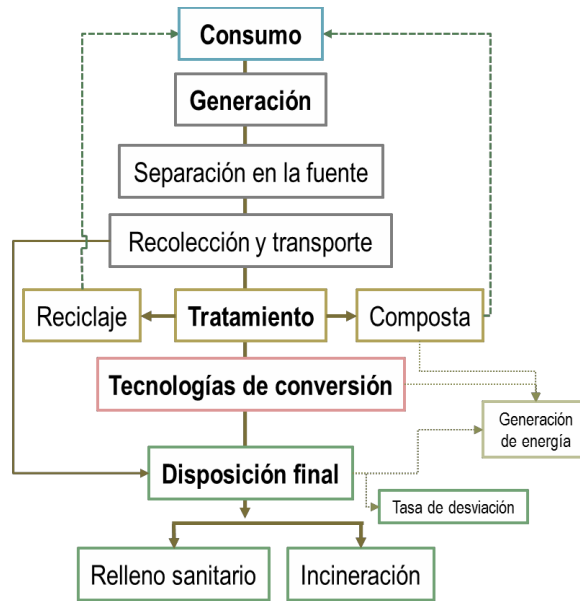


Figura 4. Flujo de las etapas de la cadena del manejo de residuos sólidos urbanos (adaptado de Mulla-Saleh (2012) e ISWA (s.f)).

#### λ Consumo

La palabra consumo originalmente significa ‘destruir -por fuego o enfermedad-, dilapar o agotar’, y podría decirse que el objetivo trasversal del PBC es evitar el agotamiento y derroche de los recursos naturales.

El consumo se presenta como uno de los principales motores de cambio en el MRSU, como se mencionará a lo largo del texto. La forma en que este factor puede impactar directamente en la generación de RSU, lo que permite enfocar los esfuerzos a esta etapa (Pardavé *et al.*, 2007). Para transformar los modelos de producción y consumo se debe procurar disminuir la utilización de materias primas y energía, optar por materiales renovables y buscar la reducción de residuos en el ciclo de vida del producto. Sugiere que el fabricante prefiera por tecnologías limpias, menor volumen de materiales y mayor vida útil de sus productos supone que el consumidor demandará con base en un perfil sustentable en cuanto a la elección y utilización del producto (Gaggero *et al.*, s.f). Finalmente, se requiere un análisis en los hábitos de consumo y en que los usuarios sean

conscientes del impacto ambiental que los productos y comportamientos pueden tener, para minimizar dicho consumo, evitando la generación de residuos (*Ibíd*em).

Esta etapa entra en la parte holística del PBC que se mencionaba anteriormente, por lo tanto, solamente será considerada en el análisis como una causa puntual y un dato basado en el `consumo final privado`.

#### λ Generación, separación en la fuente, recolección y transporte

El conjunto de estas etapas será conocido en la matriz de datos y su análisis como Reducción en la Fuente con la intención de enfatizar que este es el objetivo que se pretende alcanzar.

Entonces, de acuerdo con SAM (s.f), en esta etapa se considera la cantidad de RSU que se producen, la separación de estos para poder ser reciclados, reutilizados o reducidos para su aprovechamiento.

Así mismo, la recolección se trata de compilar todos los residuos que han sido dispuestos en la vía pública, para llevarlos a centros de acopio

En general, dentro de esta categoría se pretende evidenciar cuánta basura tienen la localidad y qué tipo de basura se generó.

#### λ Tratamiento

Generalmente son procesos que se presentan de manera informal y abarcan toda clase de productos que cuenten con la posibilidad de reincorporación en la cadena de mercado o de transformación (Corredor, 2010). Busca evitar que los residuos se dispongan directamente sin la posibilidad de extender su aprovechamiento, al utilizarlos de maneras alternativa o al ser sometidos bajo un proceso físico o químico. Existen varias técnicas o procesos para tratar los residuos previamente a la disposición, pero tras la revisión bibliográfica el reciclaje y el compostaje son los que cuentan con mayor implementación.

El reciclaje se ve impulsado por una cadena de valor que le otorga el mercado, y comprende el tratamiento post-consumo, investigación, minimización, aprovechamiento e incorporación en la cadena productiva, como eslabones para el reciclaje del material. Cada producto 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).

El compostaje es el proceso mediante el cual la fermentación microbiana de materia orgánica, en condiciones controladas (humedad constante, proporción de nitrógeno y carbono, y ventilación), puede transformar estos residuos en fertilizantes, e inclusive, un potencial generador de energía; a pesar de que es uno de los principales métodos de disposición final de RS, se limita por el tipo y depende de la efectiva separación en la fuente (Li *et al.*, 2016). Las principales ventajas de esta técnica son la sencillez para la implementación y los bajos costos de operación. Es el más reciente y popular método para la transformación de los residuos orgánicos; sin embargo, depende de una efectiva separación en la fuente ya que generalmente los RSU que pueden aprovecharse en el sistema vienen con vidrio, plástico, baterías, entre otros (Ma *et al.*, 2016).

#### λ Tecnologías de conversión

Son procesos térmicos, químicos, mecánicos o biológicos que tienen la capacidad de convertir RSU en productos y químicos, combustibles fósiles, y energía renovable y limpia. Más de 130 instalaciones comerciales, que procesan una amplia variedad de flujos de agua, operan en Europa y Asia como una alternativa segura y limpia a las prácticas tradicionales de gestión de residuos, como el vertido o la incineración. Las jurisdicciones de todo Estados Unidos están considerando estas tecnologías debido a sus beneficios que incluyen (i) opciones para diversificar el MRSU, (ii) generación de empleos, (iii) producción de energía y biocombustible, y (iv) reducción de

gases de efecto invernadero (GEI.) En comparación con la disposición directa en rellenos sanitarios, se tiene que estas tecnologías de conversión requieren menos espacio, son más eficientes en la generación de energía y produce mucho menos GEI y contaminación (SoCal, 2012).

Entre estas tecnologías se puede encontrar la gasificación, pirolisis o digestión anaerobia, que, a diferencia de la incineración, no busca quemar la basura. Son procesos que no involucran combustión. Los incineradores buscan combustión de sustancias orgánicas de los RSU produciendo contaminantes como dioxinas, furanos, NOx y SOx; mientras que las tecnologías de conversión aseguran un paso de limpieza del aire en su proceso, es más, al contar con gran variedad de control en la contaminación del aire, resultan emisiones aún más limpias, y adicionalmente, se generan una cantidad de productos que los incineradores no podrían como los químicos y los biocombustibles (*Ibidem*).

Otra de las ventajas de estas tecnologías es que tienen la capacidad de transformar gran variedad de materias primas como RSU, residuos hospitalarios, llantas, biosólidos, residuos agrícolas y forestales; tienen la capacidad de tratar los RSU aun cuando no están separados, y es la mejor opción para aquellos materiales que no tienen otra forma de ser reciclados (*Ibidem*).

#### λ Disposición final

La disposición final se puede presentar con diferentes técnicas que involucran desde botaderos a cielo abierto como practicas sin control y con muy altos impactos socioambientales, hasta rellenos sanitarios o plantas de incineración que tienen impactos socioambientales, pero que presentan mayor control. Cada técnica cuenta ventajas y desventajas que han limitado su implementación; por lo tanto, a continuación, se presenta una descripción de las dos técnicas con mayor implementación.

- Relleno sanitario

Es una técnica de disposición final de los RSU que consiste en confinar los desechos en el suelo tras procesos de compactación y entierro. Son instalaciones cuya localización, 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).

La Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA - *The International Solid Waste Association*), reporta que en una escala global los rellenos sanitarios continúan representando el mayor método de disposición de RSU, particularmente en países en vía de desarrollo se presenta una mayor dependencia estos (Scarlat *et al.*, 2015); con un 77% de popularidad mundial en 2010, aunque decreció al 55% en 2015 (Ma, Cao, Lu, Ding, & Zhou, 2016). Entre las principales ventajas de esta práctica se encuentra: (i) que es el método más rápido para disposición de RSU; el reducido capital que debe invertirse en las fases de desarrollo (planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento) o la mayor capacidad de carga en comparación con



otras prácticas como incineración o compostaje (Liu, Liu, & Huang, 2016), (ii) la capacidad de almacenar cualquier tipo de material sin presentar problemas de cenizas o materiales no susceptibles a descomposición, (iii) la recuperación de gases como fuente de energía alternativa (Elwan, Arief, Adzis, & Izzwan, 2013)), (iv) su ubicación puede ser relativamente cerca al área urbana, reduciendo costos de transporte y contaminación (GA, 2013), (v) 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) (Adberrahmane, Okkacha, & Hassiba, 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 (Abd El - Salam & Abu-Zuid, 2014), y por otra parte, su incidencia en la contaminación ambiental se relaciona con malos olores, gases contribuyentes al efecto invernadero que al mismo tiempo son potenciales de generación de fuego y explosiones (metano) (Liu, Liu, & Huang, 2016); a pesar de que existen algunas alternativas de control (GA, 2013).

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 (Ma, Cao, Lu, Ding, & Zhou, 2016); 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 inconvenientes porque la cantidad de contaminantes de la zona no permite la reconstrucción del paisaje o la ocupación de espacio (GA, 2013) (Adberrahmane, Okkacha, & Hassiba, 2014). Más adelante se abordará nuevamente el tema de impacto social con respecto al rechazo comunitario frente a la reacción de rellenos sanitarios.

#### - Incineración

La incineración es un proceso de oxidación térmica a alta temperatura, con emisión de energía en forma de calor, en el cual los residuos son convertidos, en presencia de oxígeno, en gases y cenizas. Los gases antes de ser emitidos a la atmósfera son tratados de manera tal de eliminar los vapores ácidos, material particulado y todas aquellas sustancias contaminantes (que puedan contener micro - contaminantes). Las cenizas generalmente deben ser tratadas para poder ser utilizadas o se eliminan en rellenos. El proceso es aplicable a residuos sólidos, líquidos, semisólidos y gaseosos, y se aplica fundamentalmente a aquellos residuos que posean un poder calorífico medio y alto, que contengan una matriz fundamentalmente orgánica y no más del 60% de agua para que sea económicamente aplicable. En general no se produce una eliminación total, sino que se reduce el volumen de los residuos, y este depende del contenido de inertes (cenizas). Dependiendo de la tecnología se puede lograr una reducción de aproximadamente un 90% en peso y un 95% en volumen (González, 2010).

La implementación de incineración como disposición final aumenta año tras año, pues el calor que se genera durante este proceso es usado para la producción de electricidad. Adicionalmente, las altas temperaturas tienen la capacidad de remover sustancias y patógenos perjudiciales. Sin

embargo, la incineración produce una gran cantidad de ácidos, dioxinas y gases tóxicos cuando no se aplica un control en las temperaturas de quema (Li *et al.*, 2016).

El volumen de los RSU *per se*, es una de las principales preocupaciones del MRSU; las plantas de incineración requieren constantemente una gran cantidad de residuos para operar y lograr generar energía, entonces, se presentan como una alternativa eficiente para la reducción de residuos (Zaman & Lehmann, 2011). Por lo cual varios esquemas de MRSU la incluyen en la etapa de tratamiento y no de disposición final; sin embargo, en este estudio se considera para la disposición pues ya que (i) no permite un mayor aprovechamiento del recurso y (ii) va en contra de los principios del PBC que busca desviar los RSU de prácticas como estas.

A pesar de que es una efectiva alternativa para la calefacción urbana y la generación de electricidad, no permite buscar una alternativa de recuperación, reutilización o reciclaje para los materiales (*Ibidem*). Con apropiada tecnología, la incineración permite dar solución a los residuos hospitalarios que difícilmente pueden ser manejados, al lograr, con amplia aplicación, su completa esterilización y reducción significativa. Sin embargo, estos residuos presentan cantidades de orgánicos que, al pasar por el proceso de incineración, generan contaminación al ser descompuestas en dioxinas y cloruros (Ma *et al.*, 2016). En comparación con los rellenos sanitarios, la incineración presenta las ventajas de ocupar pequeñas áreas, manejo en cortos periodos de tiempo, reducen el peso (más del 70% y el volumen más del 90%) de los RSU, y disminuyen significativamente el factor de riesgo de algunos residuos peligrosos. Adicionalmente, en el proceso de quema, el calor resultante puede ser reciclado y utilizado. Es un proceso que se ha implementado en Estados Unidos de América, Japón, Alemania, Francia, Inglaterra y Canadá.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Manejo de Residuos Sólidos Urbanos

El MRSU es un proceso complejo que, a través de la gestión de los actores y de los académicos investigadores, se encaminan los esfuerzos para alcanzar un balance entre sus tres dimensiones: efectividad ambiental, aceptación social, asequibilidad económica (Marshall & Farahbakhsh, 2013). El MRSU incluye todas las estrategias en la cadena de los RSU como rutas de recolección de residuos, estaciones de acoplamiento y transferencia, estrategias de tratamiento y, plantas locales de tratamiento y recuperación de energía. Con la intención de diseñar e implementar un MRSU sustentable, los tomadores de decisiones deberían tener un conjunto de estrategias con metas locales y regionales para cada una de las etapas de este proceso y luego un plan integral. Pero, la mayoría de las estrategias actuales de MRSU se enfocan en dos de estas etapas: tratamiento y disposición debido a que es donde se presentan los mayores impactos financieros y ecológicos (Soltani *et al.*, 2015). Es así como, el MRSU convencional se ha manejado con un enfoque reduccionista, que no está adaptado para manejar la complejidad; sus sistemas interactuantes y sus elementos están divididos en partes más pequeñas que se consideran independientes como la generación, la recolección, y la disposición, por ejemplo, cuando en realidad se trata de un sistema holístico con metodologías integradas (Marshall & Farahbakhsh, 2013).

El tratamiento de los RSU es la idea central de los objetivos del MRSU, incluyendo la protección de las personas y el ambiente, desarrollo económico, y cumplimiento de requisitos sociales y legislativos. Actualmente, existen varias opciones para el tratamiento de los residuos, y aquellas que han resultado ser las óptimas generalmente involucran varios criterios como impactos ambientales (calentamiento global, desperdicio de recursos, daño ecosistémico), costo-beneficio

económico asociado, y características regionales (tasa de generación de residuos, factores sociopolíticos). Las estrategias de manejo más populares incluyen la disposición en rellenos sanitarios y tecnologías para generar energía de los residuos como la incineración o el compostaje (Soltani *et al.*, 2015).

Como contexto histórico, la mayor parte del MRSU había sido provista por soluciones que se enfocaban en el final de la cadena, disminuir la disposición. Hasta la mitad de los años 80, los RSU eran incinerados y esas cenizas eran enviadas al mar, permitiendo que todo el consumismo excesivo de materias primas continuara desenfrenadamente, la única meta era el crecimiento de modelos económicos. Las medidas de mitigación de los RSU carecían de orientación ambiental, por el contrario, estaban asociadas a la salud humana en temas como enfermedades, riesgo, olores o estética; que resultaban de unas inapropiadas prácticas de disposición de RSU. Posteriormente, el manejo consistía en retirar los RSU de las ciudades y disponerlos en rellenos sanitario, que generalmente estaban ubicados en zonas con comunidades poco resistentes, sin poder y altamente vulnerables. A medida que el tiempo pasaba, los patrones de producción y consumo iban cambiando aumentando los volúmenes y la complejidad de los RSU; por lo tanto, el MRSU debía ser ajustado (Silva *et al.*, 2016).

Paralelamente, y desde principios de la misma década, iniciaron los movimientos de sustentabilidad permitiendo que las preocupaciones ambientales fueran entrando en materia de los RSU. Se adoptaron soluciones de final de la cadena, como se menciona anteriormente, concentrando los esfuerzos en disponer todo en rellenos sanitarios e implementar programas de reciclaje, un nuevo concepto que permitiría reducir los impactos al medio ambiente. El reciclaje fue rápidamente aceptado, pero solo por aquellos países que contaban con los recursos para la infraestructura y la tecnología suficiente para transformar los materiales; a pesar de ello, y hasta

el día de hoy, es una de las opciones más implementadas en los programas de gestión. Una versión extendida de este concepto fue el de 3R's: reducir, reusar, reciclar.

Entonces, desviar la basura del relleno sanitario y aumentar las tasas de reciclaje se convirtieron en indicadores de éxito en la reducción de los RSU. Al mismo tiempo, la capacidad de incinerar los RSU disminuyó la dependencia de rellenos sanitarios; sin embargo, emergieron dos situaciones importantes: (i) la ineficiente implementación del reciclaje, como estrategia al final de la cadena, para abordar todos los RSU generados, y (ii) el vacío comercial de iniciativas que verdaderamente validarán y valorizarán los materiales reciclados para la manufactura y para el consumidor. Cada vez es más evidente que la intención de solo desviar los RSU para que no lleguen al relleno sanitario, inclusive a través del reciclaje, es un mecanismo reduccionista que no permite una solución holística a largo plazo (Silva *et al.*, 2016).

Es así como inicia una época en la que, no solo se está buscando desviar los residuos del relleno sanitario y aumentar las tasas de reciclaje, sino que, busca prevenir el sobre consumo y la generación de RSU. Es a mediados de los años 2000 que pretende coincidir con los objetivos de sustentabilidad como respuesta a la escasez de materiales y recursos naturales; para ello surgen políticas e iniciativas que llevan una cultura que busca cero residuos. Las razones de este cambio están relacionadas con los volátiles precios de los materiales y el incremento de la demanda global por recursos, debido a la alarmante y creciente escasez de materias primas y la incapacidad de manejar los residuos que se generaban. De esta manera, surgió una gama de herramientas y de programas como evaluación del ciclo de vida, producción de la cuna a la cuna, análisis del flujo de materiales, indicadores de eficiencia de los recursos, contabilidad de costos totales considerando sistemas más amplios de producción como los principios de economía

circular, ecología industrial, administración de la cadena de materiales; combinadas permitían dirigir los esfuerzos de gestión hacia un cambio de paradigma (*Ibidem*).

Por otra parte, después de todo esto, y tras experiencias aprendidas por casos de implementación, se tiene que el MRSU debe acomodarse a las metas de cada comunidad al integrar sus actores, perspectivas y necesidades (Marshall & Farahbakhsh, 2013). Sin embargo, uno de los principales problemas del MRSU es la falta de comunicación entre los agentes o actores involucrados, y, en el marco de la toma de decisiones, estos actores deberían estar más concentrados en la participación de todos que solo en temas técnicos, pues no se logra mitigar todos los problemas adecuadamente (Soltani *et al.*, 2015). Un efectivo MRSU debe estar completamente adoptado por las autoridades locales y la comunidad, y debe ir más allá de los métodos tradicionales de consulta que requieren de la opinión de un experto para diseñar una solución sin contar con la opinión pública; siendo que la opinión y empoderamiento público, junto a transparencia en las decisiones, redes de trabajo, acción colectiva, comunidad y acceso a la información, son los elementos clave en el éxito del MRSU.

La principal consecuencia del incorrecto enfoque de un plan de manejo genera desigualdad social, y es el caso cuando en las áreas donde se ha presentado un rápido desarrollo con un deficiente MRSU, se presentan los mayores impactos sobre la población vulnerable que no fue tomada en cuenta en la planeación. Así mismo, debe contar con cinco factores principales: salud pública, medio ambiente, escasez de recursos y valor de los residuos, cambio climático, y conciencia y participación de la comunidad (Marshall & Farahbakhsh, 2013). El aumento de la complejidad, costo y coordinación de un MRSU implica involucrar a los actores correspondientes a nivel general y en cada una de las etapas de este manejo (Scarlat *et al.*, 2015).

### **2.2.2. Programa Basura Cero**

Un punto de cambio en la industria de residuos: el MRSU es una respuesta pragmática y particular, dirigida principalmente a problemas identificados de contaminación, pero con el tiempo su alcance se ha ampliado al involucrar no solo las causas de contaminación, sino temas de interés mundial como cambio climático, agotamiento de los ecosistemas y productividad de los recursos. Los residuos se convirtieron en un tema cuya importancia ha llevado a cambiar su industria bajo el marco de la economía y con cuestionamientos de la toxicidad de los materiales modernos o del despilfarro con el que la producción en masas utiliza los recursos no renovables. Como la cuestión ha aumentado, también lo debe hacer la respuesta. Ha habido un cambio de control de la contaminación a una política que se conoce como 'Programa Basura Cero' –PBC, que procura no solo la transformación del MRSU sino la producción de materiales con menor impacto o ecoeficientes (Murray, 2002).

Los RSU son vistos como un problema, pues la idea de que puedan ser útiles desafía la manera de pensar sobre las cosas y sus posibles funciones (Bourdieu, 1984). Se presentan dos corrientes que han tratado de darle a los RSU una nueva identidad. La primera es la longevidad de los productos, tiene una visión de nada que sea útil debe ser desechado y se procuran buscar alternativas otorgándole su valor inherente. La segunda es el contexto, al redefinir los RSU en términos de su rol en los ciclos naturales; en lugar de un valor monetario o utilitarista de los RSU se busca su capacidad de ser reciclado. El problema de la disposición final es reemplazado por el problema de la eliminación gradual de los materiales que son peligrosos o que no pueden ser reciclados; la cuestión no es deshacerse de ellos cuando terminaron su uso, sino evitar producirlos en primer lugar (Murray, 2002).



Los imperativos ambientales que se discutieron anteriormente han presionado para hacer que el PBC sea real pues promueve una nueva generación de experimentación práctica y diseño, buscando que el mundo industrial ajuste su sistema productivo. El término PBC proviene de esto último. Desde la década de los 80, cada vez más se ha venido adoptando como una meta para la minimización de los residuos comerciales. Es una extensión de la idea japonesa de gestión de la calidad total en el ámbito ambiental. Con metas bastante estrictas en ‘defectos cero’, ‘emisiones cero’ y ‘basura cero’, las firmas japonesas Honda y Toyota han logrado reducir 98% sus residuos en una década (*Ibidem*). Durante los años 90’s el concepto PBC fue trasferido al campo municipal (*Ibidem*).

El enfoque adoptado busca determinar lo que debe hacerse y cuáles son los retos en cada nivel de organización. PBC es una meta a largo plazo y una metodología particular para alcanzar dicha meta. Para un enfoque de RSU existen tres características: (i) el punto inicial no es el sector de residuos sino los sistemas de producción y consumo del que los RSU forman parte, se trata de un sistema industrial y no solo la parte final de la cadena económica, (ii) aborda los residuos y redefine su solución desde la perspectiva de un paradigma industrial bajo los términos del conocimiento en economía y los complejos sistemas de producción múltiple, y (iii) propone un modelo diferente de políticas ambientales y un cambio en el proceso industrial (*Ibidem*).

Reciclaje intensivo y compostas son el centro del PBC como una estrategia, enfocando todos los esfuerzos posibles para alcanzar el mayor **porcentaje de desviación** de los RSU de cualquier técnica de disposición final. Sin embargo, su impacto va más allá de estos enfoques, a la contribución del rediseño industrial. Se presentan a continuación las tres metas principales del PBC que son respuesta directa a los imperativos ambientales que actualmente presionan a la industria de residuos (*Ibidem*).

### **2.2.3. Indicadores de gestión en cada etapa de la cadena del MRSU para el PBC**

Teniendo en cuenta que (i) los indicadores son medidas basadas en datos verificables que transmiten información más allá de sí mismos, son la principal herramienta en la toma de decisiones y gestión efectiva, (ii) permiten la evaluación de progresos y pueden determinar el porcentaje de éxito de una política, (iii) funcionan como un sistema de alerta para los problemas emergentes, (iv) se consideran el puente entre la política y la ciencia tratando de simplificar la complejidad de un sistema, y finalmente (v) que un indicador exitoso debe ser científicamente validado, basado en datos disponibles, reactivo a cambios, fácilmente comprensible, relevante a las necesidades del usuario (PNUMA, s.f), se presentan a continuación las bases teóricas que se dieron paso a la elaboración de la matriz.

Entonces, para el desarrollo de los indicadores, es necesario determinar las categorías que permiten enmarcar el alcance que la matriz busca tener, y esto se relaciona con lo que se mencionaba anteriormente de las etapas en el MRSU que para esta tesis solo se tendrán en cuenta a partir de la generación de los RSU o desde la etapa conocida como Reducción en la Fuente.

En este orden de ideas, se plantea una breve revisión de los temas que involucra el MRSU para poder concretar posteriormente los indicadores de gestión. En la Figura 5 se puede observar de manera holística la relación del MRSU con el PBC.

Inicialmente, aquellos elementos que interactúan en cada una de las características del sistema. Este conjunto de temas engloba aquellos elementos que posteriormente serían determinados como los indicadores; su conjunto desarrolla las bases conceptuales y técnicas del PBC. Los temas integrados con los motores de cambio, las metas de los actores y las experiencias y aprendizaje permiten tomar decisiones eficaces logrando abarcar los principales factores de la gestión de RSU que son el ambiente, la sociedad y la economía, para enfocar los esfuerzos en

cada etapa del MRSU Este es un primer acercamiento conceptual que presentó las bases para el marco integral que se desarrolla más adelante.

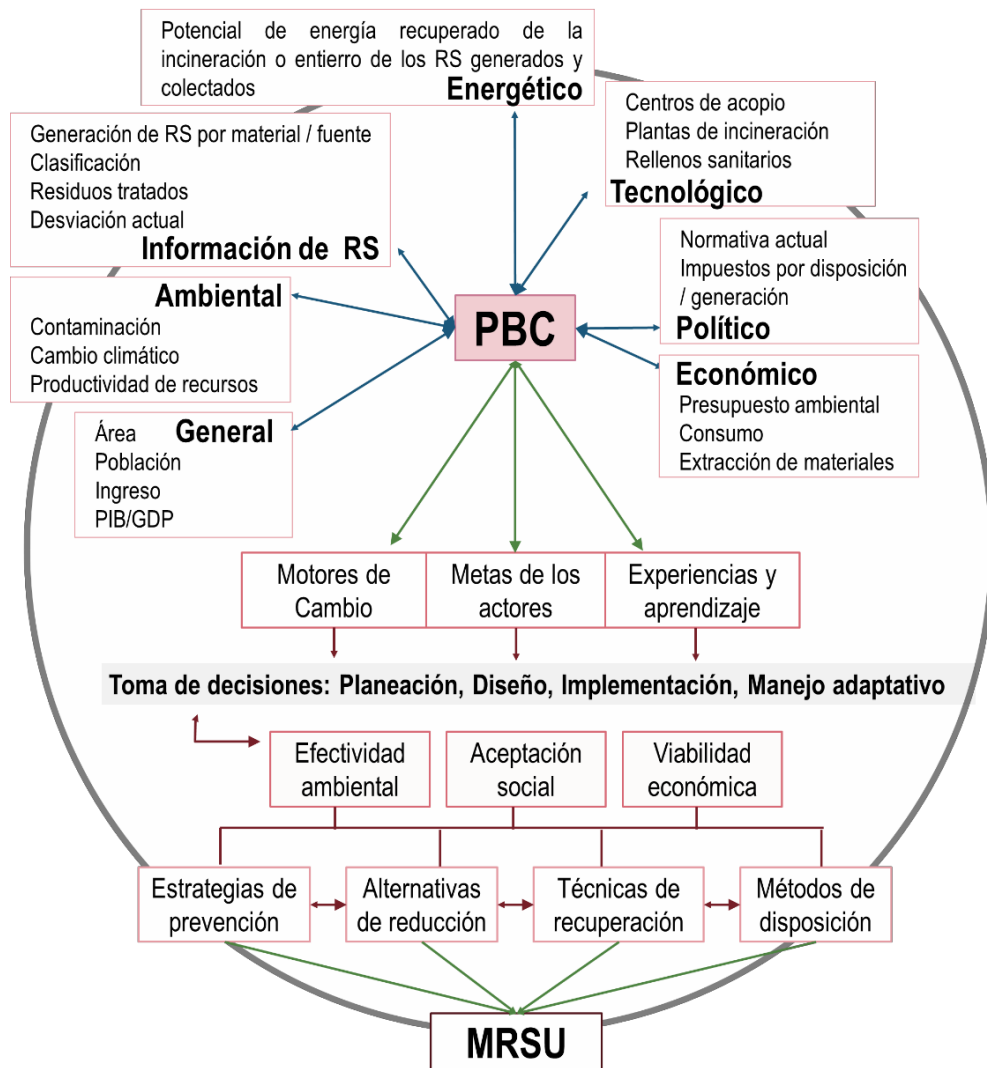


Figura 5. Manejo de residuos sólidos urbanos: categorías e indicadores. (Elaboración propia).

Desde finales del siglo pasado, la estrategia 3R ha buscado el reciclaje del 40% de los RSU recuperados y enterrar o incinerar el porcentaje restante, pero no ha logrado resultados significativos. Por lo tanto, se ha tratado de implementar una política sustentable a nivel local

conocida como MRSU, que permite optimizar la gestión de residuos bajo un modelo de prevención, jerarquizando esfuerzos en la minimización de la generación, reciclaje y composta, transporte y disposición final de residuos; tan solo la incineración genera aumento en los niveles de contaminación al generar y dispersar dióxido de carbono.

Entonces, se ha planteado una estrategia a través del PBC que pretende atacar la generación de residuos en todas las etapas del ciclo de vida de los productos, engloba la responsabilidad del productor, eco diseño, reducción de residuos, reutilización y reciclaje, todo bajo el mismo marco. Lejos de los mencionados sistemas centrados en incineración, ofrece una política capaz de transformar la producción lineal y el proceso de disposición en sistemas óptimos que no solo evitan el desperdicio de los recursos, sino que mejoran la economía local con la generación de empleos.

El impacto más fácil de identificar y por el cual se ha dado una, cada vez más, creciente importancia a los RSU y su manejo es la contaminación causada por la inadecuada disposición de estos. Pero ahora, se reconoce que los RS están relacionados con dos de los temas más relevantes en la actualidad: cambio climático y agotamiento de recursos. Para los tomadores de decisiones queda supuesto que los objetivos que plantea el Protocolo de Kioto involucran una solución o plan de mitigación frente a los RSU.

Desde la perspectiva de la contaminación, el problema determinar que se considera como residuo. Desde la productividad de un recurso, es tener en cuenta que se puede llegar a convertir en residuos. Como contaminante, los residuos demandan un control y como una acumulación de energía y materiales, requiere una alternativa; la primera es una restricción de cómo se hacían las cosas antiguamente, y la segunda un camino hacia las nuevas. En conclusión, cualquier discusión de políticas ambientales, planes locales para el MRSU y sus consecuencias económicas debe ser

interpretado desde ‘el control de la contaminación’, ‘el cambio climático’ y ‘la productividad de recursos y ecosistemas’; estas tres instancias se desarrollan a continuación (Murray, 2002).

### 2.2.3.1. Control de la contaminación

El reconocimiento del significado de residuo para el ambiente es reciente, solo fue en los años 70 cuando se evidenció envenenamiento de los cuerpos de agua por los lixiviados de los vertederos, y riesgo de explosión y efectos tóxicos de los gases, ya que se ha comprobado que los rellenos sanitarios son una fuente significativa de toxinas cancerogénicas que impactan a través de la dispersión eólica (Montage, 1998). Adicionalmente, los rellenos sanitarios han sido identificados como una fuente de metano, uno de los principales GEI, que contribuye con el 20% del calentamiento global. Como estos efectos se han venido manifestando, la resistencia a la apertura de rellenos sanitarios en países desarrollados aumenta. Los tomadores de decisiones se refieren a planes de interés para la comunidad como NIMBY (no en mi patio trasero)<sup>6</sup> cuya resistencia es más fuerte cuando se asocia con críticas a RSU y residuos peligrosos (Scmig, Elser, Strobel, & Crowe, 2002).

Con respecto a los incineradores, una de las principales alternativas tradicionales de disposición de los rellenos sanitarios, implementado en países como Japón, Suiza, Holanda y Escandinava, y que se reconoce como una más alta fuente de contaminación. En este caso, el problema no se presenta por los residuos orgánicos con los lixiviados, sino con los materiales que emiten toxinas al ser quemados. El impacto a la salud que la contaminación por incineración produce en aire, agua y suelo ha sido tema de interés desde finales del siglo pasado (*Ibidem*).

---

<sup>6</sup> NIM BY: *Not in my back yard* – No en mi patio trasero, como oposición de los resistentes a las propuestas de la instalación cercana de ciertas actividades o instalaciones que consideran peligrosas por sus externalidades. Se relaciona con SPAN - Sí, pero aquí no, referente a que la comunidad no se opone a la actividad solamente a la locación donde quieren llevarla a cabo. Algunos ejemplos son aeropuertos, líneas de alta tensión, coliseos, plantas de compostaje, incineradoras de residuos o rellenos sanitarios

Los rellenos sanitarios y los incineradores han permitido evidenciar los problemas de la toxicidad de los residuos y de la forma como tradicionalmente se han venido manejando. En parte, esta nueva preocupación se puede ver como una revolución de conocimiento resultado de una tecnología de medición mejorada que ha puesto en manifiesto muchos problemas de largo plazo que anteriormente eran omitidos, aunque con esto se debe contemplar el aumento en la toxicidad de los materiales modernos por sí mismos.

#### *2.2.3.2. Cambio climático- CC*

Si los residuos son una amenaza, también pueden ser vistos como una oportunidad en una relación con el CC. En un nivel es una cuestión de reducir las emisiones de metano, dióxido de carbono, en caso de los rellenos sanitarios o de óxidos nitrosos, en el caso de la incineración. Igualmente, el potencial de contribución al MRSU desplazando otras actividades del calentamiento global y en actuar como sumideros de carbono.

La USEPA (1998), afirmó que entre los esfuerzos por mitigar el potencial del CC, las mediciones son un paso importante, así como la reducción de las emisiones de GEI y un cambio en las prácticas forestales para promover el almacenamiento carbón a largo plazo en los árboles. Alguna sustitución de la demanda de materia prima por la reutilización o reciclaje de materiales secundarios y descartar productos contribuye significativamente a la energía y emisiones resultantes (Gielen & Kram, 1998). Se calcula que se puede ahorrar 0.8 MTCE<sup>7</sup> por cada tonelada de residuos desviados, o 17 millones de MTCE por cada 10% de RSU que se desviaron de la disposición en rellenos sanitarios o incineración (USEPA, 1998). Si se mantuvieran estos valores en residuos de industria y el comercio, se lograría reducir cerca de un tercio de las emisiones (Murray, 2002).

---

<sup>7</sup> *Metric tonnes of carbon equivalent*

Hay otras dos formas en las que el MRSU puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. La primera es el impacto de usar composta con residuos biodegradables para la restauración de tierras y suelo y, al hacerlo, secuestrando carbón de su ciclo diario. La segunda se basa en la producción de poder (en la mayoría de los casos calor) de incineradores. Se plantea que la incineración de materiales como papel, plástico y madera generaba un mayor beneficio ambiental que reciclarlas, así como era mejor quemar los orgánicos que compostarlos, conceptualizando los RS como fuente de energía con la incineración como contribución al cambio de combustibles fósiles a las energías renovables. Sin embargo, existen tres argumentos principales que contradicen: (i) los plásticos son derivados de los combustibles fósiles, y su combustión puede producir más CO<sub>2</sub> que las fuentes de electricidad que estaría reemplazando, (ii) el valor energético de los residuos orgánicos es muy baja, 4 MJ por kg, y (iii) el aumento de la demanda de papel, aún con 40% que se recicla a nivel mundial, lidera la destrucción de los bosques prístinos, sin mencionar las implicaciones en biodiversidad, acidificación, erosión y calidad de agua (Lal, 2000).

Por lo tanto, se considera que reciclar el papel en lugar de quemarlo prematuramente permite que el bosque tenga la capacidad de recuperarse de la tala, o para mantener un mínimo que actúa como sumidero de carbono (Gielen, 1998).

### *2.2.3.3. Productividad de recursos y ecosistemas*

Desde la década anterior, un tercer argumento para el reciclaje de residuos se ha venido considerando teniendo en cuenta el impacto que puede producir, ya que reduce la presión del crecimiento industrial en los recursos primarios. Una versión temprana de este argumento fue enmarcada en termino de ‘los límites del crecimiento’ y la imposibilidad de generalizar el modelo de producción intensiva de material de los países desarrollados. Los límites fueron primeramente descritos en términos de recursos. Economistas aseguraron que el mecanismo de

asignar precios y las nuevas tecnologías iban a lidiar con la escasez. La versión moderna del argumento es más amplia y esta propuesta en términos de sistemas ecológico en lugar de recursos particulares.

El *stock* de capital natural ha venido disminuyendo con agotamiento de los servicios que proveían los sistemas naturales. Entonces, no solamente se presenta una limitante con respecto a insumos puntuales como el carbón o el petróleo, sino que `la vida`, como elemento en la producción y como servicio de los sistemas naturales, también está siendo escaseada. Por ejemplificar lo antes dicho, el progreso se ve restringido no solo por el cada vez mayor número de botes de pesca sino por el decrecimiento en la densidad de peces, o no por el número de motosierras utilizadas en deforestación sino por la desaparición de los bosques primarios. La humanidad ha colocado los recursos naturales en una vitrina por 3.8 millones de años, con las actuales tasas de uso y degradación, quedará muy poco para el final del siglo (Hawken, Lovins, & Lovins, 1999).

La destrucción de los sistemas naturales como los dulceacuícolas y los ecosistemas marinos, cobertura boscosa y nutrientes del suelo no se refleja de manera certera en el precio que se les ha asignado, desde que se tiene un acceso libre por la tierra común, se permite una depreciación del recurso sin requerimientos de restauración.

Este argumento se presenta de inmediato y a largo plazo. La sobrepesca, la presión de la agricultura intensiva en la calidad del suelo, y la demanda industrial sobre los bosques naturales, están agotando recursos clave que la formula economista “asignar precios y las nuevas tecnologías” apresura más de lo que revierte. Se presentan casos como la estimación de las cinco toneladas de suelo *per cápita* que se pierden anualmente por causa de la erosión, según la Agencia Medioambiental Europea (EEA, 2002). Esto no solo se presenta por causa de los punto



inmediatos, como señalan los de la línea de los Límites de Crecimiento, aún si las nuevas tecnologías logran extender el *stock* de recursos minerales renovables, o logra cambiar a unos diferentes, la continua expansión del actual modelo de producción industrial y su extensión a algunos países en vía de desarrollo, amenaza los ecosistemas que han permanecido por mucho tiempo sin ofrecer una adecuada alternativa, mostrando que el capitalismo siempre ha logrado avanzar a través de la destrucción (BFFIC, 2000). En la mayoría de las cuestiones ambientales, la destrucción es más alta que la creación. Desde esta perspectiva, el CC solo es un ejemplo del fenómeno generalizado en los ecosistemas.

La cuestión política es cómo reducir la intensidad del uso de los recursos más rápidamente que la presión compensatoria del crecimiento de la demanda. Parte de la respuesta radica en la forma que se realiza la producción primaria (a través de la reducción de los fertilizantes y pesticidas artificiales en la agricultura, por ejemplo), en la desmaterialización de la producción y cambios en el consumo. Pero también está la cuestión de reducción y reutilización de RS. Los RS se presentan en la mayoría de las etapas del flujo de materiales, hasta que se empezó a considerar como una deficiencia de la producción útil y se han venido proponiendo alternativas para su optimización; por lo que se concluye que cualquier estrategia para reducir la presión sobre los recursos debe incluir el volumen de RS y qué hacer con él. El tamaño de estos flujos hasta ahora se empieza a calcular. *The World Resources Institute* lidera un equipo internacional que traza el flujo de 55 materiales en 500 usos (cubriendo el 95% del peso de los materiales de cuatro países líderes en economía de la OCDE: EUA, Japón, Alemania y los países bajos). Encontraron que el material total que es requerido en estos países era de 45 a 85 toneladas métricas por persona y que de estas el 55 al 75% eran materiales que se iban desechando a lo largo de la producción en etapas de sobrecargas de minería, residuos agrícolas o material extraído para trabajos de

infraestructura (Adrianneseq, Bringezu, & Hammond, 1997). El os los denominaron ‘recursos ocultos’ desde que no entran en la económica del mercado ahorrando su costo de disposición o restauración. Pueden ser reducidos al disminuir la demanda de recursos de mercado en los que estos se han involucrado, o disminuyendo la tasa de residuos en los recursos primarios del mercado, o al recuperar un valor o que de otro modo sería residuo.

Lo mismo aplica para residuos de la producción secundaria y los del post-consumo: tendrán que ser reducidos o ‘revalorizados’ a través del reciclaje. Los RS en el proceso de generación y en su tratamiento toman un rol central en las estrategias para reducir la huella ambiental de los materiales en la economía de la industria, que cada aluminio pueda ser reciclado no solo significa que se reduce la necesidad de nuevo aluminio, sino que los residuos y energía asociados a la minería y su producción, también se pueden evitar.

## RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES, 'MINERÍA URBANA' Y CAMBIO CLIMÁTICO

Gian Carlo Delgado Ramos (2015).

Se rescatará el desarrollo del concepto 'minería urbana' del artículo que Delgado (2015) presentó para el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades del Programa de Investigación de Cambio Climático que organiza la Universidad Nacional Autónoma de México.

La solución más efectiva para mitigar los impactos negativos de los RSU es evitar su generación, esto quiere decir disminuir el consumo para evitar el derroche; sin embargo, esta dinámica social de consumo es el símbolo de bienestar y prosperidad, confrontando la premisa anteriormente expuesta. A pesar de esto, no se deben descartar alternativas como la extensión de la vida útil de los productos o un mayor reciclaje de los materiales. El reciclaje, ha dejado una importante cantidad de materiales que no se han logrado vincular con la cadena de mercado y sobre los cuales se puede aplicar una acción de minería no solo de rescate, sino también con la implementación de técnicas efectivas de disposición para la generación sustancias económicamente viables.

Se requiere ahondar en conocimiento técnico de los procesos metabólicos de los materiales dentro del sistema urbano, permitiendo la planificación del tiempo y espacio de su generación, potencial reciclado y aprovechamiento de su energía o reincorporación a la cadena de consumo.

Uno de los principales beneficios que se presentan con la minería urbana es la reducción de emisiones de efecto invernadero, partiendo de la demanda de recursos naturales que los grandes asentamientos urbanos requieren, y la alta posibilidad que estos mismos asentamientos tienen de aprovechar los materiales calve como papel y cartón, plásticos y metales (hierro, acero, aluminio y cobre).

A continuación se presentará un cuadro del potencial de mitigación de la minería en tres ciudades latinoamericanas, tomando información que el autor presenta.

Material	Potencial de ahorro por tonelada de RSU en kg CO <sub>2</sub> e	Potencial de ahorro de emisiones asumiendo el 100% del minado de materiales con base en datos de generación de RSU de 2010 (millones de toneladas de CO <sub>2</sub> e).		
		Buenos Aires (1,825.000 tons)	Río de Janeiro (2.187.144 tons)	Bogotá (2,372.500 tons)
Papel y cartón	397 - 95	0,724 - 0,173	0,868 - 0,208	0,942 - 0,225
Plástico	131	0,239	0,286	0,310
Aluminio	157	0,286	0,343	0,372
Acero	15	0,027	0,032	0,035
Vidrio	18	0,033	0,039	0,042
Biomasa	25	0,045	0,054	0,059
<b>Total</b>		1,354 - 0,564	1,622 - 0,676	1,76 - 0,733

Box 3. Residuos sólidos municipales: 'minería urbana' (Delgado, 2015).

## 2.3. Antecedentes

### 2.3.1. Casos de implementación o estudio del Programa Basura Cero

Como se ha mencionado anteriormente, el PBC es una estrategia cada vez más aceptada por los tomadores de decisiones a nivel mundial, a continuación, se presentan algunos ejemplos de estudios que se han realizado sobre lineamientos, aprendizajes, o procedimientos que permiten alcanzar las metas del Programa.

Tabla 1. Antecedentes Programa Basura Cero (Elaboración propia)

Referencias	Título	Resumen
Silva <i>et al.</i> (2016)	<i>The role of policy labels, keywords and framing in transitioning waste Policy</i>	Presentan un análisis del programa PBC como termino envolvente de la política para la reducción, prevención y reciclado de materiales; entonces, se realiza una revisión del concepto y cómo afecta en la política local, así como otras estrategias para identificar las diferencias en los modelos de gobernanza que han implementado este modelo de MRSU. Involucra temas como economía circular y manejo sustentable de materiales y la transición que China y Europa han pasado para implementar todas estas estrategias.
Song <i>et al.</i> (2015),	<i>Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy</i>	Con la intención de prevenir el desperdicio de recursos, promover el consumo sustentable y desarrollar efectivas estrategias de MRSU, presentan una aproximación al concepto de Basura Cero discutiendo los retos que presenta económica, política y productivamente, las practicas actuales y sus

		lineamientos como oportunidad para la transformación de los tradicionales sistemas de manejo; llegando a la conclusión de que es una de las más acertadas soluciones en el tema, pero que para lograrlo se necesita aumentar los esfuerzos por parte de las autoridades.
(Hottle , Bilec, Brown, & Landis, 2015)	<i>Toward zero waste: Composting and recycling for sustainable venue based events</i>	Un estudio que permite ver la implementación del PBC a diferentes escalas geográficas, pues evalúan siete estrategias de MRSU y caracterizan los impactos que tienen los escenarios en los que incluyen disposición tradicional para cuatro juegos de béisbol en la Universidad Estatal de Arizona (USA); encontrando diferencias significativas con respecto a la cantidad de RSU y las emisiones de CO <sub>2</sub> .
Zaman y Lehman (2011)	<i>Urban growth and waste management optimization towards 'zero waste city'</i>	Bajo la implementación del programa PBC en Estocolmo-Suecia y en Adelaida- Australia, identificaron los principales conductores del MRSU, sus retos, amenazas y oportunidades en la transformación de las corrientes tradicionales de estas dos ciudades, en contextos sociales, económicos, políticos, tecnológicos y medioambientales, para la generación de herramientas, sistemas y técnicas que pueden optimizar esta transformación.
(ESD, 2008)	<i>Integrated Waste Management –</i>	La Ciudad de San José (California –USA) decidió implementar el PBC en el 2007 para lograr un 75% de desviación en 2013 y 100% para 2020. Buscan hacer un cambio de percepción con la

	<i>Zero Waste Strategic Plan</i>	valorización y aprovechamiento de los materiales. En el documento se detallan las estrategias, planes y proyectos que se han llevado a cabo para alcanzar las metas.
(Havel, 2006)	<i>Zero Waste as Best Environmental Practice for Waste Management in CEE Countries</i>	En el documento se presenta el PBC como la mejor estrategia para el MRSU, desarrolla un marco conceptual de los principales aspectos para contextualizar el programa como minimización, desviación, disposición, y ventajas y desventajas de las actuales técnicas de manejo, para, finalmente presentar algunos casos de estudio en los que se encuentra Eslovaquia, Bulgaria, Latvia, Hungría y República Checa. Se hace una descripción general del área de estudio, el estado actual del MRSU y las propuestas de la implementación con sus datos de éxito.

### 2.3.2. Estudios en el MRSU

A continuación, se presenta una recopilación de algunos de los estudios que se han realizado en materia del MRSU, la evolución del concepto y las aplicaciones a nivel mundial

*Tabla 2. Antecedentes Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (Elaboración propia)*

<b>Referencias</b>	<b>Título</b>	<b>Resumen</b>
Ma <i>et al.</i> (2016)	<i>Review of Typical Municipal Solid</i>	Propone estrategias para la eliminación de los RSU con métodos que incluyan la generación energética, teniendo en cuenta un previo análisis de composición de los residuos, y relacionando los

	<i>Waste Disposal Status and Energy Technology</i>	obstáculos de los programas de MRSU tradicionales como la ineficiente separación.
Liu <i>et al.</i> (2015)	<i>A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues</i>	Compararon la clasificación existente de RS y los estándares de clasificación, recopilaron el historial normativo y de gestión de algunos países que han demostrado consideración en temas ambientales, con la intención de facilitar herramientas a los tomadores de decisiones para optimizar el MRSU.
Miezah <i>et al.</i> (2015)	<i>Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana</i>	Es un ejemplo de la caracterización y cuantificación de los residuos en Ghana, como la que se ha realizado en varios países, con el objetivo de identificar los lineamientos hacia un efectivo MRSU. Entre los principales resultados se presentan las cantidades generadas por persona día, los porcentajes relativos de la composición de los residuos, un análisis la implicación en la variabilidad geográfica del país, y la efectividad de la separación en la fuente de acuerdo con la locación.

<p>Zaman (2015)</p>	<p><i>A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines</i></p>	<p>Presenta una compilación y análisis de aproximadamente 100 estudios desde el 1994 hasta 2015 de todos aquellos estudios sobre el MRSU, con la intención de identificar las lecciones aprendidas y los óptimos lineamientos para la gestión de RS. Sus principales conclusiones son que (1) no existe el suficiente esfuerzo académico para la toma efectiva de decisiones, (2) la mayoría de los estudios están enfocados a etapas finales del MRSU como la disposición o el tratamiento, en lugar de enfocarse en etapas primarias como minimización, reutilización o reciclaje, y (3) que la mayoría de estudios están focalizados en países desarrollados, y son muy pocos los que efectivamente proponen cambios para los sistemas de manejo en países más pobres.</p>
<p>Marshall <i>et al.</i> (2013)</p>	<p><i>Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries</i></p>	<p>Realizan un estudio en países desarrollados con enfoque sistemáticos del MRSU integrado; entonces, presenta una revisión contrastante de los paradigmas actuales e históricos de las prácticas en MRSU en países industrializados con los retos y complicaciones que se han presentado en el plan de manejo de un país desarrollado. Menciona que la urbanización, inequidad, crecimiento económico, aspectos culturales y socioeconómicos, política, gobernanza, cuestiones institucionales y derecho internacional son algunos de los temas que limitan el éxito de las propuestas de gestión.</p>
<p>Soltani <i>et</i></p>	<p><i>Multiple</i></p>	<p>Realiza un análisis multi-criterio para que los actores tomadores de</p>



<p><i>al. (2015)</i></p>	<p><i>stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review</i></p> <p><i>Atousa Soltani, Kasun Hewage, Bahareh Reza, Rehan Sadiq.</i></p>	<p>decisiones evalúen el contexto del MRSU. Buscaba la inclusión de temas ambientales y socioeconómicos en los complicados procesos del MRSU que involucran un marco de alternativas definidas, criterios relevantes y en qué términos se calcula esa relevancia, soluciones sustentables, estrategias locales apropiadas al tratamiento de los RS; todo esto al involucrar ámbitos actores gubernamentales, municipales, industriales, académicos y el público en general.</p>
--------------------------	--	---

**2.33. Implementación de indicadores como herramienta de gestión en el MRSU.**

En el caso de los indicadores, se han desarrollado varios estudios que presentan los principales indicadores que se han utilizado en el MRSU. A continuación, se presentarán algunos ejemplos a nivel mundial, se indicará el nombre del estudio, el área donde se realizó el caso de estudio, la cantidad de indicadores implementados y las categorías principales que abarca cada estudio.

*Tabla 3. Antecedentes indicadores de gestión en el manejo de residuos sólidos urbanos (Elaboración propia)*

<b>Referencias</b>	<b>Título</b>	<b>Resumen</b>
<p>Zaman (2014),</p>	<p><i>A comprehensive</i></p>	<p>Logra la identificación de los principales indicadores del PBC, al recopilar información de los expertos en MRS;</p>

	<i>review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines</i>	categoriza los indicadores por tema como geo-administrativo, sociocultural, administrativo, económico, ambiental, organizacional y político, para un total de 238 indicadores de 650 expertos en la materia tras la implementación de encuestas virtuales, para finalmente definir los 56 indicadores más importantes y prioritarios en los sistemas de PBC.
Cifrian <i>et al.</i> (2012),	<i>Material flow indicators and carbon footprint for MSW management systems: Analysis and application at regional level, Cantabria, Spain</i>	Buscaron aportar a la planeación regional en términos de MRSU para la Cantabria –España, para lo cual desarrollaron un conjunto de indicadores que incluye cantidad, ecoeficiencia, reciclaje, tratamiento y huella de carbono.
Coelho <i>et al.</i> (2012)	<i>Proposal of an environmental performance index to assess</i>	Observan que las decisiones que se toman hacia el desarrollo sustentable están enmarcadas bajo modelos económicos o productivos, dejando a un lado el tema ambiental, además, en cuanto al MRSU se han direccionado los esfuerzos a temas de disposición y no de recuperación o aprovechamiento

	<i>solid waste treatment technologies</i>	energético, por ejemplo. Entonces, con la intención de mitigar estas falencias, propone el concepto de ‘tratamiento más limpio’, que se basa en los principios de producción limpia, para lo cual desarrolla un índice que incluye un conjunto de 14 indicadores para los parámetros de operación con tecnologías de tratamiento y su impacto en el uso de agua, aire, suelo, materiales y energía.
CE (2012)	<i>Life cycle indicators for resources, products and waste</i>	Desarrolla una serie de 50 indicadores en el MRS, como respuesta a las necesidades de incrementar la eficiencia y el monitoreo de las estrategias de gestión y sus beneficios en Europa. Estos indicadores se abarcan temas de recolección, transporte, infraestructura y locación
Vivanco et al. (2012),	<i>Building waste management core indicators through Spatial Material Flow Analysis: Net recovery and transport intensity indexes</i>	Desarrollaron dos indicadores principales para evaluar las estrategias y objetivos del MRSU y tomaron como caso de estudio Catalonia – España. El conjunto de 28 indicadores integrados incluía cantidad, tipo, clasificación, distancia cubierta, tecnologías de tratamiento, total recolectado e intensidad de transporte de los RS.

<p>Wilts (2012),</p>	<p><i>National waste prevention programs: indicators on progress and barriers</i></p>	<p>En búsqueda de proponer estrategias desde la etapa de generación de residuos y no en la mitigación final, desarrolla siete indicadores que muestran las barreras del programa de MRSU en Alemania. Estos indicadores abarcaron temas de prevención, reúso, extensión de la vida útil de un producto, costos ambientales y salud humana.</p>
<p>(European Commission, 2012a).</p>	<p><i>Preparing a Waste Prevention Program</i></p>	<p>La CE desarrolla 10 indicadores para la prevención de residuos basado en el consumo, tipo de vivienda, generación, reúso e iniciativas, principalmente; con la publicación de un manual para los Estados miembros de la Unión Europea, para aclarar conceptos a las autoridades nacionales, regionales y locales y que, a su vez, estas tengas las herramientas necesarias para guiar a la población a opciones más sustentables en la prevención de los residuos</p>
<p>Armijo <i>et al.</i> (2011)</p>	<p><i>A set of indicators for waste management programs</i></p>	<p>Proponen iniciativas para el MRSU con herramientas que permiten evaluar la eficiencia del programa en términos económicos, ambientales y sociales, para contribuir a la adecuada toma de decisiones en México. Es así como desarrollan un conjunto de 18 indicadores que incluyen servicio de cobertura, costo, satisfacción del servicio, composición, separación, reciclaje y disposición.</p>

<p>Passarini <i>et al.</i> (2011)</p>	<p><i>Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions</i></p>	<p>Argumentan que para un sistema integrado de MRSU en la planeación territorial es necesario tener control de las cantidades de los residuos producidos y de la recolección separada de los mismos, y de acuerdo con la locación, se debe ajustar los adecuados procesos de reciclaje o tratamiento. El estudio se realiza en el norte de Italia donde se presentan situaciones socioeconómicas similares, pero con variedad en cuanto a su locación geográfica y a las características de los RS. Entonces, para la evaluación de los sistemas de MRSU se implementan seis indicadores que incluyen temas de geografía, densidad, generación, composición, clasificación y reciclaje de RS.</p>
<p>Arendse y Godfrey (2010)</p>	<p><i>Waste management indicators For national state of Environment Reporting</i></p>	<p>Presentan los principales indicadores ambientales para el gobierno de Sudáfrica, y en la investigación encuentran como tema de preocupación el mal MRSU que se viene presentando, entonces, con la participación de los actores involucrados, desarrollaron una estrategia que permite optimizar el sistema de manejo y que es evaluada con 37 indicadores que incluyen: generación, tipo, reciclaje, disposición, escala temporal, costo y capacidad de carga.</p>
<p>DEA (2010)</p>		<p>El departamento de asuntos ambientales de Sudáfrica</p>

	<i>National Waste Management Strategy</i>	implementa un conjunto de 50 indicadores en temas de ecología, minimización, reúso, reciclaje, tratamiento y disposición basado en un contexto medio ambiental y socioeconómico, con la intención de proveer un plan que permita mitigar los impactos del, hasta el momento, mal MRSU.
UNEP (2005)	<i>Integrated waste management Scoreboard</i>	En orden de alcanzar un exitoso sistema de MRSU, con los principios del desarrollo sostenible, propone que se debe trabajar de manera jerárquica en la administración, coordinación e implementación del MRSU entre niveles nacionales, estado/provincia/región, municipales, comunitarios e institucionales. Para lo cual presenta 26 indicadores que incluyen temas geográficos, cuantitativos, composición, manejo, tratamiento, y beneficios o cargas socioeconómicas y medio ambientales.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. General:**

Desarrollar y comprobar una metodología de evaluación estándar para el Programa Basura Cero, como herramienta de gestión en el manejo de residuos sólidos urbanos

#### **3.2. Específicos:**

- λ Analizar el Programa Basura Cero y algunos de sus casos internacionales de implementación
- λ Identificar indicadores clave en la gestión y manejo de residuos sólidos urbanos
- λ Generar un matriz de indicadores de evaluación y manejo adaptativo del Programa Basura Cero
- λ Aplicar la metodología obtenida a casos de estudio (CE)
- λ Proponer estrategias generales para la aplicación de un Programa Basura Cero, derivado de los casos de estudio

## 4. Métodos

### 4.1. Procedimiento

El proyecto se presenta en dos fases, como se puede observar en la Figura 7.

La **Fase 1** consistió en recopilar la información sobre (i) el Programa Basura Cero, (ii) la selección de los casos de estudio (CE) y el MRSU en cada uno de los CE incluyendo temas de normativa, gobernanza, generación, aprovechamiento, tratamientos, reciclaje informal, y técnicas de disposición, por ejemplo, y (iii) los indicadores de gestión.

En esta última parte se buscó la compilación de la información para la elaboración del estado del arte -uno de los pasos más importantes para la selección de indicadores, ya que presenta a los indicadores en un contexto con respecto a lo que se ha trabajado con estos-, sus beneficios y los obstáculos que los diferentes autores han tenido que enfrentar para la propuesta de un conjunto de indicadores ideal.

En esta misma sección se propone un sistema de criterios de selección para determinar qué tan relevantes son los indicadores que se han encontrado en el previo estado del arte. Este sistema se realizó de manera muy sencilla, pues al haber compilado la mayor cantidad de indicadores con bibliografía, se determinaron (i) utilidad de la información: ¿el indicador permite evidenciar un avance para alcanzar las metas del PBC?, (ii) disponibilidad de la información: ¿el indicador cuenta con la información necesaria o es fácil obtener ésta información?, y (iii) replicabilidad:

¿el indicador puede ser medido a lo largo de varios años y en las localidades sin ser afecto por la escala geográfica? (PNUMA-WCMC, 2011).

Entonces, tras la búsqueda del estado del arte se logró una compilación de aproximadamente 200 indicadores que diferentes autores, localidades o tomadores de decisiones han utilizado para el análisis de su MRSU; tras haber realizado el análisis -anteriormente descrito- a cada indicador,



se descartaron varios de ellos, y con los restantes se realizaron ´pruebas piloto`, es decir, se juntaron estos indicadores que pasaron los filtros y que resultaban útiles para la evaluación, y se implementaban en diferentes localidades para determinar qué tan relevante era la información final que proporcionaban.

Para la **Fase 2** se realizó una revisión bibliográfica que permitió definir las categorías y temas que enmarcan la matriz, es decir, la organización conceptual y visual de la matriz. Los temas hacen referencia a aquellos aspectos sociales, ambientales, económicos, políticos o técnicos que interactúan con el MRSU ( *Figura 5*); así mismo, las categorías -que más adelante serán conocidas como etapas- son una agrupación de indicadores que responden a las etapas de la cadena del MRSU.

Continuando con el sistema de selección, se busca llegar a una matriz que cuente con una cantidad de indicadores que sea fácil de trabajar, es decir, que su implementación no resulte tediosa o muy difícil de interpretar, y con la revisión bibliográfica se encontró que un ideal promedio esta entre 15 y 20 indicadores, que logren ser suficientes para determinar un cambio en el MRSU a través del tiempo, pero práctico para lograr la toma de decisiones en un tiempo corto. Para comprender con mayor facilidad este proceso se presenta el diagrama de flujo para la depuración de indicadores.

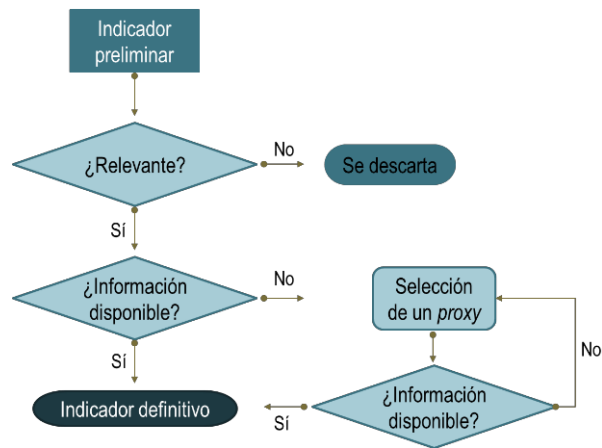


Figura 6. Diagrama de flujo para la depuración de indicadores (Elaboración propia)

Esta matriz se implementó en los casos de estudio que se han escogido teniendo en cuenta su 'estado de desarrollo' y su escala geográfica (en la sección siguiente se podrá ver cuáles fueron los criterios para elegir cada localidad, ver página 76), se realizó un búsqueda de la información en periodos de tiempo (de 2005 a 2015, por ejemplo) teniendo en cuenta el año en el que iniciaron la implementación del PBC, para poder apreciar el cambio que han ejercido las políticas o la gobernanza en la parte física (esta relación se explica mejor en la Figura 3).

Para las localidades, se calculó una tasa de cambio anual, los datos se graficaron para un análisis visual de tendencias (en donde se puede observar con facilidad si los datos se comportan positiva, neutra o negativamente), y finalmente se proporcionó una calificación con dos marcadores: (i) *código* en un sistema semáforo con verde , amarillo y rojo de acuerdo a la meta que se desea alcanzar; es decir, para la generación total, una tendencia positiva tendrá un código rojo pues lo que se busca es disminuir esta misma generación, pero en el caso de la composición de los RSU generados las tendencias positivas tendrán un código verde porque representan una mayor recolección de estos RSU como repuesta a prácticas efectivas de separación, y (ii) *progreso* con flechas que indiquen, que -a pesar de no de estar alcanzando los resultados

esperados- el comportamiento en el tiempo es positivo , negativo o neutro como se puede ver en la Tabla 4.

Tabla 4. Marcadores de la matriz de indicadores (Elaboración propia)

Código	Representación
	Meta no alcanzada
	Meta parcialmente alcanzada
	Meta alcanzada
↓	Progreso negativo
→	Progreso neutro
↑	Progreso positivo

Para calcular la tasa de cambio anual se utilizaron dos fórmulas, la primera se implementó en el caso en el que los datos se pudieron compilar año a año, y la segunda para los que casos en los que solo había datos a lo largo de varios años, es decir un dato de generación de RSU en 2002 y el otro hasta 2010, de acuerdo con Parker (2002) así:

En el primer caso,

$$\frac{\text{Valor final} - \text{Valor inicial}}{\text{Valor inicial}} * 100$$

Y segundo,

$$\left[ \left( \frac{f}{s} \right)^{\frac{1}{y}} - 1 \right] * 100$$

En donde  $f$  es el valor final,  $s$  es el valor inicial y  $y$  es la cantidad de años.

Finalmente, se presentó el análisis de los resultados teniendo en cuenta las estrategias que cada localidad ha implementado para el desarrollo del programa y, así mismo, se presentan una serie de propuestas que se sugieren aplicar para lograr el alcance de las metas PBC.

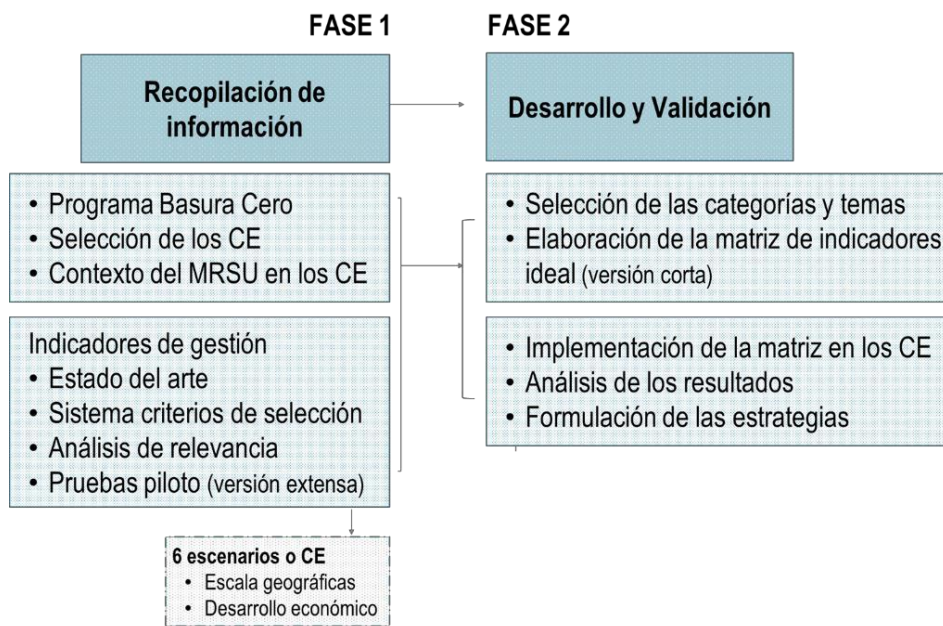


Figura 7. Diagrama de flujo de la metodología (Elaboración propia)

## 4.2. Áreas de estudio

La información base, las fichas técnicas y la construcción de las matrices de indicadores para cada caso de estudio se realizó con diferentes fuentes de información. Cada caso cuenta con autoridades ambientales gubernamentales o empresas privadas que se encargan de los informes de gestión, Esta información se compiló o calculó con base en los reportes públicos y oficiales en cada caso.

Se realizó la selección de los seis casos de estudio entre las más de 50 localidades que han implementado el PBC. Los principales criterios de selección fueron su variedad económica y de escala.

En el caso de San Francisco, se eligió porque es la ciudad con el mejor MRSU reportando una de las mayores tasas de desviación más altas a nivel mundial (80%), Buenos Aires fue la primera ciudad en Latinoamérica en adoptar una ley específica para el PBC en 2005 y cuenta con estrategias que la llevaron a desviar el 50% en 2012, y Adelaida presenta un alto porcentaje de recolección de RSU comparado con otras ciudades en Australia, cuentan con una legislación de disposición desde 1977 y promueven la separación en la fuente desde hace más de tres décadas; estas tres son ciudades icónicas para el PBC (UN HABITAT, 2010).

Suecia es un país que reporta una desviación del 99% de los RSU de un relleno sanitario y sus estrategias las han desarrollado de modo que cada actor (como hogares, negocios, gobernadores o productores) tiene sus responsabilidades claras logrando que aquellos RSU que no logran ser reciclados pasen a un proceso para el aprovechamiento de su energía (Avefall Sverige, 2016), Ghana cuenta con varios estudios realizados por actores locales que permiten un análisis de los esfuerzos que el gobierno y el sector privado están haciendo para que el MRSU se encamine en las metas del PBC y su desviación alcanza el 55%, finalmente India es un caso casi contrario a Suecia, su información es escasa y se requieren estrategias, tiempo y recursos específicos para que este país logre alcanzar las metas del PBC que se han propuesto, su desviación actual es del 10%. Estos dos últimos casos de estudio se han elegido con la intención de mostrar los esfuerzos iniciales que las localidades deben tratar de implementar si su propósito es basuracero.

Ciudad de México no se tuvo en cuenta para este ejercicio porque no cuenta con metas del PBC, planteó su implementación en junio de 2017 pero no busca una reducción en la fuente o una desviación de RSU sino una adecuada separación (Boletín CDMX, 2017).



Figura 8. Ubicación geográfica de los casos de estudio (Adaptado de ISWA (s.f))

A continuación, se presentará la descripción de los casos de estudio, para demostrar el formato final. La información general de cada CE se encontrará en el Anexo 1. En esta sección se pretende establecer un contexto de la gestión de RSU que cada caso de estudio presenta, la cantidad de información varía en cada caso dependiendo de su disponibilidad. Es importante que se inicie con la revisión de información de la localidad pues las decisiones no se toman únicamente con base en los datos, sino que el contexto, como se mencionó, permite ampliar la mirada de los comportamientos, motores de cambio e impactos que han tenido las estrategias hasta ahora implementadas para optimizar el MRSU.

#### **4.2.1. San Francisco, Estados Unidos, América del Norte**

California es un Estado en donde viven más de 38 millones de personas, cerca del 90% de la población vive en zonas metropolitanas; por su parte, San Francisco como capital del occidente de este Estado cuenta con el PIB más alto en Estados Unidos siendo un popular centro de turismo, comercio y manufactura. Con una superficie de 122km<sup>2</sup> con una población para el 2010

de 806.254 habitantes, proyección para 2020 de 852.788 habitantes y de 886.167 habitantes para 2035 con una tasa de crecimiento del 1% (C40, 2013). En el 2008 se generaron 508,323 toneladas de RSU, teniendo una generación *per cápita* de 609kg, la recolección ya era del 100%, se compostaban el 20%, se disponía en el relleno sanitario únicamente el 28% y menos del 0,001% era incinerado, así mismo, en ese año se lograba desviar y valorizar el 72% del total de los RSU, meta que se elevaría a un 75% para 2010 y 100% para 2020. Desde 1930 la empresa privada *Recology* monopoliza legalmente la recolección y disposición de los RSU, son también los que en 1999 presentaron, junto con el gobierno, la iniciativa del programa ‘Los tres fantásticos’ con el propósito de que los residentes y los comerciantes separaran sus residuos en categorías blanco, azul y negro, se dispusieron camiones de recolección separada entre los reciclables y los compostables, teniendo un recorrido en la mayoría de calles una vez a la semana y en aquellos lugares más concurridos, una vez al día. Diversas normativas, planes y proyectos han permitido que la ciudad disminuya la generación de sus residuos. La ciudad no cuenta con un relleno sanitario, por lo que se den trasladar los residuos 85 km al relleno sanitario Altamont de la empresa *Recology* y a la compostura Jepson Prairie a 96,5km; por lo tanto, lo genera la desviación de los RSU para evitar su disposición evita los gastos de transporte y descarga, que son solventadas por la estrategia ‘pagar por lo que se tira’. El Estado de California se ha propuesto desviar el 50% de sus RSU para el 2020, contando con el importante apoyo de los residentes, comerciantes y entidades gubernamentales (UN-Habitat, 2010).

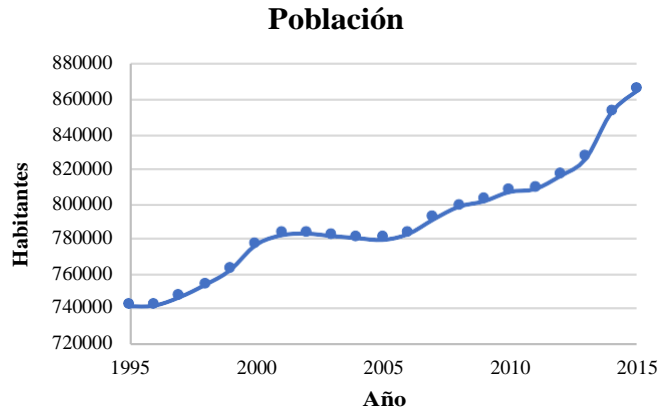


Figura 9. Caso de estudio: San Francisco - Crecimiento poblacional (Habitantes entre 1995 y 2015) (Suburban Stats, 2015)

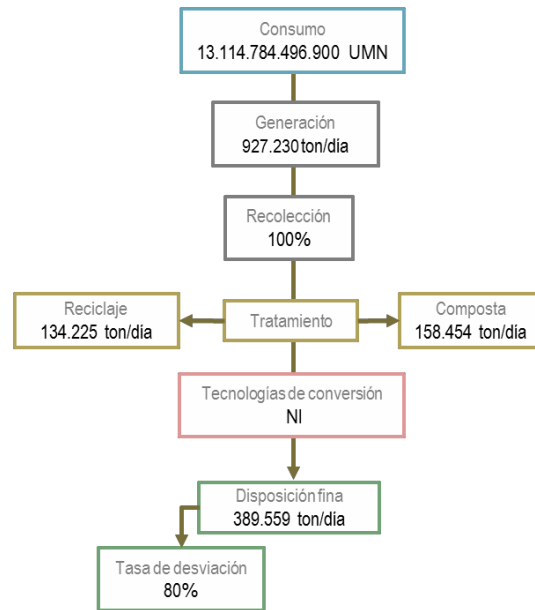


Figura 10. Caso de estudio: San Francisco - Etapas del MRSU en San Francisco en 2015

San Francisco es la ciudad modelo del PBC porque sus metas están encaminadas bajo los principios de este programa, y porque han logrado involucrar a los actores de tal manera que las estrategias son un éxito. Su cadena de MRSU está diseñada para reducir el consumo y maximizar la desviación al fomentar la reutilización, la reparación y las compras ecológicas; esto se apoya



de la prohibición de productos problemáticos como lo son las bolsas de plásticos y envases desechables compensándolo con alternativas como estos mismos productos pero con materiales reciclables o de fácil degradación, haciéndolo casi obligatorio para todas las actividades de la ciudad, por lo que se cuenta con un conjunto de normativas que se enfocan en la separación en la fuente y en los residuos de construcción y demolición. Finalmente, teniendo en cuenta que los principales objetivos que han guiado todo este cambio de paradigma son la protección del medio ambiente y el adecuado manejo de recursos naturales, se presentan iniciativas y normas que obligan a los fabricantes, empresas e individuos a rendir cuentas por el impacto ambiental de los productos que producen y utilizan, a través de responsabilidad extendida (*Ibidem*).

En cuanto a la legislación, se firmaron las resoluciones para adoptar el OBC con una meta de desviación del 75% para 2010, y la más reciente busca alcanzar el 100% para 2020. Para reciclaje, compostaje y basura, en 2009 se ordenó la separación en la fuente en tres categorías reciclables, compostables y basura para el relleno sanitario, así mismo se ordenó la provisión de espacios y materiales que permitieran dicha separación. Se regularizó la responsabilidad de los productores. En 2006 se prohibió el uso de espuma de polietileno (UNICEL-ICOPOR), desde 2012 se debía hacer uso de bolsas de papel o reutilizables, y desde 2009 se estableció el cobro de 40 centavos por paquete de cigarrillos vendido para subsidiar el gasto de recolección de los mismos. Son algunas de las regulaciones generales que se han implementado para paso a paso lograr las metas de evitar disponer los residuos en rellenos sanitarios o en incineradores (GAIA, 2012).

#### **4.2.2. Buenos Aires, Argentina, América del Sur**

La segunda ciudad con mejor calidad de vida en Latinoamérica (bbc, 2014), capital y principal núcleo urbano de la República de Argentina, al centro-este del país. Su población cuenta con

2.890.151 habitantes en una superficie de 203,3 km<sup>2</sup>, para una densidad de 14.450 hab/km<sup>2</sup>. La generación anual es de 4.829.218,40 tons. En 2009, del total de RSU producidos en la ciudad, 18.43% era papel, 19,7% plásticos, 3.47% vidrio, 1.5% metal, 40% orgánicos, y el restante 16.9 en otros como maderas, textiles, construcción y demolición, peligrosos, etc. La recolección de los RSU es responsabilidad de los municipios, y se cuenta con la participación de los ciudadanos en cuanto a la separación en la fuente, que cuentan con cobertura del servicio entre el 88 y 100%. La ciudad maneja Estaciones de Transferencia o sitios de acopio temporal que permiten la separación de los RSU para reciclaje y compostaje, adicionalmente, existe un sector informal que trabaja con papel, cartón, vidrio, plásticos, aluminio y chatarras, lo que incrementa la posibilidad de recuperar los materiales para su efectiva valorización (González, 2010).

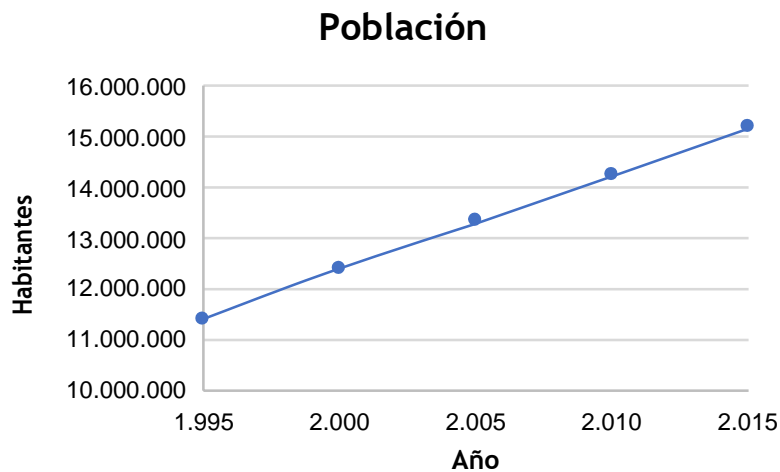


Figura 11. Caso de estudio: Buenos Aires – Crecimiento poblacional entre 1995 y 2015 (GBA, 2017).

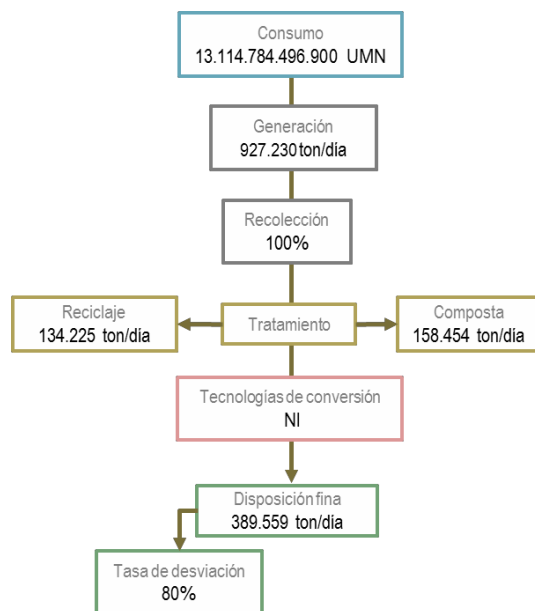


Figura 12. Etapas del MRSU en Buenos Aires en 2015

En 2006 se promulgó la Ley 1.854 conocida como ‘Basura Cero’, y que a partir de la fecha promulga la gestión de RSU con la intención de eliminar progresivamente los rellenos sanitarios, adopta las medidas de reducción de la generación, recuperación, reciclado y disminución de la toxicidad de los RSU, extendiendo la responsabilidad de los fabricantes. La política pública que se encarga del MRSU crea la Dirección General de Reciclado con el Decreto 2075/07, responsable de incrementar los niveles de recuperación y reciclado.

Las metas que se propusieron son tomadas de las 1.497.665 tons de RSU que fueron llevadas en 2004 al relleno sanitario, entonces, la ley buscaba que para el año 2010 se lograra una desviación del 30%, para el 2012 el 50% y 75% para el 2017, así se prohibiría la disposición final de materiales potencialmente reciclables para el 2020; esto quiere decir que para 2010 se esperaban 1.048.359, para 2012 unas 748.828 y 374.414 para 2017 de ton/año que se podrían disponer en rellenos sanitarios (Casos de estudio: generalidades). Estas metas se querían alcanzar con siete

estrategias principales. (1) Concientización de la separación en la fuente, (2) minimización de los RSU que se llevan a relleno sanitario mediante la reutilización de RSU reciclables, (3) inclusión participativa de Recuperadores Urbanos (pepenadores) en el servicio público urbano, (4) incorporación de nuevas tecnologías y espacios para la adecuada disposición de RSU, (5) Puesta en marcha de sistemas de recuperación y reciclado, (6) promover la incorporación en la industria de los materiales post-consumo recuperados, y (7) ordenar la cadena de valor de reciclado (GCBA, 2017).

El MRSU está reglamentado por la Ley 25.926, a cargo de la Coordinación Ecológica Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) que diariamente procesa hasta 17.000 ton de RSU (*Ibidem*).

#### **4.2.3. Suecia, Europa**

Suecia es un país que hace parte de la Unión Europea y se encuentra al norte de este continente, cuenta con una extensión 450.295 km<sup>2</sup> y con una población para 2015 de un poco más de 9,7 millones; ocupa el decimocuarto lugar en el mundo de los países con mejor Índice de Desarrollo Humano (BM, 2016). Es un Estado unitario dividido en veintiuna provincias administrativas, estas provincias se dividen en municipios para un total de 290 en el país, y las principales ciudades son Estocolmo, Gotemburgo, Malmö y Upsala (Avefall Sverige, 2016). En cuanto al MRSU se tiene que para el 2015 generaron 4.703.790 toneladas anuales de RSU, valor que aumentó un 4% con respecto al año anterior, pasando de 463 kg a 478 kg *per cápita* (European Commission, 2012). El 50% de los RSU se manejan a través de reciclaje o técnicas de tratamiento biológico, el 35,1% se recicla (valor que aumento 2% con respecto a 2014). La cantidad de residuos de comida aumentó un 10% alcanzando las 427.630 toneladas anuales y se utilizan técnicas como la digestión anaerobia o la composta con estos residuos. En cuanto a la

disposición final, los RSU que se utilizan para la recuperación energética son 2.284.210 toneladas anuales y solamente 38.300 toneladas van al relleno sanitario (Eurostat, 2017).

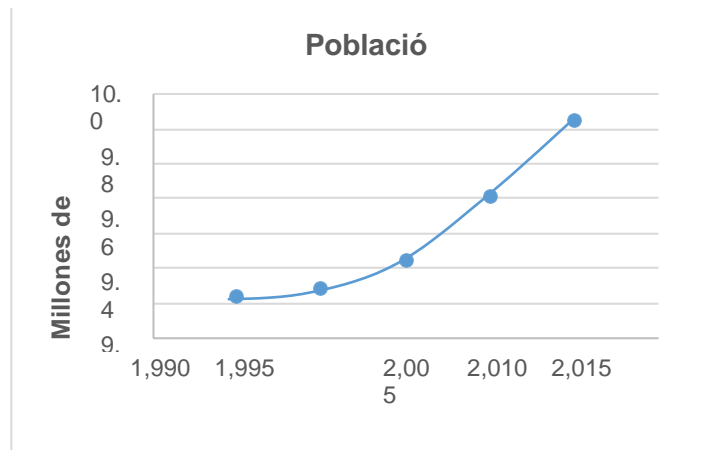


Figura 13. Caso de estudio: Suecia - Crecimiento poblacional entre 1995 y 2015 (Eurostat, 2017)

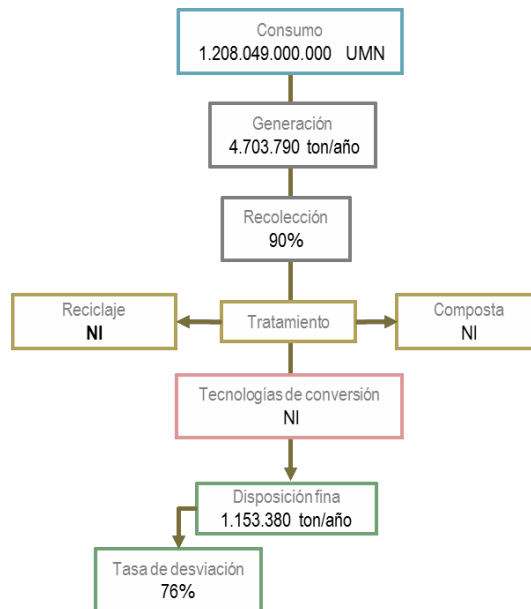


Figura 14. Etapas del MRSU en Suecia en 2015

Avfall Sverige es la organización que apoya a los municipios en Suecia. Cuenta con programas a mayor escala como, por ejemplo, el llamado “*Vision Stockholm 2030*” que encamina a Estocolmo en un desarrollo sostenible, y con metas puntuales como lograr manejo eficiente de

sus recursos para 2030 y para 2050 lograr abandonar por completo el uso de combustibles fósiles. Finalmente, en 2010 el 59% de los RSU fueron incinerados, el 31% reciclado y el 10% fueron al relleno sanitario (Avefall Sverige, 2016).

#### 4.2.4. Ghana, África

Está localizado en occidente de África, con un área de 238,533 km<sup>2</sup>, su MRSU está bajo el grupo ‘cuidado de la salud y gestión de residuos’, en el sector ‘gestión de residuos y reciclaje’, del cual se encarga una compañía independiente al proveer los servicios de recolección, disposición y reciclaje, excluyendo los residuos tóxicos. El país no cuenta con una estructura de mercado definida para el sector de residuos. El gobierno está dispuesto a concesionar licencias a empresas privadas para que se encarguen de todo el MRSU. Las autoridades regulatorias son GIPC en conjunto con la Agencia de Protección Ambiental, y la Asamblea Metropolitana de Accra (WorldBank, 2014).

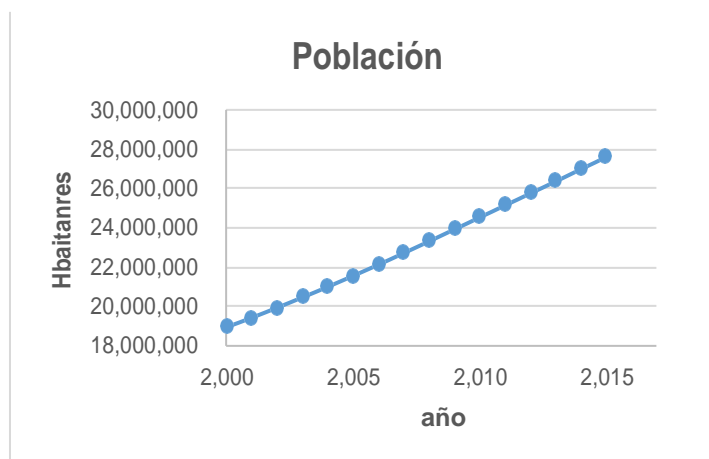


Figura 15. Caso de estudio: Ghana - Crecimiento poblacional entre 2000 y 2015 (UNStats, 2017)

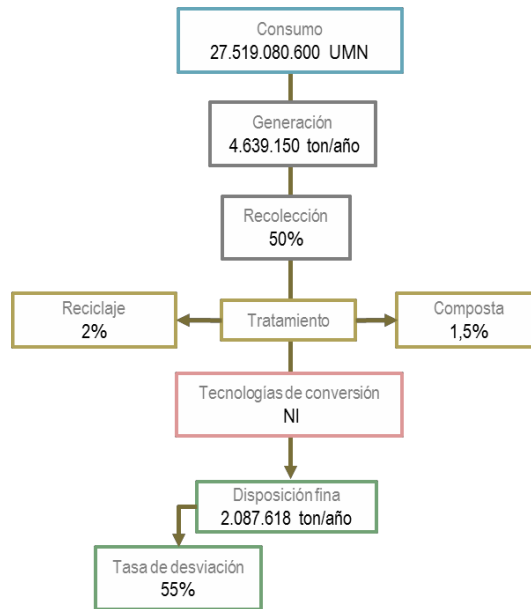


Figura 16. Etapas del MRSU en Ghana en 2015

La mayor preocupación para el país en cuanto al MRSU está en las áreas urbanas más que en las rurales, pues es en estas donde se procede no solo la mayor cantidad sino también mayor diversificación de materiales incluyendo residuos domésticos, industriales y de construcción; se llevan a rellenos sanitarios, pero la mayoría termina en botaderos a cielo abierto. Las principales ciudades anteriormente mencionadas generan casi un 19% del total de lo RSU del país y se cuenta con una recolección del 80%. La composición de estos residuos varía a lo largo de la nación, pero en términos generales los orgánicos representan un 60%, el papel y el plástico 8% cada uno, metales un 3% y vidrio el 2%. En cuanto a la recolección y transporte, las principales ciudades cuentan con un servicio organizado desde 1990 por empresas privadas, con Zoomlion Ghana Limited como la mejor equipada; los métodos de recolección son puerta a puerta o centros comunales. Finalmente, en la disposición para 2010 se tiene que el 57% de los RSU eran llevados al relleno sanitario comunal, el 25% se disponían sin ningún control y el 8% eran

quemadas, pero no en plantas de incineración sino de manera particular por los ciudadanos (Shaibu, 2012).

#### 4.2.5. India, Asia

La cantidad anual de RSU generados en las ciudades de India ha aumentado de seis millones de toneladas en 1947 a 48 millones en 1995 y 90 millones en 2009, se esperan 300 millones para 2047. Las ciudades con mayor generación *per cápita* son Port Blair, Kochi, Chennai, Vishakhapatnam, Pondicherry, Kolkata, Jammu, Delhi y Hyderabad; esto debe tener relación con los altos estándares de vida, el rápido crecimiento económico y la urbanización. En Kohima, Nashik, Imphal, Rajkot y Guwahati se observa la menor generación *per cápita*. Estas diferencias se presentan por el desarrollo económico, en las áreas urbanas la composición predominante corresponde en un 40-60% a material potencialmente reciclable (MPR) y entre 30-50% inertes. El porcentaje relativo de residuos orgánicos aumenta con el decrecimiento del estatus socioeconómico, los rurales más que los urbanos. Así mismo, la cantidad de materiales potencialmente reciclables (papel, vidrio, plástico y metales) es muy baja, por los pepenadores que segregan y colectan el material en las fuentes de generación, puntos de recolección y sitios de disposición (Gupta, Yadav, Kumar-Yadav, & Kumar, 2015).

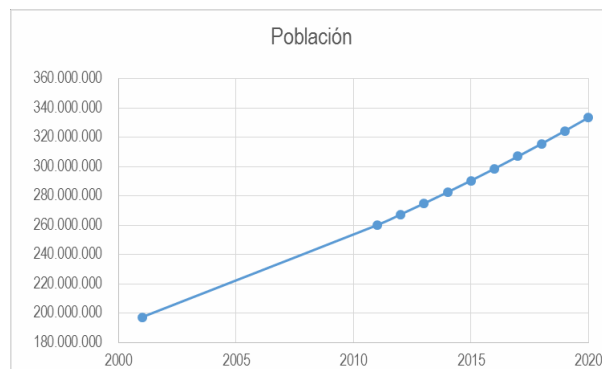


Figura 17. Caso de estudio: India - Crecimiento poblacional entre 2000 y 2020 (Kharvel, 2012)



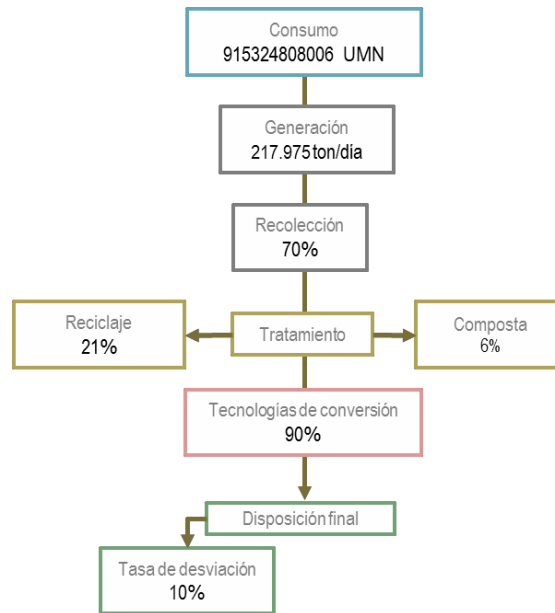


Figura 18. Etapas del MRSU en India en 2015

La composición de los RSU depende de un amplio rango de factores como los hábitos alimenticios, tradiciones culturales y clima, ingreso. En este caso, los orgánicos se presentan en un 40-60%, como cenizas y podas entre 30-40%, papel y plástico entre 3-6%, y vidrio y metales cada uno menos del 1%. Residuos como papel, plástico y vidrio han ido incrementando de 4.1%, 0.7% y 0,4% en 1971 a 8.18%, 9.22% y 1.01% en 2005 respectivamente; por el contrario, los materiales inertes y la materia para composta ha decrecido de 49.2% y 41.3% a 25.61% y 40% respectivamente en los mismos años. Estos valores sugieren que establecer la recolección y reciclaje formal es económicamente viable. Los porcentajes anteriormente descritos se relaciona con el crecimiento poblacional de las mega ciudades del país; por ejemplo, la población de Mumbai creció 49% de 8.23 millones en 1982 a 12.6 millones 1991, la de Chennai creció un 21% entre 1991 y 2001 y su generación de RSU aumentó el 61% entre 1996 y 2002 (*Ibidem*).

La recolección en India es muy desorganizada, las mayores faltas se encuentran en la recolección en la fuente. Los botes de basura que los ciudadanos utilizan están mal diseñados, y no cuentan

con una adecuada ubicación ni mantenimiento. Esto ha resultado en una recolección ineficiente con un promedio del 70% de eficiencia. La separación en los botes de basura se hace entre lo que se descompone y lo que no y la disposición se hace en un centro comunal (*Ibíd.*).

India está atravesando una carencia de recursos y de experiencia técnica necesaria para tratar con la disposición de RSU. Los dos mecanismos líderes e innovadores que se han implementado en India incluyen la composta y la generación de energía a través de incineración. Solamente entre el 6 y 7 % de los RS se convierten en composta, el resto se dispone a través del relleno sanitario, la incineración contribuye muy poco (*Ibíd.*).

#### **4.2.6. Adelaide, Australia Meridional, Australia**

Algunas ciudades con altos niveles de consumo con Adelaide están implementando diferentes estrategias de MRSU, alineadas con el concepto del PBC, para alcanzar la meta del 100% de residuos desviados del relleno sanitario.

Esta ciudad ha implementado diferentes estrategias del PBC y ha usado la tasa de desviación como un indicador clave para evaluar y cuantificar el proceso. Desde 2010, el gobierno local de la ciudad ha desarrollado e implementado esta estrategia, que prioriza la optimización del reciclaje.



Figura 19. Caso de estudio: Adelaida - Crecimiento poblacional 2003 a 2010 y proyecciones 2015 y 2020 (Zaman, 2014)

Adelaida es la quinta ciudad más grande en Australia con un total de 1.089.728 habitantes que están viviendo en 841.5 km<sup>2</sup> de área urbana. Australia Meridional es considerada el estado más seco del continente más seco (Government of South Australia, 2015). Adelaida es una ciudad de alto ingreso y consumo, el PIB en 2010 fue de US\$41.300. Casi el 85% de la población de Australia Meridional viven en el área metropolitana de Adelaida. El restante 15% vive en las zonas rurales que no están cubiertas por el sistema tradicional de MRSU que proveen las autoridades, entonces, se provee el servicio de recolección por la contratación de organizaciones como *EastWaste* (*Ibidem*).

La composición de los RSU varía extensamente entre países y entre las estaciones del año. En el contexto de Australia, la información de RSU se obtiene en la *Australian Waste Database-AWD*, es una base de datos que inició en 1993 por un cuerpo de investigadores nacionales conocidos como *The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation – CSIRO*, y el Departamento de Ambiente y Patrimonio del gobierno federal que proveyó un mecanismo de monitoreo para las políticas de minimización de residuos y para la dirección de futuros problemas.

La AWD categoriza los residuos en orgánico, papel, vidrio, plástico, metal, residuos peligrosos y diversos como parte de la composición de los RS; además, esta clasificación incluye urbanos, comerciales e institucionales, construcción y demolición (C&D), y RESPEL.

La composición promedio actual del MRSU en Adelaida es de orgánicos 26%, papel 7%, plástico 5%, metales 5%, y otros (en su mayoría C&D) 52%; para un total de 742.807 toneladas de RSU para 2006 y un promedio *per cápita* cerca de 681 kg/año. Australia Meridional cuenta

con el mayor record de recolección y reciclaje de RS de Australia y para 2006 Adelaida logro desviar el 54% de todos los RSU del relleno sanitario; a pesar de esto el relleno sanitario continua siendo el principal método implementado representando un 46% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (Zaman & Lehmann, 2011).

El consulado local provee botes de basura a las residentes divididas en *residuos generales* y *reciclaje*. Estos botes de basura son vaciados por vehículos recolectores y el contenido es llevado a una estación de transferencia o centro de acopio. Existen 14 centros de acopio de medio a gran tamaño que operan en el área metropolitana. Después de pasar el proceso de clasificación en los centros de acopio, los RS son enviados al relleno (*Ibidem*).

Australia Meridional cuenta con la más larga y exitosa historia de implementación de la Legislación de Deposito de Contenedores (CDL<sup>8</sup>), iniciando en 1977 logra capturar una amplia gama de envases hasta de 3L, lo que contribuye a la separación en la fuente, así mismo contenedores de bebidas como jugos, agua, gaseosas, excluyendo los cartones de leche y las botellas de vino; un total de 124 departamentos de colección se han aprobado a lo largo del Estado, 40 en la zona metropolitana y 84 en la regional de Australia Meridional, para retornar los contenedores (*Ibidem*).

Se reembolsan AUD<sup>9</sup>10 centavos por cada contenedor, razón por la cual el reciclaje informal juega un papel muy importante en el MRSU con el aprovechamiento de botellas y contenedores de plástico en los botes de basura de las calles y parques. No existe una ley en Australia Meridional que apruebe o prohíba el reciclaje informal, al contrario esta práctica se considera como una fuente secundaria de ingreso y es favorable para la CDL (*Ibidem*).

---

<sup>8</sup> *Container Deposit Legislation*- CDL: Legislación de Deposito de Contenedores-

<sup>9</sup> AUD: 1 dólar australiano son 0.76 dólares americanos en 2017

A pesar de la disponibilidad de los servicios formales de recolección de RSU en Adelaida, es interesante y significativa la coexistencia que hay con los recolectores informales que realizan la actividad como segunda fuente de ingreso. El aumento de ambas promueve los incentivos financieros. De acuerdo con la legislación estatal, el consulado de la ciudad está obligado a vaciar los botes de basura de residuos generales semanalmente y las de reciclaje cada quince días. Entonces, el manejo y disposición inician, como se había mencionado, con la recolección de los materiales reciclados y su transferencia a industrias recicladoras de Australia. Solamente vidrio, concreto, ladrillos, tierra, asfalto, madera, comida y podas son reprocesados en Australia Meridional, los demás como papel, plástico, acero, metales no ferrosos, textiles y caucho son reprocesados en otros Estados o en el extranjero (*Ibíd.*).

La *City Corporation* provee los servicios los ciudadanos a través de la recolección en las aceras de para los residuos de hogareños, los recicladores informales colectan botellas y latas de los botes de basura públicas de los parques, alrededores y carreteras. Todos los reciclables como botellas, plásticos, metales, vidrio, son llevados a industrias de reciclaje para la manufactura de nuevos productos y los residuos de hogareños se recolectan y envían a centros de acopio. Las industrias de reciclaje local han promovido las estrategias del PBC y, por lo tanto, se ha alcanzado una cantidad importante (cerca de dos millones de toneladas, lo que representa un 82%) de residuos tratados de manera local, el 5% es tratado en otros estados y el 13% (325.177 toneladas) en el extranjero (*Ibíd.*).

La mayoría de las estaciones de transferencia aceptan cualquier tipo de residuos incluyendo los RESPEL y su costo está entre los AUD80 y 330, los electrónicos pueden ser depositados de forma gratuita. Las tarifas para la disposición de orgánicos dependen del volumen de residuos y del centro de acopio, pero varían entre AUD8 y 150; la entrega de *Bio-Basket* a casi 1250

residentes de la ciudad para que recolecten los residuos orgánicos ha permitido optimizar su manejo (*Ibidem*).

Después de la recolección, los RSU que quedan son enviados a los rellenos sanitarios, Adelaide cuenta con nueve que operan para toda el área metropolitana, cuentan con una capacidad de 43 millones de toneladas de residuos putrefactos y se calcula una vida útil hasta 2030 (*Ibidem*).

Australia Meridional ha aumentado su impuesto de AUD21 en 2007 a AUD42 en 2010 por tonelada, y para 2012 se propuso un aumento hasta de AUD50 con el fin de alcanzar la reducción del 35% de los RS que llegaban al relleno sanitario para 2020 (*Ibidem*).

Las políticas regulatorias y las estrategias principales incluyen la CDL que ha tenido una significativa influencia en los sistemas de manejo para Australia Meridional. Adelaide cuenta con el más alto porcentaje de reciclaje comparado con otras capitales de Australia gracias a la adopción de la CDK en 1977. El *Zero Waste SA Act* implementado 2004 fue otra de las iniciativas más significativas para Australia Meridional porque logro conformar la organización *Zero Waste SA –ZWSA* que promueve el PBC con actividades en todo el Estado, trabaja en promoción del conocimiento y conciencia, reducción, reciclaje, MRSU y desviación del relleno sanitario (*Ibidem*).

La conciencia ambiental y el cambio climático son los principales impulsores del desarrollo de MRSU. La CDL es uno de los muchos promotores de reciclaje de botellas en la ciudad, aumentando el pago por recuperación de AUD5 a 10 centavos para que las personas prefieran recuperarlas y que no resulten en el relleno sanitario. ZWSA es la clave que el gobierno ha utilizado para promover las prácticas de disminución, reciclaje y reutilización de los residuos en Adelaide (*Ibidem*).

El gobierno de Australia Meridional se comprometió con el PBC y este soporta lo establecido por ZWSA, pues AUD 50 centavos de cada dólar que se recauda en impuestos financian las propuestas de ZWSA, logrando desviar los RS del relleno sanitario. Por lo tanto, los incentivos económicos son uno de los impulsores más significativos en este plan de MRSU. El compromiso de la comunidad, particularmente con el reciclaje de los residuos de comunidad, es otro de los grandes impulsores del MRSU de Adelaida. El gobierno local promueve la separación al proveer botes de basura separadas para la recolección de residuos de comida hogareña, varias ONG han estado trabajando en la donación de comida de las industrias de procesamiento, tiendas y restaurantes para alimentar a los pobres; el establecimiento de tiendas de segunda mano y las páginas web para intercambio o venta de artículos usados, incrementan el reúso y la reventa de esto producto que ya están destinados a desecharse (*Ibidem*).

## 5. Resultados

### 5.1. Indicadores

La base conceptual para el desarrollo de la matriz de indicadores busca integrar cada uno de los elementos, entendiendo al MRSU como un sistema. Tras la revisión de la bibliografía y la compilación de las aproximaciones conceptuales más recientes sobre el tema, se ha logrado un diagrama en pirámide invertida que involucra cada una de las etapas de la cadena, como se puede ver a continuación.

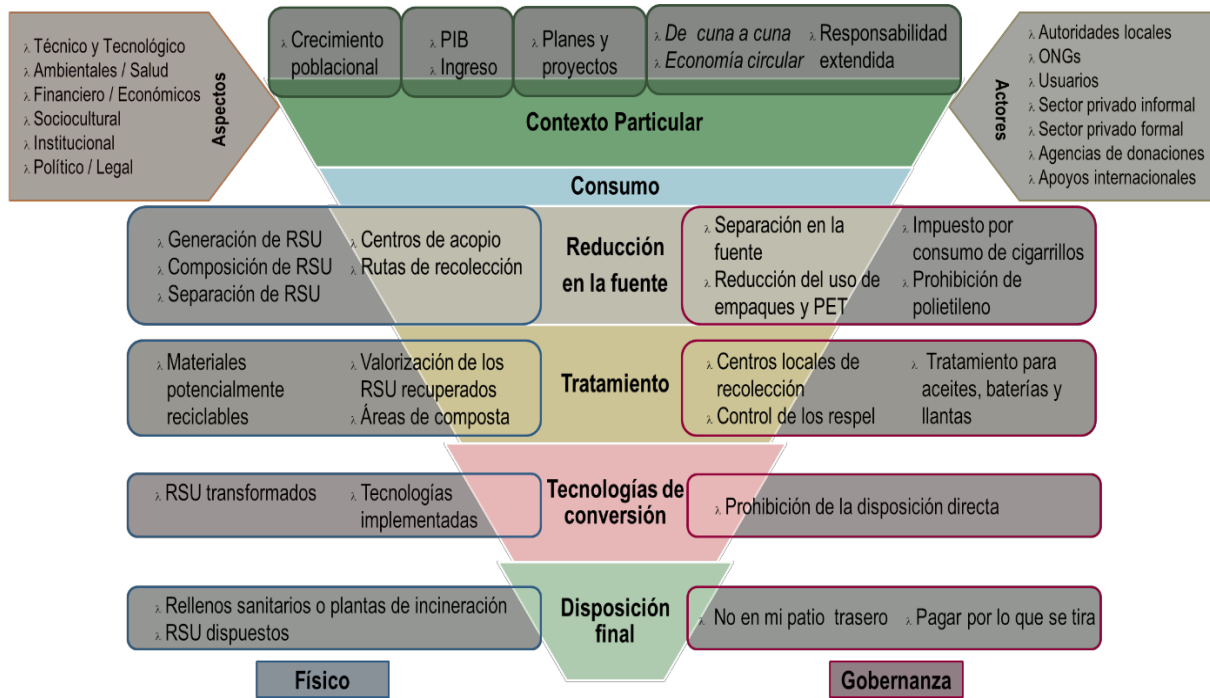


Figura 20. Marco integral del MRSU usado para la selección de los indicadores del PBC (Elaboración propia).

La Figura 20 es una versión propuesta que busca acoplar el ‘cambio de paradigma’ de Mulla-Saleh (2012) -como se puede ver en la Figura 1- de donde se toma la forma piramidal que refleja el proceso en etapas del MRSU, y renglones de diferentes tamaños correspondiendo al esfuerzo que debería realizarse en cada una de dichas etapas (a estas etapas se agrega el consumo como



un elemento determinante en la generación de RSU). Es decir, el mayor esfuerzo debe concentrarse en el **consumo** y el menor en la **disposición final**.

La figura está encabezada con el **contexto particular**, en el que se incluye (i) la información general de la localidad (población, ingreso, PIB), y (ii) una representación gráfica de la directa influencia que tienen los **actores** y **aspectos** -propuestos por ISWA (s.f) (ver Figura 2)- en este contexto. Adicionalmente, se han identificado ejemplos de los elementos que enmarcan en cada una de las etapas, teniendo en el mismo renglón a la izquierda los elementos físicos y a la derecha los elementos de gobernanza, esta conceptualización de colores rosa y azul es una adaptación de la propuesta de Wilson *et. al* (2015) (ver Figura 3), y permite reconocer las relaciones e impactos de cada política o proyecto (de la gobernanza) a un respectivo elemento físico. Entonces, por ejemplo, ¿qué influencia presenta la prohibición de polietileno -como elemento de la gobernanza- en la generación de RSU -como elemento físico-? Se trata de ver el impacto que han tenido las políticas en los elementos físicos y si han contribuido a alcanzar las metas que los actores han considerado.

Así pues, se puede inferir que el PBC es un integrador de todas estas políticas, propuestas o actividades que buscan modificar positivamente las etapas de la cadena abarcando cada **aspecto** (social, ambiental, técnico,) que los **actores** (privados, autoridades,) han propuesto para disminuir el **consumo**, aumentar la **reducción en la fuente** y evitar que los RSU lleguen a desperdiciarse en la **disposición final**.

En síntesis, este conjunto de indicadores que se ha propuesto es una herramienta base, complementaria a los indicadores, metas y objetivos que los actores de cada localidad -dispuesta a alcanzar metas del PBC- hayan implementado. La columna de los elementos físicos presenta las pautas para generar un diagnóstico del estado actual de la localidad analizando las etapas de la cadena y determinando si ha logrado tener avances para alcanzar dichas metas. Todo esto de la

mano con la columna de gobernanza que, como se mencionó anteriormente, es un conjunto de estrategias que direccionan los comportamientos requeridos para que los elementos físicos lleguen a cumplir los objetivos del Programa.

A continuación, se presenta cada nivel de la pirámide, se delimita la información que se podría incluir en cada uno, y la tendencia que se espera alcanzar de acuerdo con las metas del PBC.

### **Contexto particular**

El conjunto de indicadores inicia con el **contexto particular** que lo conforma básicamente la información general de la localidad (Tabla 5) (este es el nombre que llevará en la matriz). Es una adaptación de la propuesta de Wilson *et. al* (2015), y permite determinar los elementos físicos que contextualizan la localidad en términos de su área, su población y el estado de desarrollo en el que se encuentra; más adelante se podrá observar que estos elementos son determinantes en el comportamiento de la localidad frente al PBC y a las estrategias que deben implementar. En la Figura 20 esto está representado con color verde oscuro. Se busca conocer todos los elementos particulares de la localidad, con un conjunto de datos básicos que permiten abrir el panorama en cuanto a las dificultades que se pueden presentar para el desarrollo efectivo de un programa de manejo.

Se pretende tener una visión holística del caso de estudio, es por eso por lo que se deben identificar los **actores** que influyen en el desempeño del plan de manejo; así mismo, se puede relacionar con los **aspectos** que requieren mayor intervención. Es decir, puede que en la localidad los usuarios (actores) tengan el hábito de separar sus residuos, pero no se cuenta con la infraestructura necesaria (aspecto técnico y tecnológico) para la actividad; el indicador de separación en la fuente revelaría una `falta` o `meta no alcanzada` pero, debido a la información de contexto que el esquema pretende condensar, se puede identificar el aspecto a mejorar y que acciones, en este caso, se deben enfocar en la infraestructura.

Tabla 5. Contexto particular: Información general de la localidad

No.	Categoría	Indicador
<b>Caso de estudio</b>		
<b>Información general de la localidad</b>		
I1	Área	km <sup>2</sup> que abarca el plan
I2	Población	Total de habitantes
I3	Ingreso	Categoría del Banco mundial
I4	PIB/GNI	\$US anual <i>per capita</i>

A partir de este momento, el conjunto de indicadores llevará a concluir qué tanto se ha logrado avanzar en las metas del PBC, se busca tener datos en periodos de tiempo que permitan observar y analizar los cambios u obstáculos que cada etapa de la cadena ha tenido desde la implementación del PBC. Estas escalas de tiempo, así como los indicadores, son particulares de cada localidad; lo que la matriz pretende es delimitar la información que va en cada una de las etapas de la cadena de MSRU a manera de categorías.

### **Consumo**

Para poder medir el consumo se tomó un indicador ya establecido que se conoce como 'consumo final privado' y que básicamente calcula el gasto que los hogares han realizado en bienes y servicios para la satisfacción de las necesidades, en un periodo determinado a nivel nacional. Se calcula con el registro en el momento de la compra (INEGI, 2015a) y el Banco Mundial lo ha registrado para cada país como uno de los indicadores de desarrollo mundial (WB, 2017). Se espera que la tendencia sea una disminución del consumo, teniendo en cuenta que entre más consumo se realice mayor cantidad de basura se genera, como se mencionó anteriormente; es decir, que las localidades no solo se enfoquen en desviar los residuos de la disposición final, sino que se preocupe en gran medida por no generar los residuos. Esta es la razón por la cual se ha puesto el **consumo** en el inicio de la pirámide invertida.

## **Reducción en la fuente**

Se ha mencionado reiteradas veces que la principal meta del Programa es desviar los RSU de la disposición final en rellenos sanitarios o incineradores, y debe lograrse mitigando principalmente las causas, que, en este caso, radican en la generación de los RSU; así es como se propone la **Reducción en la fuente**. Para la evaluación de esta etapa, se proponen indicadores básicos que la mayoría de los actores utilizan para sus planes de manejo y se basan en las de cantidades y porcentajes en generación, composición y separación de los RSU, y se incluyen temas de transporte y tratamiento con las rutas de recolección y los centros de acopio (Tabla 6).

Se espera que en cierto periodo de tiempo se observe una disminución en la generación de RSU, aumente la proporción de RSU separados en la fuente, el servicio de recolección mejore y se especialice por material, y finalmente, que en los centros de acopio se registre cada vez menos recepción de RSU.

A pesar de que se han registrado varios esfuerzos legislativos para esta etapa, existen dos posibles respuestas negativas. En primer lugar, y como ocurre comúnmente, los usuarios no cuentan con la motivación, consciencia, o hábito para cumplir con esta responsabilidad, y los planes fracasan. Y segundo, que las autoridades se estancan únicamente en esta etapa, en donde su plan de manejo se resume en pedir a los usuarios la separación de sus residuos, pero no disponen infraestructura, o revuelven los residuos en los camiones, o dejan de preocuparse por la no generación y se conforman con el tratamiento post-consumo.

Sin embargo, los elementos de gobernanza son determinantes en esta etapa y se han propuesto políticas que promueven un cambio en el comportamiento de los usuarios, se les exige la separación de sus residuos a través de programas de concientización y educación sobre los impactos que estos tienen, y sobre las pérdidas económicas que estos representan, o se

desincentiva el uso de materiales difíciles de tratar como los empaques PET y Tetra Pack, las colillas de cigarrillo y el polietileno.

### **Tratamiento**

Después de que los RSU han llegado a los centros de acopio, o han sido recolectados por sectores informal y privado, se presenta una reincorporación de materiales a la cadena de consumo, se han identificado las cantidades de materiales potencialmente reciclables (MPR), cuál es el valor económico que han alcanzado y su variación en el tiempo. En cuanto a los residuos orgánicos (RO), se han propuesto compostas para su tratamiento, como una opción asequible y sustentable, por lo tanto, se procura encontrar un aumento en las tasas de RO llevados a composta. Este tipo de acciones, esta minería urbana (concepto que se desarrolla en Box 3), es muy común en la mayoría de los programas, pepenadores, recolectores o recicladores de todo tipo (formal e informal) se encargan de aprovechar los RSU e ir otorgándoles un valor económico. Algunas estrategias que pueden facilitar estos procesos incluyen los centros locales de recolección electiva e intercambio, el control y tratamiento de los residuos que son peligrosos y de difícil manejo pero que son de uso común en la población como aceites, baterías y llantas.

Se espera que, al tener una mayor recepción relativa de material, para que pueda ser reincorporado en la cadena de mercado. Esta es la segunda medida -después de la separación en la fuente- para la recuperación de los MPR, y su principal impacto se refleja en disminución de la extracción de recursos naturales y el aprovechamiento máximo de cada material. De la misma manera, se espera que, con la reducción de la generación, se presenten menos residuos a los centros de acopio, esto es a lo que se hace referencia con recepción relativa, pues se parte de los resultados que se hayan logrado en la etapa previa que es la reducción en la fuente.

### **Tecnologías de conversión**

En cuanto a las tecnologías de conversión, se busca conocer si la localidad ha incrementado el uso de estas tecnologías, tras la puesta en marcha de políticas que prohíban la disposición directa de residuos sin ningún tratamiento previo. Al determinar la cantidad de RSU que son transformados en esta etapa, se puede inferir qué tantos RSU llegan hasta este punto, por si anteriormente no se había logrado una medición de cantidades. Adicionalmente, se presta un espacio para la investigación y generación de empleo al proponer alternativas frente a la disposición final. Aunque se espera que pocos materiales lleguen hasta este punto, las tecnologías de conversión deberían ser lo suficientemente adecuadas y capaces de dejar un nulo o bajo porcentaje para el entierro o la incineración (SoCal, 2012).

### **Disposición final**

Siendo el porcentaje **de desviación** de los RSU -que puedan disponerse en rellenos sanitarios o en plantas de incineración- el principal indicador del PBC, se propone una medición de la cantidad de RSU que llegan hasta este punto con datos en los que se pueda ver cambio a lo largo del tiempo, esperando una disminución cada vez más cercana a las metas propuestas para cada localidad. De la misma manera, es importante conocer la cantidad de rellenos o plantas distribuidas en la localidad, así como su vida útil estimada.

Entonces, se espera que el porcentaje de desviación sea cada vez más alto indicando que nada o casi nada llega al relleno sanitario o a la incineración.

Un par de estrategias que incentivan la disminución de los RSU que llegan hasta este punto son los impuestos en planes como ‘pagar por lo que se tira’, y una respuesta que la comunidad ha tenido frente al conocimiento sobre las consecuencias de estas técnicas de disposición es la campaña ‘no en mi patio trasero’, en donde se les pide a los gobernantes que estos sitios de disposición no estén cerca de las viviendas. Ambas políticas, desincentivan la disposición final por parte del gobierno, pero también la comunidad como organismo consciente y responsable.

Tabla 6. Ejemplo de un posible conjunto de indicadores para la evaluación del PBC (Elaboración propia)

Etapa	Indicador	Unidad de medida
Consumo	Consumo final privado	UMN anual <i>per cápita</i>
Reducción en la Fuente	Generación de RSU	ton/día
	Inorgánico	ton/día
	Orgánico	ton/día
Tratamiento	Cobertura de recolección	%
	RSU pepenados	ton/día
	Plantas de selección	ton/día
	MPR recuperados	ton/día
	RSO compostados	ton/día
Tecnologías de Conversión	RSU tratados	ton/día
Disposición Final	Tasa de desviación	%
	RSU dispuestos	ton/día

Esta matriz de indicadores es un ejemplo de las etapas e indicadores que podrían seleccionarse para cualquier caso de estudio, como se podrá ver a continuación.

## 5.2. Implementación de la metodología de evaluación para cada caso de estudio

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología y el análisis de los resultados.

Para cada caso de estudio se va a presentar la matriz de indicadores, en general esta matriz se distribuye de la siguiente manera: en la primera fila se marca el caso de estudio correspondiente, seguido por la sección de Información general de la localidad (IGL) en donde se encuentra el área, la población, el PIB y el ingreso.

En la siguiente fila se encuentran los encabezados para la presentación de los datos, esta fila contiene Etapas: las etapas son constantes en todas las matrices, como se explicó previamente (ver página 34), Indicador: cada localidad cuenta con un conjunto de indicadores particulares enmarcados en las etapas y que van de acuerdo a la información disponible de cada localidad, Primer año y Último año: cuentan con un rango particular en cada caso -por ejemplo, San Francisco tienen un análisis que abarca un periodo entre el 2010 y el 2015, pero el periodo de Buenos Aires va de 2005 a 2015-, Unidad de medida, Promedio de tasa de cambio anual, Tendencia: se referencia en la matriz con el número de una ilustración que se presentará en la hoja inmediatamente siguiente, Código y Progreso.

Al finalizar, se mencionarán los obstáculos en la recolección de la información que se encontraron para cada localidad -si fuera el caso-, pues se considera parte de los resultados, ya que se trata de una propuesta metodológica y en los hallazgos no solamente se incluyen los datos de la localidad, sino también se considera un resultado importante el proceso que resultó tras la implementación de la matriz.

### **5.2.1. San Francisco, Estados Unidos, América del Norte**

La IGL muestra que su *Población* y *Consumo final privado* tienen tendencia positiva y progresos negativos, lo que se refleja en la Reducción en la Fuente que es la siguiente etapa y que incluye la *Generación* en donde se reportaba para 2010: 491.571 ton/día y para 2015: 927.230 ton/día, no se tiene información clara de los centros de acopio o de los porcentajes de la *Composición de los residuos*, solamente los *Inorgánicos* muestran una tasa de aumento del 2%. En esta misma etapa se reporta que la ciudad cuenta con el 100% de cobertura en la recolección. En Tratamiento se pueden observar altos porcentajes de *Reciclaje* y *Composta*, lo que se refleja en una alta *Tasa de*



desviación aumentando con una tasa promedio anual del 1,1% alcanzando el 80%. Finalmente, en la Disposición final se ve una disminución con una tasa promedio de -3,8%.

Tabla 7. Matriz de indicadores - San Francisco

MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO								
CASO DE ESTUDIO				San Francisco - Estados Unidos				
Información general de la localidad				Área		121,4 km <sup>2</sup>		
				Población		864.816 habitantes		
				PIB/GNI		72.390 US\$ pc		
				Ingreso		Alto		
Etapa	Indicador	Primer año (2010)	Último año (2015)	Unidad de medida	Promedio de tasa de cambio anual (%)	Tendencia	Código	Progreso
Consumo	Consumo final privado	1,27E+13	1,31E+13	UMN	0,8	Figura 21		↓
Reducción en la Fuente	Generación	491.571	927.230	Ton/día	13,5	-		↓
	Composición de los RSU	-	-	-	-	-	-	-
	Orgánico	35	-	%	-	-		-
	Inorgánico	31	36	%	2,0	-		↓
	Papel	24	-	%	-	-		-
	Metal	4	-	%	-	-		-
	Vidrio	3	-	%	-	-		-
	Cobertura de recolección	-	100	%	-	-		-
Tratamiento	Reciclado	143.574	134.225	Ton/día	- 6,7	-		↓

	Compostas	168.365	158.454	Ton/día	-	5,9	-		↓
Tecnologías de Conversión	Tecnologías implementadas	-	-	-	-	-	-		-
Disposición Final	Tasa de desviación	72,0	80	%	1,1	-	-		↑
	RSU dispuestos	455.332	389.559	Ton/día	-	3,8	Figura 22		↑

**Observaciones:** Para fines ilustrativos, la disposición se observará desde el año 1995. El consumo final privado tiene un periodo de 2010-2013. Reciclado y compostas tienen un periodo de 2015-2016. Los elementos de la composición solamente cuentan con un valor inicial, solamente orgánicos tiene un periodo de 2010-2011 e inorgánico de 2005 - 2011. La cobertura de recolección tiene un periodo de 2002-2015.

λ Figuras de las tendencias

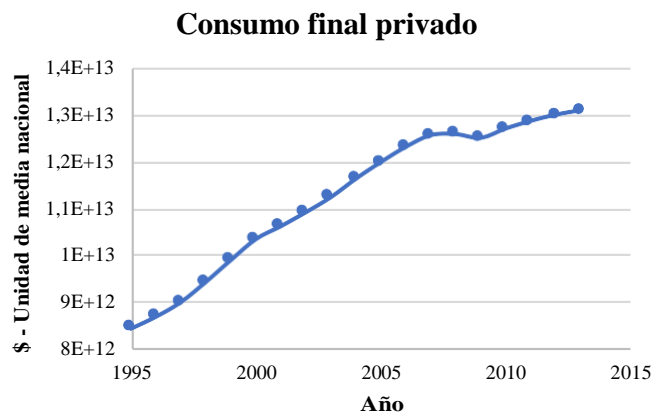


Figura 21. Caso de estudio: San Francisco - Consumo final privado (\$ - UMN de 1995 a 2015).

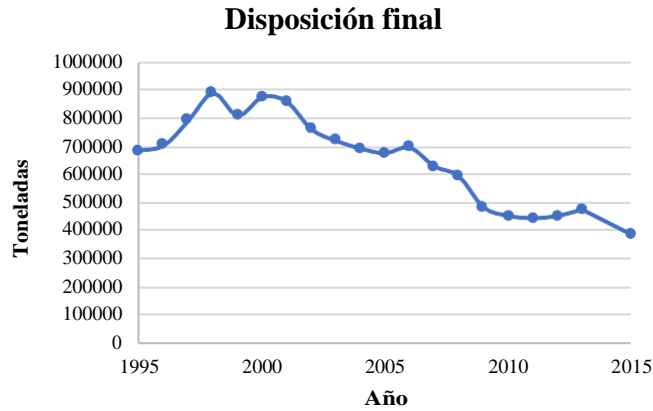


Figura 22. Caso de estudio: San Francisco – Disposición (toneladas de 1995 a 2015).

λ Inconvenientes de la implementación.

Recolectar la información para este caso de estudio fue muy complicado ya que los reportes del MRSU no están a disposición, pero se cuenta con un documento muy completo para el 2015 en donde se reporta la generación, cantidad y clasificación de los MPR como vidrio, papel, metal, PET y orgánico, valores de composta y reciclaje efectivo. En cuanto a la disposición se tiene información desde 1995 hasta 2013, y el dato para 2015; entonces, no se puede lograr un análisis en el tiempo, pero si se puede ver como las estrategias implementadas han llevado a alcanzar el mayor porcentaje de desviación. Estas limitantes de información se conocían desde la selección del caso de estudio, pero se decidió analizarlo como ejemplo en estrategias y resultados tangibles de la adecuada implementación del PBC. En cuanto a las etapas, San Francisco ha enfocado su esfuerzo e información en la desviación de los RSU, se tiene información de las practicas que se han implementado para cada una de las etapas de la cadena de MRSU, así como la normativa que ha llevado al éxito en la gestión de reducción en la fuente, tratamiento, y disposición final, por ejemplo; mientras que para tecnologías de conversión no se tienen datos o reportes. Es inapropiado tomar decisiones con los datos que se tienen y el análisis de los datos no cuenta con

una base o contexto para entender el comportamiento, sin embargo, el principal indicador, que en este caso es la desviación, cuenta con los datos necesarios para determinar que la ciudad ha alcanzado sus metas propuestas y que las estrategias son idóneas para lograr la meta 2020.

### **5.2.2. Buenos Aires, Argentina, América del Sur**

Tras la aplicación de la metodología se puede observar las etapas sobre las que se enfocarían los esfuerzos de gestión. Entonces, en general la ciudad ha implementado prácticas que favorecen la *Tasa de desviación* actual. Sin embargo, el color rojo se asignó en los dos primeros indicadores que corresponden a *Consumo* y a *Generación* en RF, en lo que se puede fácilmente observar una tendencia positiva, un aumento que directamente está afectando el resto de la cadena. El mismo color para TC, pues se conoce que existe la implementación de estas prácticas, pero no se ha realizado un registro, limitando el conocimiento sobre los efectos que han causado estas categorías, pues después de minimizar la generación, se requiere busca alternativas para que los MPR y RSO, que se colectan y registran muy bien en este caso; puedan ser reincorporados en la cadena o aprovechados en compostas. El color rojo también se aplicó en T, dónde se registra únicamente la composta del 25% de los RSO, y un 10% para los MPR; valores muy bajos teniendo en cuenta la importancia de esta etapa. La ciudad cuenta con una *Cobertura de recolección* del 90%.

En cuanto a la *Composición*, los *Orgánicos* se comportan típicamente a una ciudad en vía de desarrollo, lo que resulta favorable a la hora de su manejo pues se puede direccionar y aprovechar este tipo de residuos en compostas o biodigestores, con costos más bajos que los que representa el manejo de MPR; así mismo, de estos últimos, se registran cada vez menos cantidad para cada

material a excepción del plástico que parece aumentar su porcentaje. Los valores se registran cuando la basura llega las estaciones de transferencia, entonces, este comportamiento puede estar relacionado con una mayor tendencia hacia el uso del material en particular, o a un aprovechamiento informal, teniendo en cuenta que en este punto de la cadena únicamente se trasfiere el 0,15% y no se conoce una tendencia pues el valor solo se ha registrado en el último reporte.

La *Tasa de desviación* se registra con un 76%, este valor pareciera estar sobreestimado, sin embargo, es reflejo de que los esfuerzos a lo largo de la cadena medianamente favorables, y esto se refleja en la DF en donde se presenta una disminución de los RSU a partir del 2010; se le ha otorgado un color amarillo pues continúa llegando una gran cantidad de residuos y la disminución parece estar estabilizando la tendencia, lo cual no resulta favorable. Este comportamiento es reflejo de lo mencionado para las etapas T y TC.

Tabla 8. Matriz de indicadores – Buenos Aires

<b>MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO</b>		
<b>CASO DE ESTUDIO</b>	Buenos Aires - Argentina	
Información general de la localidad	<b>Área</b>	203 km <sup>2</sup>
	<b>Población</b>	15.180.000 habitantes
	<b>PIB/GNI</b>	23.606 US\$ pc
	<b>Ingreso</b>	Medio – alto

Etapa	Indicador	Primer año (2005)	Último año (2015)	Unidad de medida	Promedio de tasa de cambio anual (%)	Tendencia	Código	Progreso
Consumo	Consumo final privado	3,98E+11	1,21E+12	UMN	11,99	Figura 22		↓
Reducción en la Fuente	Generación	4.439.544	4.639.934	Ton/año	0,93	Figura 24		↓
	Composición	-	-	-	-	-	-	-
	Orgánico*	40	43,8	%	3,75	-		↑
	Papel*	24,4	18,4	%	-5,92	-		↑
	Plástico*	17	19,7	%	6,47	-		↓
	Metal*	2,8	1,6	%	-13,38	-		↑
	Vidrio*	4,2	3,5	%	-10,37	-		↑
	Cobertura de recolección	61	90	%	4,37	Figura 25		↑
Tratamiento	Reciclaje y Composta	25 y 10	-	%	-	-		-
Tecnologías de Conversión	Tecnologías de Conversión	-	-	-	-	-		-
Disposición Final	Tasa de desviación	66,7	76,1	%	1,46	-		↑
	RSU dispuestos	1.477.147	1.153.380	Ton/año	-2,68	Figura 25		↑
<b>Observaciones:</b> El año final para los elementos señalados con ^*^ es 2010								

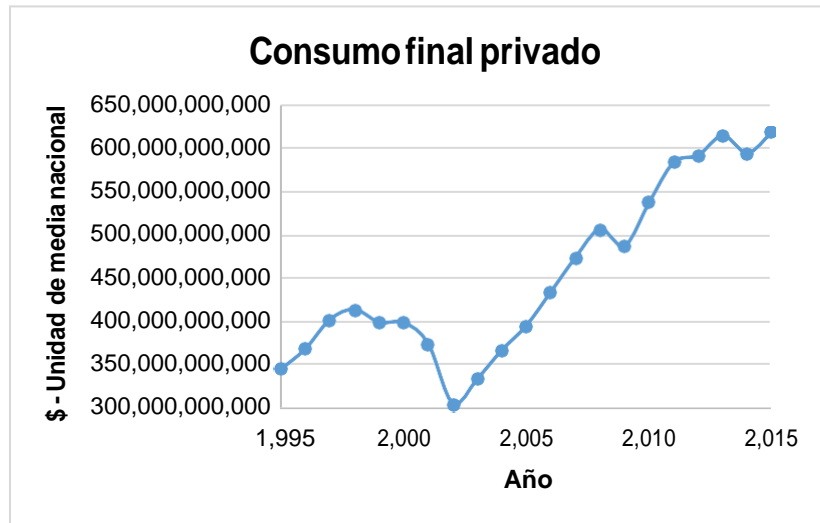


Figura 23. Caso de estudio: Buenos Aires - Consumo final privado (\$ - UMN de 1995 a 2015).

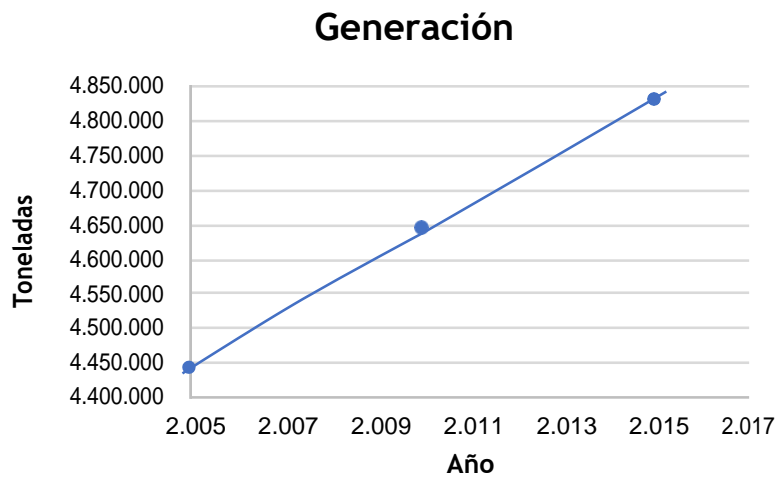


Figura 24. Caso de estudio: Buenos Aires – Generación de RSU (Toneladas de 2005 a 2015).

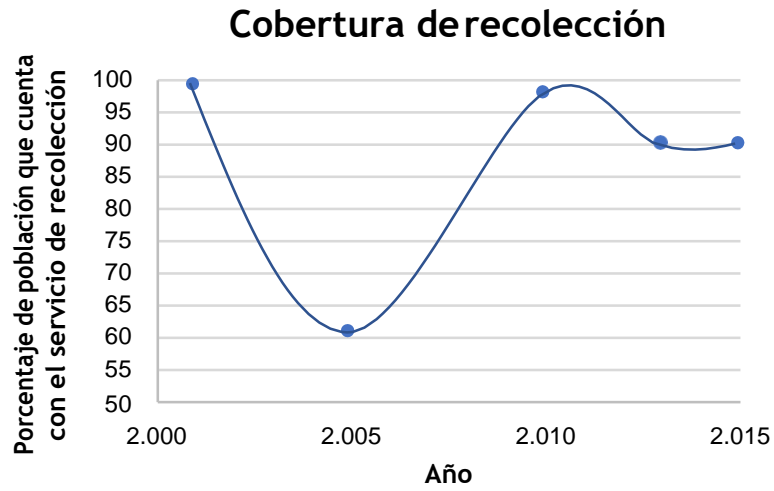


Figura 25. Caso de estudio: Buenos Aires - Cobertura de recolección (% de 2000 a 2015).

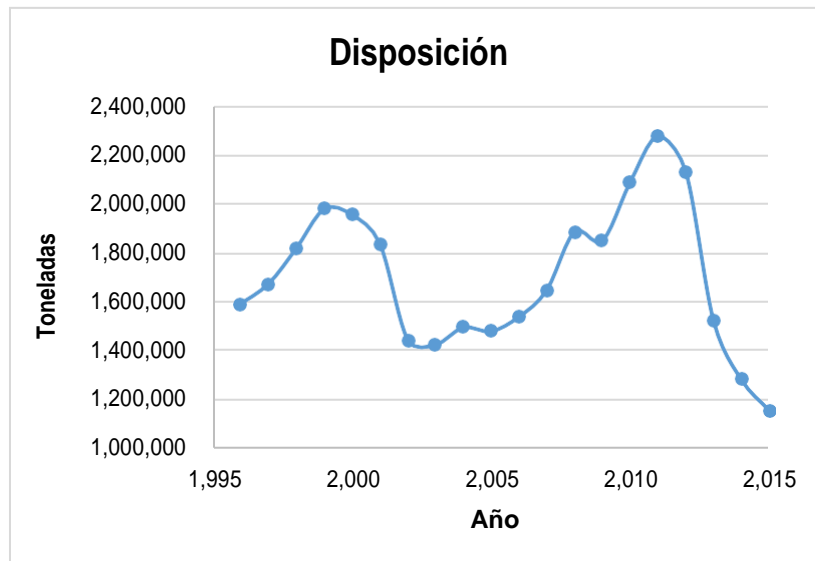


Figura 26. Caso de estudio: Buenos Aires - Disposición final (toneladas de 1995 a 2015).



### 5.2.3. Suecia, Europa

En la siguiente tabla se presenta para C y *Generación* tendencias positivas a las que se les ha asignado el color rojo, como se ha venido discutiendo, estos dos son los principales factores que afectan toda la cadena de residuos y los determinantes de que el PBC sea un éxito.

El color amarillo se le asignó a RF en *Composición* en donde se estabiliza la tendencia de los *Comida y orgánicos*, se data una tasa promedio de aumento anual del 20,9% que corresponde al cambio entre el año inicial y el año final, pero en los últimos años no se mayor cambio, por lo que el progreso se reporta neutro. Así mismo, se presenta un aumento de los voluminosos, y en DF para incineración, pues a pesar de que es una técnica que permite eliminar los RSU, contradice los objetivos del PBC desaprovechando los materiales al destinarlos directamente a un este tratamiento sin procurar su desviación; sin embargo, la meta para este caso de estudio es que no lleguen los RSU al *Relleno sanitario* tomando la incineración como una tecnología de conversión.

Para *Cobertura de recolección, Reciclaje y Composta* de RF se asignó el color verde pues sus valores cuentan con una tendencia y progresos positivos y propician el éxito del PBC.

Finalmente, en TC se cuenta con *Digestión anaerobia* que, aunque su registro inició recientemente, presenta un comportamiento positivo y favorable para disminuir la cantidad de RSU que llegan a la DF.

Tabla 9. Matriz de indicadores - Suecia

MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO		
CASO DE ESTUDIO	Suecia – Europa	
Información general de la localidad	Área	450 .295 km2
	Población	9851.000 habitantes

				PIB/GNI		47 .228 US\$ pc		
				Ingreso		Alto		
Etapa	Indicador	Primer año (2000)	Último año (2015)	Unidad de medida	Promedio de tasa de cambio anual (%)	Tendencia	Código	Progreso
Consumo	Consumo final privado	2,E+12	3,E+12	UMN	1,9	Figura 27		↓
Reducción en la Fuente	Generación	3.796.000	4.703.790	Ton/día	1,5	Figura 28		↓
	Composición		-	-	-	-		-
	Comida y orgánicos*	93.800	2.221.280	Ton/día	20,9	Figura 29		→
	RSU voluminosos*	1.638.000	1.773.930	Ton/día	2,0	Figura 30		→
	Cobertura de recolección *	48	100	%	44,3	-		↑
Tratamiento	Reciclaje	1.090.000	1.652.710	Ton/día	3,0	Figura 31		↑
	Composta	360.000	728.570	Ton/día	5,1	Figura 32		↑
Tecnologías de Conversión	Digestión anaerobia *	3.747.980	3.904.146	Ton/día	-	-		↑
Disposición Final	Tasa de desviación	39	99	%	6,9	Figura 34		↑
	Incinerado	1.457.000	2.284.210	Ton/día	3,2			↓
	Dispuestos en relleno sanitario	865.000	38.300	Ton/día	- 19,9	Figura 33		↑

**Observaciones:** Los años iniciales para los siguientes indicadores serán así: RSU voluminosos en 2011, Cobertura de recolección en

λ Figuras de las tendencias

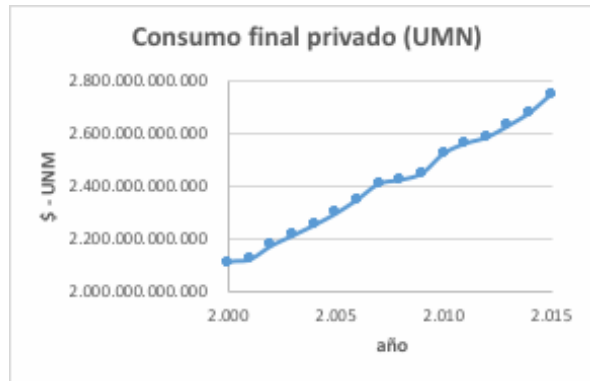


Figura 27. Caso de estudio: Suecia – Consumo final privado (\$ - UMN de 2000 a 2015).

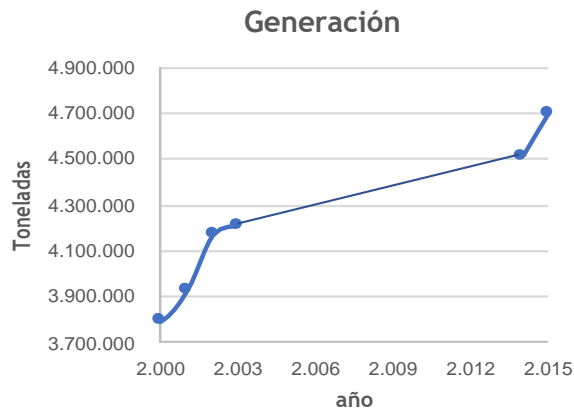


Figura 28. Caso de estudio: Suecia – Generación (Toneladas de 2000 a 2015).



Figura 29. Caso de estudio: Suecia – Residuos de comida y orgánicos (Toneladas de 2000 a 2015).



Figura 30. Caso de estudio: Suecia – Residuos voluminosos (Toneladas de 2000 a 2015).

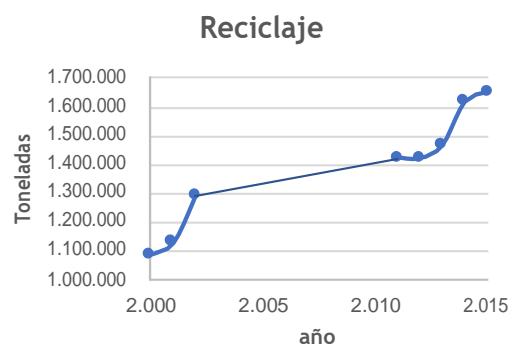


Figura 31. Caso de estudio: Suecia – Reciclaje de residuos (Toneladas de 2000 a 2015).

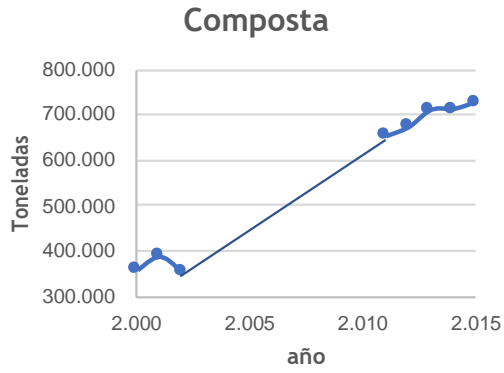


Figura 32. Caso de estudio: Suecia – Residuos compostados (Toneladas de 2000 a 2015).



Figura 33. Caso de estudio: Suecia – Residuos dispuestos en relleno sanitario (Toneladas de 2000 a 2015).



Figura 34. Caso de estudio: Suecia – Tasa de desviación de RSU (% de 2000 a 2015).

#### 5.2.4. Ghana, África

En este caso, al aplicar la metodología se asignó color rojo a el *Consumo final privado* en C ya que, siguiendo el patrón, su tendencia es positiva, sin embargo, no afecta la *Generación* que se ha mantenido en el rango y muestra tendencias de disminución de los RSU beneficiando el resto de la cadena. El mismo color para T pues solamente cuenta con el 2% de aprovechamiento en *Reciclaje* y 1,4% en *Composta*, y en TC pues que no se registran las *Tecnologías de conversión*, como última estrategia para evitar la disposición directa de RSU.

Color amarillo para la *Composición con papel, plástico, metal y vidrio* porque se registra un aumento en su generación y, como se mencionó anteriormente, el reciclaje representa un porcentaje mínimo, permitiendo el desperdicio de estos recursos. Finalmente, para la *Tasa de desviación* que alcanza un 55% y presenta tendencia positiva.

Color verde para la *Generación* -como se mencionó anteriormente- cuya tasa promedio disminuye hasta en un 10,6% anual, *Orgánicos*, *Cobertura de recolección* que se registra en 96%, y para la *RSU dispuestos* que aun cuando no se cuentan con suficientes datos para respaldar esta afirmación, se puede apreciar una disminución significativa.

Tabla 10. Matriz de indicadores - Ghana

MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO								
CASO DE ESTUDIO				Ghana – África				
Información general de la localidad				Área		238.533 km <sup>2</sup>		
				Población		27.582.821 habitantes		
				PIB/GNI		4.300 US\$ pc		
				Ingreso		Bajo		
Etapa	Indicador	Primer año (2010)	Último año (2015)	Unidad de	Promedio de tasa de	Tendencia	Código	Progreso

				medida	cambio anual (%)			
Consumo	Consumo final privado	2,18E+10	2,75E+10	UMN	5,1	Figura 35		↓
Reducción en la Fuente	Generación *	8.127.000	4.639.150	Ton/año	- 10,6	Figura 36		↑
	Composición	-	-	-	-	-		-
	Orgánico	60	65,8	%	1,9	Figura 37		↑
	Papel	8	5,3	%	- 7,9	-		↑
	Plástico	8	10,4	%	5,4	-		↑
	Metal	3	3,1	%	0,7	-		→
	Vidrio	2	8	%	7,0	-		↓
Tratamiento	Cobertura de recolección	52	50	%	- 0,8	-		↓
	Reciclaje	5	2	%	- 16,7	-		↓
Final	Compostas	1,5	-	%	-	-		-
	Tecnologías de Conversión	Tecnologías de Conversión	-	-	-	-		-
Disposición	Tasa de desviación	43	55	%	5,0	-		↑
	RSU dispuestos	4.632.390,0	2.087.618	Ton/año	- 14,7	-		↑
<b>Observaciones:</b> Para fines ilustrativos, la generación se observará desde el año 2000								

λ Figuras de las tendencias

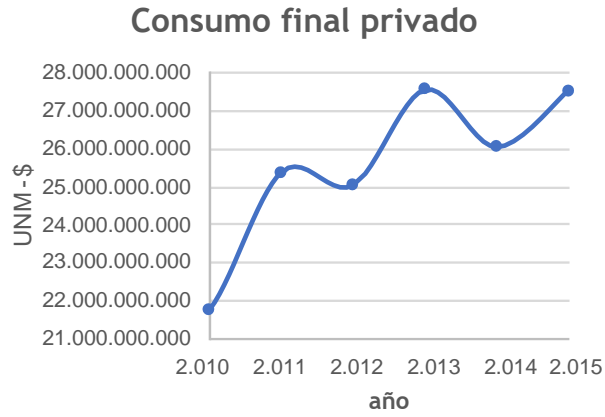


Figura 35. Caso de estudio: Ghana– Consumo final privado (\$ UMN de 2010 a 2015).

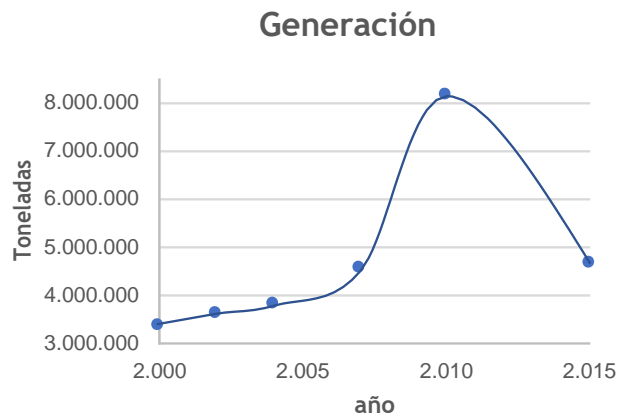


Figura 36. Caso de estudio: Ghana– Generación (Toneladas de 2000 a 2015).

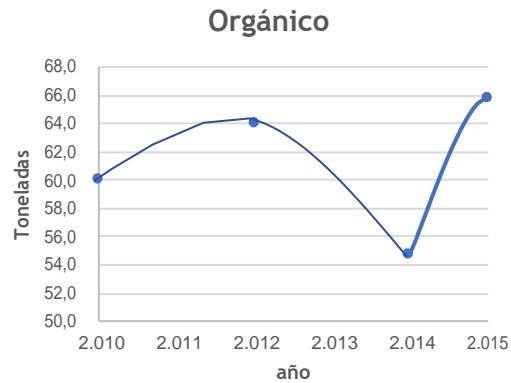


Figura 37. Caso de estudio: Ghana– Residuos orgánicos (Toneladas de 2010 a 2015).



### 5.2.5. India, Asia

En la tabla se puede observar que el MRSU es deficiente, no solamente cuentan con una generación cada vez más alta de RSU, sino que los esfuerzos para desviar toda esta basura no se ven con claridad. Se reportan, en cada una de las etapas de la cadena, los planes con los que quieren optimizar el MRSU, pero no existen datos concretos del avance que han logrado desde la adopción del plan. Kharvel (2012) dice que es posible alcanzar una *Tasa de desviación* del 93,5% de los RSU en, como mínimo, 20 años. En cuanto a la *Composición*, es favorable contar con que más de la mitad de lo RSU son orgánicos, pues su tratamiento es más sencillo y mejor aprovechado. Cuenta con una muy buena *Cobertura de recolección* (70%), no se puede ver un progreso, pero el registro indica que han conservado este valor desde 2011 y es necesaria que el resto de la población sea atendida, sobre todo porque el principal enfoque que tiene este país es la salud de las personas

Tabla 11. Matriz de indicadores – India

MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO								
CASO DE ESTUDIO				India - Asia				
Información general de la localidad				<b>Área</b>		3'287.595 km2		
				<b>Población</b>		290'432.796 habitantes		
				<b>PIB/GNI</b>		6.200 US\$ p/c		
				<b>Ingreso</b>		Medio bajo		
<b>Etapas</b>	<b>Indicador</b>	<b>Primer año (2011)</b>	<b>Último año (2015)</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Promedio de tasa de cambio anual (%)</b>	<b>Tendencia</b>	<b>Código</b>	<b>Progreso</b>

Consumo	Consumo final privado	9,15E+11	8,23E+13	UMN	5,2	Figura 38		↑
Reducción en la Fuente	Generación	3.554	217.975	Ton/año	3,3	Figura 39		
	Composición	-	-	-	-	-		-
	Orgánico	51	60	%	3,3	-		↑
	Inorgánico	17,5	17	%	- 0,6	-		→
	Cobertura de recolección	70	70	%	-	-		→
	Pepenadores	21,0	-	%	-	-		-
Tratamiento	Reciclado	21		%	-	-		-
	Compostas	6	-	%	-	-		-
Tecnologías de Conversión	Biogás	3	-	%	-	-		-
Disposición Final	Tasa de desviación	10	-	%	-	-		-
	RSU dispuestos	90	-	%	-	-		-
<b>Observación: Para fines ilustrativos, la generación se observará hasta el año 2020</b>								

λ Figuras de las tendencias

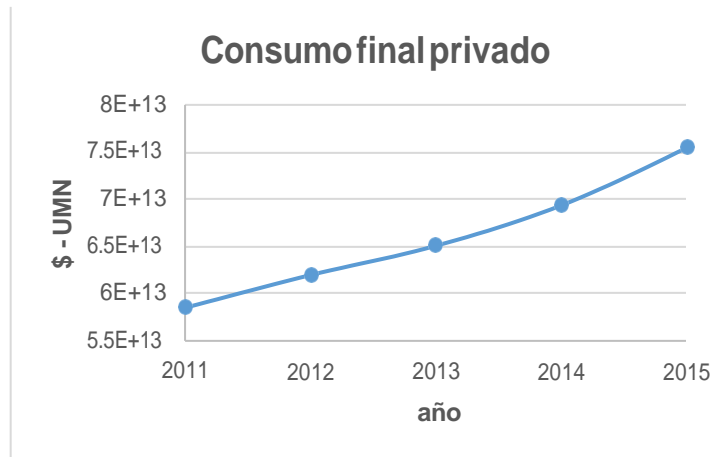


Figura 38. Caso de estudio: India– Consumo final privado (\$ - UMN 2011 a 2015).

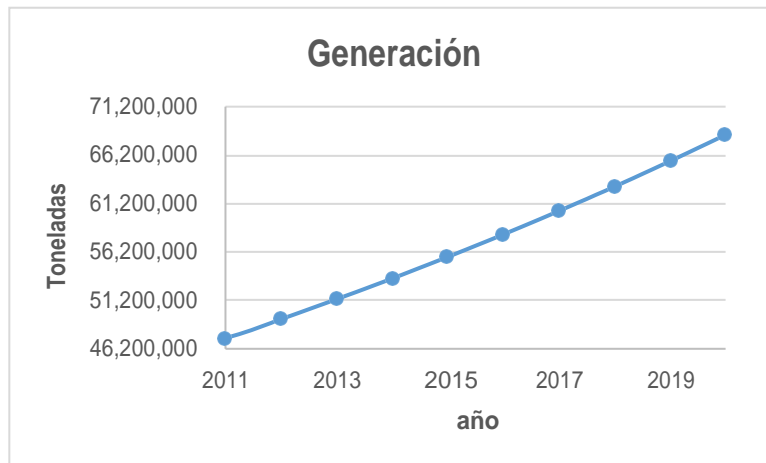


Figura 39. Caso de estudio: India– Generación de RSU (Toneladas de 2011 a 2020).

### λ Inconvenientes de la implementación.

La compilación de información para un país como India presenta dos principales limitantes, primero no hay registros suficientes, pues se trata de un tema que ha venido tomando fuerza desde hace relativamente poco tiempo; no se cuentan con datos cronológicos de la disposición aun cuando posiblemente los datos de la generación hagan realmente referencia a los RSU que llegaron hasta el relleno sanitario, pues los investigadores comentan que India no cuenta con la capacidad técnica o tecnológica para el adecuado MRSU, y segundo, las ciudades de India no

cuentan con un solo patrón económico y de consumo, entonces, en casos cuya área de estudio y diversidad social en el territorio es tan amplia, los datos se reportan en rangos de los cuales no se puede obtener un reporte verídico o muy útil para la toma de decisiones; por el contrario, India debe iniciar el MRSU para alcanzar el PBC tomando escalas geográficas más amplias, iniciando por sus barrios y ciudades para engranarlo en un todo.

#### **5.2.6. Adelaida, Australia Meridional, Australia**

Australia es un continente que se ha caracterizado por sus constantes innovaciones en temas ambientales desde factores técnicos hasta legislativos. Adelaida, entonces, es una ciudad cuya población se mantiene bien informada y consciente del impacto que una buena gestión tener sobre la mitigación de problemas ambientales, además del basto presupuesto que disponen a esta causa.

Tras la aplicación de la metodología se puede ver que se trata de un escenario similar la de Suecia o San Francisco, en donde la *Generación* es el principal limitante para alcanzar el PBC, pues, aunque su generación se mantiene constante a pesar del aumento en el *Consumo final privado* no ha tendido mayor influencia en este segundo indicador; sin embargo, ambos tienen color rojo pues, como se ha mencionado reiteradas veces, evitar la generación es el principal propósito del Programa.

La *Composición* tiene color verde, en *Orgánico* pues se ha logrado un importante porcentaje de captura, pero color rojo a los demás materiales pues tienen una tasa de aumento entre 5,3 y 16,5%, y se ha planteado a lo largo del documento que no es favorable un aumento en los residuos inorgánicos, pues refleja una mayor extracción de recursos naturales; esto muestra una

necesidad en adoptar medidas para el aprovechamiento de estos materiales. En cuanto a las Compostas y el *Reciclaje* que se presentan con tendencias positivas bajo el cual se puede inferir por su tendencia un aumento en la separación en la fuente por parte de los usuarios, una mejoría en la *Cobertura de recolección* (que hasta ahora alcanza un 96%), y mejores posibilidades de reutilizar estos materiales evitando su disposición directa.

Adelaida reporta más del 78,5% en la *Tasa de desviación*, y solamente mil toneladas anuales son llevadas al relleno sanitario. Es un ejemplo claro de que los esfuerzos a lo largo de la cadena cumplen con el objetivo de maximizar el aprovechamiento de los recursos.

Tabla 12. Matriz de indicadores – Adelaida

MATRIZ DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO								
CASO DE ESTUDIO				Adelaida - Australia				
Información general de la localidad				Área		841,5 km <sup>2</sup>		
				Población		1.089 habitantes		
				PIB/GNI		36.217 US\$ pc		
				Ingreso		Alto		
Etapa	Indicador	Primer año (2005)	Último año (2015)	Unidad de medida	Promedio de tasa de cambio anual (%)	Tendencia	Código	Progreso
Consumo	Consumo final privado	9,15325E+11	1,E+12	UMN	4,8	Figura 40		↓
Reducción en la Fuente	Generación	3.554	5.108	Ton/año	7,3	Figura 41		↓
	Composición	-	-	-	-	-	-	-
	Orgánico	1.269	1.971	Ton/año	11,7	Figura 42		↑

	Papel	16	35	Ton/año	16,5	Figura 43		↓
	Plástico	16	35	Ton/año	16,5	Figura 44		↓
	Metal	320	609	Ton/año	13,1	Figura 45		↓
	Vidrio	50	67	Ton/año	5,3	Figura 46		↓
	Cobertura de recolección	-	96	%		-		-
	Reciclaje	1.830	2.937	Ton/año	10,2	Figura 47		↑
Tratamiento	Compostas	565,9	1.068,0	Ton/año	12,8	Figura 48		↑
Tecnologías de Conversión	Tecnologías implementadas	-	-	-		-		-
Disposición Final	Tasa de desviación	67,4	78,5	%	2,6	Figura 49		↓
	Dispuestos en relleno sanitario	1.158	1.103	Ton/año	- 0,8	Figura 50		↓

λ Figuras de las tendencias

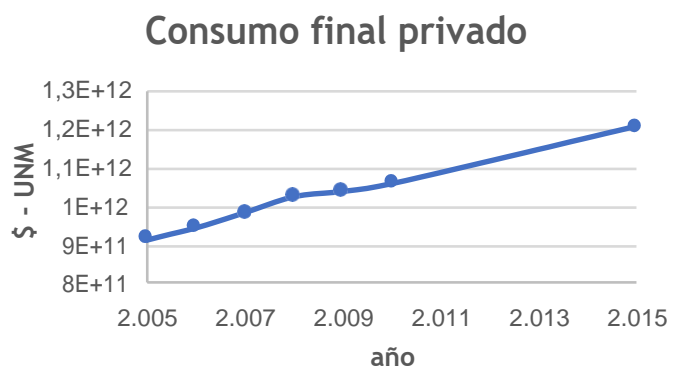


Figura 40. Caso de estudio: Adelaida - Consumo final privado (\$- UMN de 2005 a 2015)

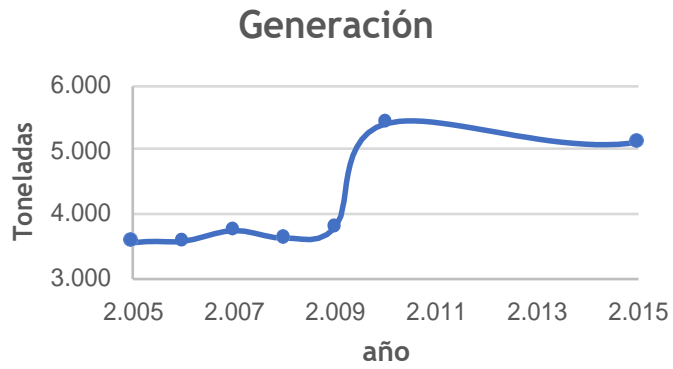


Figura 41. Caso de estudio: Adelaida - Generación de RSU (Toneladas de 2005 a 2015 )

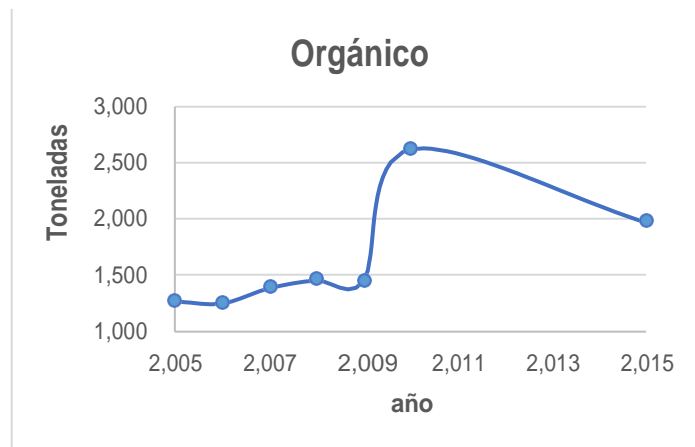


Figura 42. Caso de estudio: Adelaida - Residuos orgánicos (Toneladas de 2005 a 2015)

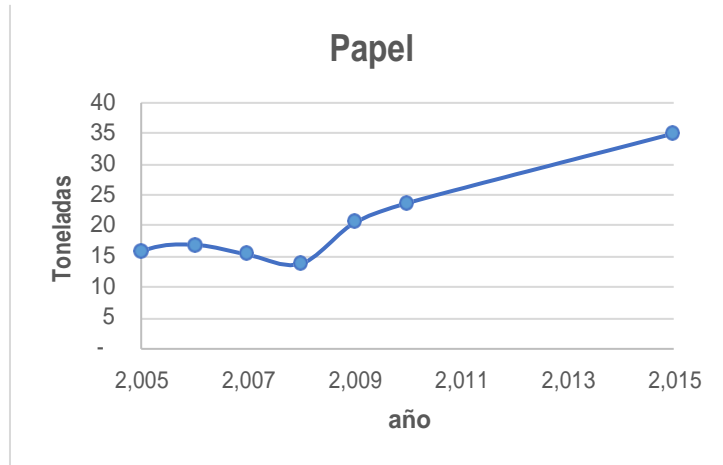


Figura 43. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de papel (Toneladas de 2005 a 2015)

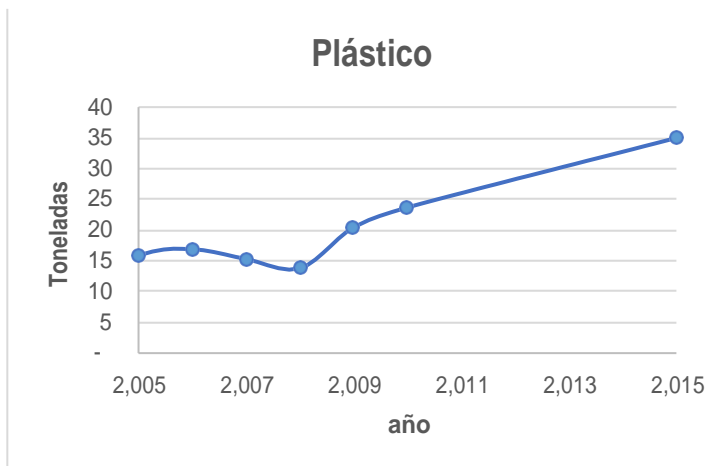


Figura 44. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de plástico (Toneladas de 2005 a 2015)



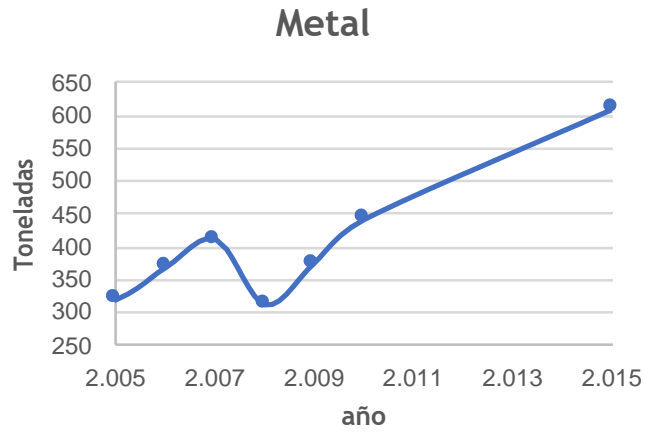


Figura 45. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de metal (Toneladas de 2005 a 2015)



Figura 46. Caso de estudio: Adelaida - Residuos de vidrio (Toneladas de 2005 a 2015 )

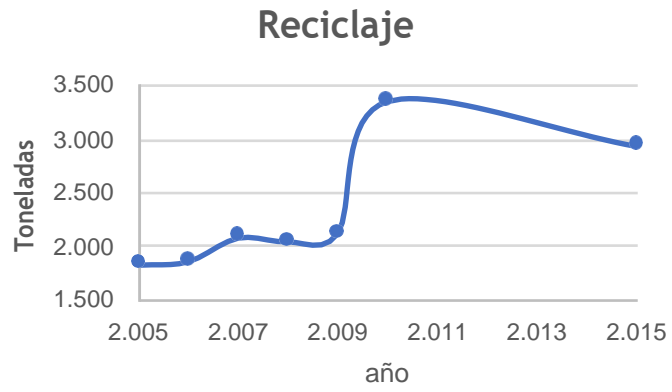


Figura 47. Caso de estudio: Adelaida - Residuos reciclados (Toneladas de 2005 a 2015)

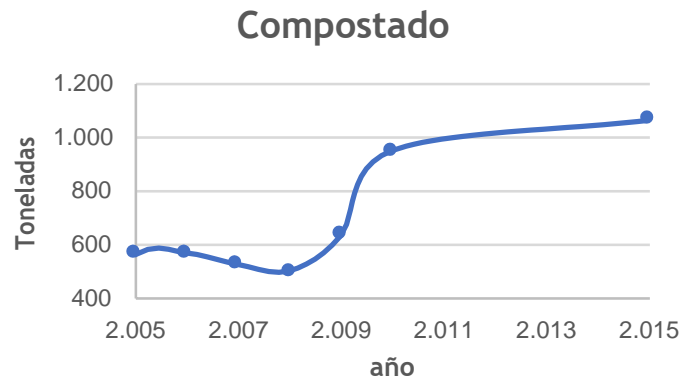


Figura 48. Caso de estudio: Adelaida - Residuos compostados (Toneladas de 2005 a 2015)



Figura 49. Caso de estudio: Adelaida - Tasa de desviación de RSU (% de 2005 a 2015)

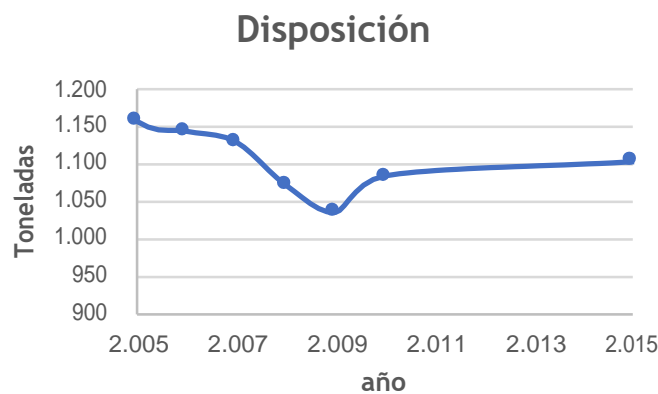


Figura 50. Caso de estudio: Adelaida - Disposición final en rellenos sanitarios (Toneladas de 2005 a 2015)

## 6. Análisis y Discusión

A continuación, se presenta el análisis de los resultados y se desarrolla una discusión para los casos de estudio y para los indicadores. En el caso de los primeros, se observan y comparan las estrategias implementadas que han llevado a cada caso de estudio a la realidad que resultó con la matriz de indicadores, con unas estrategias propuestas que buscan mitigar las falencias identificadas para lograr alcanzar las metas del PBC que cada caso de estudio tiene. Y en cuanto

a los indicadores, se revisan los principales patrones y aprendizajes con la elaboración e implementación de la matriz.

### **6.1. Casos de estudio**

El objetivo de la implementación de esta metodología era comprobar que se puede aplicar en diferentes casos de estudio sin importar su escala geográfica o su nivel económico. Sin embargo, se presentaron retos mayores con respecto a la disponibilidad de la información, el rigor con que el responsable de cada país compilaba la información y la utilidad, de acuerdo con el cambio de paradigma.

A continuación, se presentarán las estrategias implementadas por cada caso de estudio para alcanzar las metas del PBC, y las estrategias que se proponen tras la revisión de literatura específica. Si bien, cada caso de estudio tiene un contexto diferente, existen algunas medias y patrones de comportamiento para alcanzar las metas del PBC, así como los mismos retos con respecto al MRSU.

#### **6.1.1. San Francisco, Estados Unidos, América del Norte**

Desde 1990 hasta 2010, un 77 % de desviación de residuos 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).

#### *6.1.1.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

Los principales programas que ha adoptado San Francisco para alcanzar sus metas del PBC están enfocados por sector. Entonces, para los residentes se presenta (a) guía de reciclaje y composta con la separación en la fuente de plásticos, metales, vidrio y papel, comida, podas, productos de papel sucio (servilletas, desechables, cartones de jugo o leche), respectivamente, aquellos productos que no pueden reciclarse o compostarse por lo que deben disponerse temporalmente en un relleno sanitario como los que presentan película de Mylar (paquetes de papas o dulces), contenedores antisépticos multi-materiales como Tetra-pak, y vidrio especial como vajillas de cristal, utensilios para hornear el vidrio de los automóviles, además, cuenta con sitios de disposición especial para los residuos peligrosos como las baterías bombillos, medicinas y pinturas, entre otros, (b) donaciones intercambios de ropa, accesorios o muebles, coches, televisores, monitores, (c) el programa ‘*Love Food*’ (ama la comida) que promueve el consumo de alimentos locales y de temporada comprando directamente a los agricultores, además busca que las personas se fijen realmente en las fechas de expiración y que racionalicen el consumo de acuerdo a lo que realmente necesitan, para evitar los desperdicios por dejar perder un producto, (d) el programa ‘*Bring your bag*’ (trae tu propia bolsa) que requiere a todos los establecimiento cobrar 10 centavos por las bolsas proporcionadas para desincentivar la corta vida útil que se le da a las bolsas; entre otros programas, así mismo, en la página del ministerios de ambiente ([sfenvironment.org](http://sfenvironment.org)) se presenta ayuda los usuarios con herramientas e ideas para disminuir la generación de los RSU. En cuanto a los empresarios como restaurantes, hoteles u oficinas,

también se promueve la separación en la fuente para el reciclaje y el compostaje, programas para la prevención de residuos como evitar los empaques o las bolsas, ofreciendo a los usuarios y trabajadores alternativas. Finalmente, Construcción y demolición bajo la ordenanza que requiere reutilizar y reciclar al máximo los materiales y escombros (*Ibidem*).

#### 6.1.1.2. Estrategias propuestas para alcanzar PBC

En la Tabla 7 se observa que los principales limitantes que tiene el MRSU en la ciudad son el consumo y la generación, por lo tanto, campañas educativas y de concientización permitirían mitigar los efectos que estas acciones están causando; de la última variable no se tienen más que dos datos, se puede observar una tendencia positiva, pero no se tiene un contexto de la dinámica que ha tenido la generación. No hay registro de las tecnologías de conversión que se implementan, pero, al parecer, no son requeridas pues logran efectivamente la desviación de los RSU. Los esfuerzos que realiza el gobierno y *Recology* son acertados y efectivos al haber alcanzado una tasa de desviación que no se encuentra en ninguna otra parte del mundo, sin embargo, para alcanzar el 100% en 2020, disminuir la cantidad de RSU desde su fuente es la opción más efectiva. Para este caso no necesitan más normas o alternativas en productos y materiales, sino que depende de las culturas de consumo y conciencia que tengan las personas con respecto al impacto de los RSU en el ambiente y economía, y que se logre una mayor valorización económica e intrínseca de los recursos naturales.

San Francisco ha implementado estrategias conocidas y comunes en gestión ambiental de RSU, pero el éxito de su programa se relaciona directamente con un contexto económico, histórico y cultural particular de esta ciudad. Primero, el contexto económico se fortalece con la ubicación geográfica y con el programa de composta que maneja *Recology*, pues los granjeros y dueños de viñedos en Napa compran estos abonos. Por otra parte, los MPR que se recuperan son vendidos

en mercados locales, logrando reincorporar estos materiales a la cadena de mercado y generar 2.7 veces más empleos para la comunidad. Finalmente, en cuanto al factor económico, San Francisco ha logrado mantener un costo mensual de US\$27, que varían según la cantidad de RSU que se dispongan, pero que resulta favorable para los usuarios al compararlo con Portland, por ejemplo, que es una ciudad que ha implementado el mismo sistema pero que sus costos varían entre US\$24 y 43. Segundo, *Recology* cuenta con un contexto histórico que inicia en 1932, aunque se encuentran registros de una pequeña organización que se formalizó en 1920, regulados por el Estado con estándares máximos de cantidades a disponer por los residentes, pues el servicio ya se le proveía a toda la ciudad por la colaboración de empresas que en aquel entonces se encargaban de la recolección; a lo largo de los años, esto se ha reflejado en una relación estrecha entre los residentes y los recolectores. Una serie de acciones, planes y proyectos se han llevado a cabo por *Recology* para fomentar en la población un adecuado uso del sistema de recolección y disposición, eso se ha acompañado del importante rol que las leyes estatales han jugado en este proceso; algunos ejemplos: (i) en 1989 California requirió de sus municipios que desviarán al menos el 50% para 2002 de los RSU que se mandaban al relleno sanitario o de lo contrario se aplicaría una multa de US\$10.000 diarios, y la respuesta del Estado se vio en una desviación del 10% en 1999 a 58% para 2008, mientras que la ciudad logró pasar de 25 a 77% en el mismo periodo, y esto se debía a que el enfoque estatal estaba en la disposición final, mientras que para la ciudad se consideraron estrategias en todas las etapas de la cadena, y (ii) las compostas caseras fueron obligatorias hasta 2009, en 1997 inició el piloto y en 2000 se implementó esta estrategia de manera voluntaria, y el único requisito es solicitar a la empresa la bote de basura ; para establecimientos comerciales como restaurantes y cafeterías ya se contaba con la regulación desde 1996. Tercero, el contexto cultural que se ha venido formando como respuesta a los dos factores anteriormente descritos, pues al proveer una infraestructura adecuada, las personas

podrán responder con favorablemente al cumplimiento de las normas y proyectos. California es un líder en temas ambientales para Estado Unidos, frecuentemente superando las regulaciones en temas de emisiones y calidad de aire, por ejemplo, y San Francisco ha adoptado una verdadera conciencia con respecto a la importancia de mitigar los impactos que su estilo de vida provocan, logrando que las regulaciones se vuelvan parte de la cotidianidad y los mismos ciudadanos se apropien de innovar en estos temas; contar con la aceptación de la población es una de las barreras más fuertes que tienen los gestores ambientales y en San Francisco se ha superado con éxito (Pollans, Greening Infrastructural Services: The Case of Waste Management in San Francisco, 2012).

## **6.1.2. Buenos Aires, Argentina, América del Sur**

### *6.1.2.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

Buenos Aires es una ciudad ejemplar en América Latina, ha logrado implementar el PBC de tal manera que sus metas de desviación se acercan a los ideales propuestos. Cuenta con normativas, pautas, principios y obligaciones para la gestión de los RSU que buscan proteger el medio ambiente, los seres vivos y los bienes, teniendo como principal objetivo la reducción de los RSU que se disponen en el relleno sanitario, esto de manera paulatina con una serie de metas y plazos concretos, tras la orientación de medidas en reducción de la generación, separación, reciclado. El programa ‘Generación 3Rs’ ha sido la principal herramienta antes del PBC para el MRSU en la ciudad; busca minimizar la generación de residuos, separar en la fuente, valorizar los MPR y generar composta, con la capacitación de funcionarios gubernamentales, sensibilización de la comunidad con educación, e integración de la industria como agente receptor de los materiales.



Este programa se complementaba con ‘Tu Manzana Recicla’ para integrar la gestión en las diferentes escalas geográficas de la ciudad (CEAMSE, 2015).

#### *6.1.2.2. Estrategias propuestas para alcanzar PBC*

Buenos Aires no ha logrado cumplir los plazos propuestos en las normativas, y a pesar de que cuenta con los estándares internacionales de disposición final, continúa la disposición informal de casi el 30% de RSU en botaderos a cielo abierto. Esto se debe a que la ciudad ha implementado la Ley 1854 Basura Cero (2006) pero no cuenta con un plan integral para abordar los retos que la ley ha generado, dado que se desatan una serie de ajustes en todos los niveles, desde el fortalecimiento institucional gubernamental y el personal suficiente para recuperar los MPR de manera eficiente y en condiciones favorables, hasta la infraestructura para su gestión, el espacio que se requiere (entrando en conflictos del tipo NIMBY) y la disposición de las personas para adoptar las medidas. Se requiere entonces, desarrollar un plan a una mayor escala como por ejemplo provincias o barrios facilitando su gestión, se requiere otorgar una valorización a los MPR, comunicar los objetivos del programa para procurar la aceptación de la comunidad, supervisión en cada una de las etapas operativas. En síntesis, Buenos Aires necesita contar con la ciudadanía, para lograr un cambio cultural a través de la educación en temas de separación en la fuente y aprovechamiento de materiales y, sobre todo, en sus hábitos de consumo, y para valorizar el rol que juega el recuperador / pepenador, de modo que se entienda fundamental su participación en el sistema público sanitario.

### **6.1.3. Suecia, Europa**

#### *6.1.3.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

La prioridad en la legislación de Europa y Suecia es prevenir la generación de RSU como primer paso en la cadena de manejo, así mismo, lograr que cada vez más municipios implementen la

recolección de residuos separados en la fuente permitiendo el aprovechamiento para tratamiento biológico de los RSU; lo que ha aumentado un 10% cada año desde 2014; la digestión anaerobia en general tienen a un aumento, mientras que las compostas un descenso en cuanto a la preferencia de implementación como alternativa para desviar los RSU de los rellenos sanitarios. Así mismo, se busca involucrar a los actores, contando con industrias, tomadores de decisiones, autoridades, institutos educativos y los medios de comunicación para lograr en caminar la gestión de los RSU de la mano con Avfall Sverige, encargados del MRSU en el país.

La idea principal es otorgarle responsabilidades claras a cada una de las entidades que intervienen en este proceso; por ejemplo, (i) los municipios deben encargarse de la recolección y transporte de los residuos domiciliarios y de comerciantes, cada municipio debe contar con su propio plan de manejo incluyendo estrategias concretas para minimizar la cantidad de residuos y sus riesgos, (ii) los productores deben tener en cuenta desde el papel que utilizan, los empaques, los residuos electrónicos, carros, baterías y hasta productos farmacéuticos, en cuanto a recolectar y disponer los productos que hayan culminado su vida útil; de la misma forma, se busca incentivar a los productores para que sus diseños y productos sean más económicos, utilicen menos recursos, sean duraderos o más fáciles de reutilizar, y que no contengan sustancias dañinas para los consumidores y el ambiente, (iv) los domicilios son responsables de la adecuada separación en la fuente, y por disponer adecuadamente estos residuos, y (v) los comerciantes cuya responsabilidad es disponer los residuos como los domiciliarios y encargarse de lo que no le corresponde a los productores.

#### *6.1.3.1.1. Estrategias propuestas para alcanzar PBC*

Los principales temas por tratar en Suecia son la generación de RSU y la incineración. El PBC busca el mayor aprovechamiento posible de los recursos naturales evitando la disposición sin

aplicar alguna medida o tratamiento. Este país cuenta con diferentes estrategias como reutilización de MPR, compostas y digestión anaerobia, pero su técnica principal de disposición es la incineración, tanto así que logran un 99,2% de desviación al relleno sanitario. Esta incineración cuenta con todo tipo de regulaciones para las emisiones y se aprovecha completamente para la generación eficiente de energía; pero no se está evitando malgastar los recursos naturales, como se ha venido discutiendo. Con respecto a la generación, se puede ver una tendencia positiva muy marcada directamente relacionada con el consumo, y a pesar de las campañas educativas y de conciencia, estos hábitos de consumo no parecen cambiar, se explica, entonces, la respuesta de los tomadores de decisiones frente a la gran cantidad de RSU, pero da paso a reflexionar sobre la escasez de recursos naturales que estamos viviendo y la importancia de lograr una adecuada administración de estos. Suecia es un icono mundial en temas ambientales, no solo por la Cumbre de la Tierra en 1972, sino por las medidas que se han tomado con respecto a temas energéticos, de emisiones, y de residuos tóxicos, líquidos y sólidos; razón por la cual se buscó implementar esta metodología a la gestión de residuos sólidos de Estocolmo, su capital, pero se presentó como limitante la disponibilidad de información específica.

#### **6.1.4. Ghana, África**

##### *6.1.4.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

Con las 13000 toneladas diarias que Ghana producía en 2012 (Anarfi, 2012), se adoptó el Principio ‘el que contamina paga’ PPP (por sus siglas en inglés: *Polluter pay principle*) busca generar conciencia y responsabilidad en los generadores de residuos de tal manera que se limiten los desperdicios y que se cuente con mayores ingresos económicos para llevar a cabo el MRSU. Por otra parte, se han forjado acuerdos para la implementación de tecnología china con la adecuación de tres plantas de reciclaje en Accra, Kumasi y Takoradi. Se trató de poner un relleno

sanitario controlado, pero se presentó epidemia de cólera en la ciudad, por lo que las autoridades debieron encontrar una alternativa; mientras tanto se han invertidos esfuerzos para ir construyendo gradualmente una cultura de protección ambiental e higiene personal en la población del país. Finalmente, se plateó en El Primer Fórum Nacional de Salubridad Ambiental la necesidad de limitar el consumo de plástico con impuestos como el de las bolsas plásticas

#### *6.1.4.2. Estrategias propuestas para alcanzar PBC*

Los principales retos que enfrenta Ghana de acuerdo con Anafi (2012) y Addaney & Anarfiwaah (2015), son la negligencia gubernamental y el comportamiento de los ciudadanos, la falta de conocimiento en técnicas de gestión, así como la falta de espacios, indumentaria y personal suficiente para la cantidad de RSU que se requieren manejar. Un factor determinante en la situación actual de RSU es el crecimiento poblacional y la rápida urbanización, San Francisco y Suecia cuentan con la capacidad económica y técnica para organizar a la población, pero Ghana, como un país en vía de desarrollo, enfrenta condiciones económicas completamente opuestas en donde los intereses económicos están muy por encima de la conciencia ambiental. A esto se le suma la carencia en regulaciones, normativa, sanciones y planeación a largo plazo. Se siguen presentando escapes en el sistema como es el caso de los tiraderos a cielo abierto, fuera de las casas, o en los cuerpos de agua. En cuanto al transporte, y retomando el tema de la falta de equipo técnico, no se cuenta con los contenedores adecuados, con la planeación de recolección pertinente, a pesar del anteriormente reportado 96%, y con los camiones necesarios para contribuir con el servicio y con la separación en la fuente como estrategia clave en el PBC.

Ofori-Boateng *et al.* (2013) y Sacarlat *et al.* (2015), proponer mitigar los problemas energéticos a los que el continente se está enfrentando con la implementación de técnicas que permitan aprovechar los RSU. Aquí entra la discusión que inició en el caso de Suecia y del desperdicio de

recursos que representa la incineración, pero en el caso de Ghana cuyo manejo es tan deficiente, aprovechar los RSU en energía es mucho más favorable que enterrarlos.

## **6.15. India, Asia**

### *6.1.5.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

Buscando proveer asistencia técnica y financiera a los actores locales que manejan los RSU a través de un enfoque científico y en pro de la salubridad poblacional, el gobierno ha tratado de implementar algunas estrategias para mitigar el problema. Entonces, en mayo del 2000 se publicó el manual para el MRSU que pretende guiar a los usuarios de correctas prácticas en cuanto a planeación, diseño, ejecución, operación y mantenimiento de los planes y de la infraestructura; así como procesamiento, tratamiento, técnicas de recuperación (compostas) y disposición de los RSU. En 2001 se aprobó el esquema de financiación por un periodo de cinco años desde el 1° de abril de 2005 para asegurar la apropiada recolección, transporte, compostaje y disposición en rellenos sanitarios en 423 ciudades del país. En 2003 se inició con la estrategia ‘Manejo integrado de una planta de nutrientes usando compostas de la ciudad’ que desarrolla fertilizantes para implementarlos en agricultura y reforestación. En 2008 se solicitó a cada Estado la propuesta esquemática del principio 3Rs para implementación en 2010. Finalmente, se ha promovido un sistema de manejo descentralizado en el que se pretende realizar espacios de composta y reciclaje en cada barrio o por pequeñas agrupaciones de personas, evitando el transporte a un solo sitio de disposición, se crean empleos, y el hábito de separar en la fuente para facilitar el aprovechamiento, minimizando emisiones en transporte y en los rellenos (COHEEO, 2013).

#### *6.1.5.2. Estrategias propuestas para alcanzar PBC*

En el caso de India se puede dar una mirada a cada uno de los problemas que ocurren en la cadena de RSU. Para la generación y separación en la fuente, no se cuenta con una cultura de manejo o una conciencia de los impactos que estos generan. Varias ONG intentan hacer la supervisión de este proceso, sin embargo, no ha tenido mayores resultados. En cuanto a la recolección y transporte, se veían anteriormente que alcanzan un 70% con ayuda de empresas privadas, en la mayoría de las ciudades la población más pobre y con alta densidad son los que no alcanzan a contar con el servicio, pues no cuentan con la capacidad económica para subsidiarlo, lo que provoca que las personas tengan que disponer los RSU cerca de sus casas de manera ilegal haciendo que la recolección sea aún más complicada. No se ha promulgado la recolección puerta a puerta o los pepenadores, y se conoce, por otros casos de estudio que esta es una de las estrategias más eficientes en esta etapa de la cadena. Entonces, para estas dos primeras categorías se tiene una propuesta relativamente sencilla: educar a la población y ofrecerle el material y el servicio adecuado. En cuanto a las estaciones de transferencia y transporte se tienen que el 80% del presupuesto de MRSU se ha destinado a esta etapa, y para cada lugar se han destinado medios de transporte que logren suplir la necesidad, contratando desde camiones, vehículos ligeros, tráiler, triciclos, tractores, entre otros. Finalmente, India se ha enfocado en la disposición de sus RSU, dándole cada vez más peso a las compostas (aerobia y vermi-composta), y a residuos-en-energía (incineración, pirolisis, palatización y recuperación de gas en los rellenos sanitarios), como medida para evitar la llegada de los RSU al relleno sanitario -, sin embargo, en todo el país se registra que en promedio el 90% de los residuos siguen enterrándose y, además, que los tiraderos a cielo abierto siguen siendo muy comunes. Esta última parte puede contar con la implementación de impuestos para contar con los recursos suficientes para cubrir a toda la población (Sharholly, Ahmad, Mahmood, & Trivedi, 2007).

Finalmente, en cuanto a la gobernanza, India presenta cuatro aspectos que deben ser prioritarios para alcanzar el PBC, (i) se debe procurar la participación de los pepenadores y las ONGs que cuentan con planes de recolección segregada puerta a puerta, asegurando condiciones óptimas de trabajo para los involucrados, (ii) promover el reciclaje a pequeña escala para evitar la acumulación de MPR, los cuales tendrán que ser llevados a plantas de incineración,( (iii) mejorar las tecnologías de reciclaje logrando un aprovechamiento máximo de los materiales como la transformación de plásticos en diesel ligero, (iv) transformar residuos-en-energía a través de plantas de incineración no cuenta con los suficientes estudios nacionales para avalar sus beneficios y mitigar sus emisiones, por lo tanto, es mejor prohibirla (Mani & Singh, 2016).

#### **6.1.6. Adelaida, Australia Meridional, Australia**

##### *6.1.6.1. Estrategias implementadas para alcanzar PBC*

Se implementó la estrategia a cinco años del PBC (2011-2015) con inversiones en infraestructura para el manejo de RSU procurando la separación en la fuente, desviación de los residuos y generación de empleos en el Sur de Australia. Las metas para el Programa iniciaron con el 35% de reducción en la disposición que se hacía en el relleno sanitario desde 2002 para lograr el 100% en 2020 con el ideal de 60% para 2012 y 70% para 2015; así como reducción del 5% en la generación *per cápita* para el mismo año. Adicionalmente, se plantearon estrategias concretas para los residuos de construcción y demolición evitando el 85% de su disposición para 2012 y para 2015 el 90%.

En cuanto a la normativa, se han aumentado los impuestos de disposición restringiendo aún más los desperdicios, adicionalmente, se implementó la responsabilidad extendida para los productores, tratando de que las industrias acepten la responsabilidad cuando sus productos alcanzan el final de su vida útil. Finalmente, a pesar de que ya se habían puesto en marcha

estrategias para minimizar la llegada de RSU, el concepto Basura Cero es relativamente nuevo y lo adaptaron con el principio de evitar el agotamiento de recursos naturales.

La principal conclusión a la que han llegado en su camino con el PBC es que no existe una sola forma de proceder o una sola solución. Adelaida, como muchos otros lugares, se ha impuesto a si mismo metas responsables con el ambiente permitiéndole avanzar con autonomía en sus decisiones y proceder. En cuanto a *educación y conciencia*, se considera la pieza fundamental para solucionar los problemas ambientales (no solamente en temas de RSU), esto se logra con políticas que implementen regulaciones a largo plazo como la inclusión de estos temas en el pensum educativo de los colegios; este factor va de la mano con los hábitos que tienen los ciudadanos con respecto al consumo y al impacto que sus acciones provocan. Para el *manejo de residuos*, la principal medida fue dejar de pensar soluciones a final de proceso e implementar estrategias que permitan atacar las causas, teniendo en cuenta que los residuos son solo una fase de los recursos naturales y estos pueden reincorporarse a la cadena de mercado en lugar de desecharlos indiscriminadamente; para esto, se debe pensar desde las fases de diseño, consumo y recuperación de recursos.

#### *6.1.6.2. Estrategias propuestas para alcanzar PBC*

Se presenta una situación similar que en San Francisco pues son ciudades que cuentan con planeación, infraestructura y recursos suficientes para lograr un efectivo MRSU, lo que se puede ver tras sus metas de PBC alcanzadas. No hay muchas sugerencias que en estos casos puedan ser aplicables, por el contrario, se presentan como casos modelo en el PBC cuyo factor en común ha sido la planeación a largo plazo y el manejo adaptativo.

Sin embargo, hay dos factores importantes a resaltar en todo este proceso, el primero es el transporte y el segundo las tecnologías que permiten la conversión ‘residuos a energía’.



Entonces, uno de los mayores retos que ha tenido Adelaida se presenta en los costos de transporte, pues consideran que una efectiva recolección, la infraestructura adecuada favorece en gran medida a la desviación de RSU. Han provisto a la ciudad de botes de basura de reciclaje para promover la separación en la fuente como estrategia clave en el MRSU y han recurrido a los impuestos ‘pagar por lo que se tira’ como fuente de financiación. Por otra parte, a pesar de que no se cuenta con los reportes, Adelaida está incursionando en tratamientos térmicos como la incineración o la gasificación que se utilizan para la generación de energía y calor; pero los expertos locales son conscientes del agotamiento de recursos no renovables que estas medidas representan, por lo que han buscado restringir su implementación.

Finalmente, las prioridades que ha tenido Adelaida y en las que continúa trabajando son cambio de comportamiento, participación comunitaria, optimización del reciclaje y la recolección, responsabilidad del productor-consumidor, diseños ‘de la cuna a la cuna’, y creación de un mercado para los MPR y los compostables. Zero Waste SA es un órgano gubernamental reconocido a nivel internacional como líder en el MRSU, pues a pesar de los diferentes motores de cambio como el crecimiento poblacional, el aumento del consumo y la diversidad de materiales se ha logrado alcanzar las metas PBC. Se necesitan largos periodos de tiempo para ver los resultados de las estrategias planteadas y recolectar la información clave y suficiente para tomar decisiones verídicas y efectivas.

## CDMX NECESITA EL PBC

Se plantea la necesidad de la adopción del PBC para el caso específico de la CDMX, por lo que se buscó información oficial del MRSU que tiene la ciudad, se implementó la matriz de indicadores y se lograron reconocer los puntos o etapas críticas en donde se debe enfocar el esfuerzo de mitigación.

### OBJETIVOS

Determinar el estado del manejo de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México para la implementación del Programa Basura Cero como estrategia de gestión.

- λ Analizar manejo de los residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México
- λ Aplicar la metodología de evaluación y manejo adaptativo
- λ Proponer estrategias generales para la adopción del Programa Basura Cero

### INTRODUCCIÓN

Ciudad de México es una entidad federativa y capital de México, con un área de 1.495 km<sup>2</sup> y a una altitud media de 2240 msnm, se encuentra en el Valle de México, cuenta con 16 delegaciones (CDMX, 2017) y para el 2016, tenía una población de 8'918.653 habitantes; sin embargo, se considera parte de la Zona Metropolitana del Valle de México y su población alcanza 21'892.724 de habitantes (INEGI, 2015). Su PIB *per cápita* es de USD \$26.229 y presenta un ingreso mediano alto (BM, 2016).

La gestión de RSU en la ciudad está a cargo de distintos órganos en el gobierno, de acuerdo a sus competencias, así como la Secretaría del Medio Ambiente y sus Direcciones Generales involucradas con el tema; se encarga de generar los instrumentos regulatorios y normativos para el MRSU como las LAUDF y las MIA, así como de generar los planes de manejo, campañas de educación, y atención a denuncias o sanciones relacionadas. Las 16 Delegaciones presentan situaciones muy diferentes y su gestión debe adaptarse a cada una, por lo tanto, estas entidades también juegan un papel muy importante al contribuir con la información de cantidad y composición, fuentes de generación y sitios de recolección, cantidad de vehículos, rutas y cobertura, así como barrido manual y mecánico. La Secretaría de Obras y Servicios es quien se encarga de la infraestructura y productividad de las estaciones de transferencia, plantas de selección, plantas de composta y disposición final (SEDEMA, 2015).

La ciudad genera diariamente 12.843 ton de RSU, siendo Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Cuauhtémoc las Delegaciones con mayor generación representando el 41% en conjunto, así mismo las que presentan la menor generación fueron Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Milpa Alta, con un aporte de solo el 4,3% . Cada habitante genera entre 0,85 y 2,42 kg al día, con Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza con los mayores valores. Las fuentes de generación son domicilios generando un 47,7% , comercio con el 15,4% , servicios con 13,6% , mercados con 10,6% , la central de abastos con el 4,6% y otros con el 13,6% . La Ciudad cuenta con 1.863 colonias y su eficiencia promedio de recolección es del 38% ; el reciclaje informal o pepenadores recolectan un poco más de 1.621 ton/día. En cuanto a su infraestructura, se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Box 4 que la Ciudad cuenta con 12 estaciones de transferencia, 2 plantas de selección, 8 plantas de composta y 5 sitios de disposición, uno de los cuales se encuentra en el Estado de Morelos; cabe rescatar que las dos plantas de selección solamente aprovechan 457 ton diarias de RSU y 182 ton de MPR son aprovechadas en un día. La ciudad no cuenta con un reporte de la composición de los RSU generados, sin embargo, se ha estimado que el 75% corresponde a inorgánicos, el 17,4% a orgánicos y el restante a otros elementos. Finalmente, se tiene que al día llegan al relleno sanitario 8.677 ton de RSU con una tasa de desviación calculada del 32,4% (*Ibidem*).

### RESULTADOS

De acuerdo con el Inventario de Residuos Sólidos para la Ciudad de México que la SEDEMA ha venido publicando, se logró la compilación y estimación de los datos que permitieron la implementación de la metodología y posterior análisis de la información como se muestra en la Tabla Box 4.

Tras la aplicación de la metodología se puede observar con claridad cuáles son las categorías o los aspectos en los que se debe trabajar o sobre los que se enfocarían los esfuerzos de gestión. Entonces, se puede observar que es bastante desfavorable el estado actual del MRSU, no solamente presenta valores altos, sino que la tendencia también es negativa. El color rojo se asignó en los dos primeros indicadores que corresponden a *Consumo* y a *Generación de RSU*, en lo que se puede fácilmente observar

una tendencia positiva, un aumento que directamente está afectando el resto de la cadena; ya que, el PBC busca atacar las causas del problema y en este caso, justamente, es la generación de los RSU.

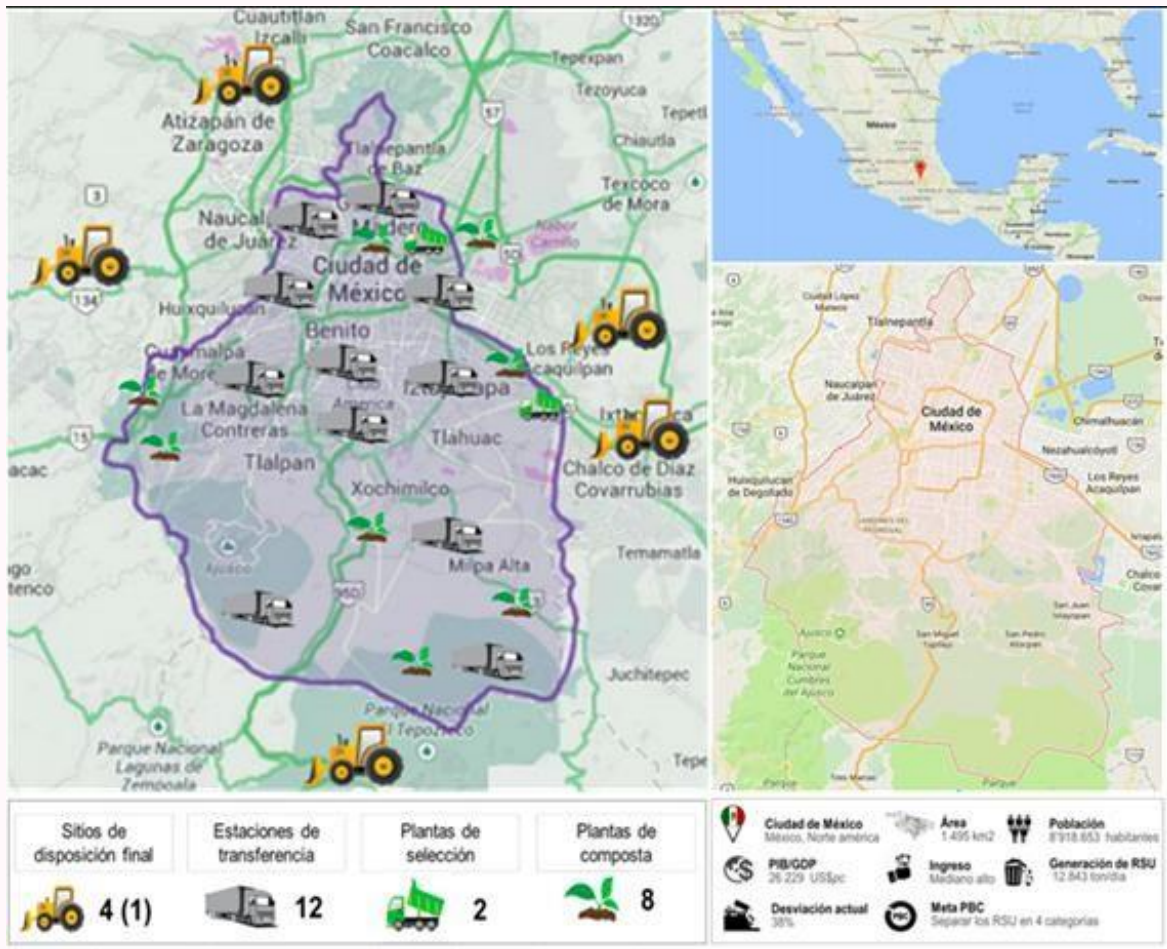


Figura Box 4. Mapa de la Ciudad de México con información general (BM, 2016) (CDMX, 2017) (INEGI, 2015) y datos del MRSU para el año 2015 (SEDEMA, 2015). Ilustraciones adaptadas de los informes de la SEDEMA (2012 y 2013).

El mismo color para cobertura de recolección en *Tratamiento*, teniendo un porcentaje cada vez más bajo, y el caso de los RSO, porque no es un valor favorable y adicionalmente, se ha registrado una disminución en el tiempo, no solo de las ton/día que se logran compostar sino también de la cantidad de sitios para composta disponibles, para las *Tecnologías de conversión* que ni siquiera se consideran en los Inventarios anuales de la SEDEMA, en los dos indicadores de *Disposición final*, pues presenta una muy baja tasa de desviación comparada y una muy alta cantidad de RSU que se disponen. El color amarillo se asigna en *Reducción en la fuente* para los Orgánicos, y en *Tratamiento* para los RSU pepenados, para la cantidad de RSU que llegan a las Plantas de selección, y para los MPR que se logran recuperar. En todos estos casos, se presentan valores que podrían ser mucho más óptimos, pero se ha visto un cambio en el tiempo un poco más favorable. El progreso en todos los casos es negativo, pues el comportamiento en el tiempo de cada una de las variables refleja una falta de gestión óptima, los valores no tienden a alcanzar mejoras, sino que por el contrario se puede apreciar un retroceso.

Tabla Box 3. Implementación de la matriz de indicadores para la Ciudad de México (Elaboración propia)

CONJUNTO DE INDICADORES - PROGRAMA BASURA CERO						
CASO DE ESTUDIO			Ciudad de México - México			
ID	Categoría	Nombre	Datos 2015	Unidad	Código	Progreso
I1	Información general	Área	1.495	km <sup>2</sup>	-	
I2	Información general	Población	8'918.653	hab.		↓
I3	Información general	PIB pc	257.121	UMN	-	
I4	Información general	Ingreso	Mediano Alto	-	-	
C1	Consumo	Consumo final privado	10.887.062.423.500	UMN		↓
RF1	Reducción en la Fuente	Generación de RSU	12.843	ton/día		↓
RF1.1	Reducción en la Fuente	Inorgánico	9.632	ton/día		↓
RF1.2	Reducción en la Fuente	Orgánico	2.273	ton/día		↓
T1	Tratamiento	Cobertura de recolección	38	%		↓
T2	Tratamiento	RSU pepenados	1.621	ton/día		↓
T3	Tratamiento	Plantas de selección	3.573	ton/día		↓
T4	Tratamiento	MPR recuperados	182	ton/día		↓
T5	Tratamiento	RSO compostados	1.348	ton/día		↓
TC1	Tecnologías de Conversión	RSU tratados	-	-		↓
DF1	Disposición Final	Tasa de desviación	32,4	%		↓
DF2	Disposición Final	RSU dispuestos	8.677	ton/día		↓

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Es aquí donde se puede ver con facilidad que las políticas para adaptar el MRSU necesitan enfocarse en la generación de los RSU, lo que muy seguramente se debe a una falta de conciencia a la hora de consumir, un valor muy bajo a los productos permitiendo un derroche, o una entrada globalizada al comportamiento que aleja el consumo local y orgánico para encontrar productos empacados de fácil preparación, por ejemplo. Se presentan casos en el que las Delegación tienen una muy alta generación como respuesta a la población que allí se encuentra y no por el consumo; mientras que hay lugares en los que las personas de una Delegación generan hasta 2 kg al día. Aun cuando no se tome tan en cuenta, el desperdicio de alimentos preparados es muy alto no solo en domiciliarios sino en comercio, y no existen planes para mitigar el impacto que cadenas comerciales puedan estar generando. Por otra parte, en el caso de las plantas de selección que recuperan únicamente el 5% de los MPR es una muestra de la poca eficiencia que estas tienen, primero porque solamente son dos plantas para toda la ciudad y segundo porque la cantidad de residuos es muy alta; entonces, de qué manera se puede optimizar este proceso, porque la meta de Basura Cero es trata de desviar la mayor cantidad de RSU y esta es una de las etapas críticas en donde los MPR pueden reincorporarse a la cadena de mercado y procurar que la extracción de recursos naturales disminuya (aunque este sea un proceso evocado por Economía circular y se hable de él de manera utópica o a largo plazo, es una medida urgente que puede iniciar con el aprovechamiento de estos materiales, con beneficios económicos para aquellos que realicen sus procesos industriales con materiales reutilizados) y, finalmente, permitir que los cada vez más escasos recursos naturales lleguen directamente al relleno sanitario, disminuyendo la tasa de desviación hasta un 32%, cuando hay países que continúan enfocado

todos sus esfuerzos en superar su 80% .

La meta de Basura Cero que la CDMX ha implementado está enfocada solamente en la separación de los residuos, y no en disminuir su generación y fortalecer las estrategias durante la cadena de manejo para evitar que llegue esta cantidad relativa de RSU aun relleno sanitario. Este tema se trata inicialmente con políticas y educación ambiental, con medidas económicas como impuestos o recompensas. Así pues, la limitación en el uso de materiales tipo UNICEL o pago por la cantidad de RSU dispuestos, cobrar por las bolsas, popotes y tapas viajeras, continuar con campañas como "sin moño y sin bolsa, por favor", desincentivar el uso de globos y de desechables plásticos pero con alternativas como los que son a base de papel o cartón, volver a implementar el uso de envases retornables para ir sacando el PET del mercado, por ejemplo. Estas medidas requieren mayor diseño, gestión, vigilancia e infraestructura, pero sus resultados se ven en el mediano plazo, con impacto positivo en la economía del país y de los habitantes, con mayor orden y limpieza en vía pública, y con menor derroche de los recursos naturales. La Zona Metropolitana del Valle de México es una de las urbes más grandes del mundo que cuenta con los recursos para implementar un desarrollo sostenible eficaz. La ciudad de México necesita el Programa Basura Cero, pero necesita adoptar el verdadero concepto holístico de gestión y plantearse metas concretas que guíen el adecuado MRSU.

*<< Este proyecto fue presentado y aprobado por el Consejo Nacional de Recursos Naturales Y Vida Silvestre A.C en el Congreso Internacional de Recursos Naturales 2017, llevado a cabo en la Ciudad de México del 6 al 8 de septiembre de ese año. <http://coirenat.mx/> >>*

## 6.2. Indicadores

El objetivo de la evaluación era poder determinar de una manera estándar los avances que un caso de estudio ha tenido para lograr las metas del PBC, siendo así, se propuso el marco integral del MRSU (Figura 20) para delimitar las categorías, e implementar los indicadores según corresponda; sin embargo, en la medida que se iban llevando a cabo los filtros para la selección de un conjunto de 10 a 15 indicadores base, se llegó a la idea de que era muy importante conservar la particularidad de cada caso aun cuando todos los casos tienen la misma meta común: lograr el cambio de paradigma con el PBC. Es así como se pensó que la matriz de indicadores propuesta sería una herramienta complementaria al análisis que deben llevar a cabo los tomadores de decisiones que buscan alcanzar el PBC; para lo cual se logró delimitar las categorías y un rango en el que se pudieran encontrar los indicadores adecuados para cada caso específicamente. Algunos de los indicadores son básicos o generalizados como el consumo, otros desaparecen pues el caso de estudio no lo ha determinado como prioridad en su proceso como con la generación, y otros se agrupan como es el caso de los inorgánicos que se reportaron en conjunto

(India en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) o con un valor para cada uno de los materiales de la composición (Buenos Aires en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); pero todos se mantienen en el rango de su categoría y permiten obtener la información suficiente para el análisis del progreso.

La metodología permite que cada categoría del MRSU sea evaluada logrando una visión integrada de la situación del sistema en cuestión. El modelo conceptual que se integró adoptando el cambio de paradigma, los aspectos y actores clave en el MRSU, y el complemento que lo físico y la gobernanza representan en la gestión, es el principal aporte de esta investigación, ya que adopta los principios del manejo adaptativo. En otras palabras, tener en cuenta a los RSU interactuantes en el ecosistema urbano permite entender para su manejo que estos son un organismo (i) complejo y (ii) dinámico, (iii) la sociedad y sus motores de cambio son impredecibles y lo afectan directamente; otorgándole más variables al modelo, (iv) no cuentan con la información suficiente para la toma de decisiones, pero su impacto negativo tienen tanto alcance que se debe buscar actuar con lo que se tienen, y, como ha sido en todos los casos utilizados para ejemplificar, (v) se debe buscar flexibilidad a la hora de tratarlo, tendiendo a las mejores constantes para alcanzar la sustentabilidad (se puede ver el contexto de esta discusión en la página 22).

La mayoría de los casos de estudio tomaron la salud pública, la protección ambiental y la gestión de recursos como elementos guía para optimizar el MRSU, por lo tanto, el desarrollo de los indicadores se realizó con base en la parte física del concepto simplificado del MRSU (Figura 3); es decir, los indicadores evalúan elementos como cantidad de RSU generados, su composición, o las técnicas que se tomaron para su tratamiento y disposición, por ejemplo, y no se incluyó en la matriz características de la gobernanza, como las políticas, planes o proyectos que impulsan cada uno de estos elementos físicos (no en mi patio trasero o pagara por lo que se tira). Para desarrollar



las categorías se propuso un análisis desde cada uno de los aspectos de la Figura 2 como ambiental, sociocultural, político, institucional, entre otros; pero estos aspectos no permitían una comparación en cuanto al avance, ya que algunas de las medidas tomadas para mejorar cada uno de los aspectos son transversales en tiempo y en la cadena de MRSU; es por esto, que se tomaron las etapas de la cadena y el cambio de paradigma (Figura 1) para determinar si los esfuerzos implementados a través de la gobernanza estaban afectando de manera positiva y eficaz en los elementos físicos, mismos que permiten un análisis tangible de la situación pasada, actual y probable de los RSU. Finalmente, se complementa la información de la matriz con la información y el contexto que se conoce de cada uno de los casos de estudio, y se ha podido corroborar su progreso que generalmente tiende a adaptarse buscando el desarrollo institucional, la viabilidad financiera, la aceptación social y la efectividad ambiental (*Figura 5*).

De acuerdo con Wilson *et. al* (2015), uno de los principales propósitos para el desarrollo de una matriz de indicadores es alertar a los tomadores de decisiones sobre el estado actual del MRSU de su localidad, se tomó cinco años de trabajo e investigación para lograr integrar todos los componentes relevantes sobre los RSU y su gestión y quería poder aplicarlos de manera general para todos los casos que los requiriera, llegando a la conclusión de que era imposible por la complejidad de las variables. Así mismo, asume que para cada caso es posible reemplazar los indicadores que se han propuesto para implementar aquellos específicos de la localidad que brindan información más completa. Finalmente, consideran que la matriz es una ‘herramienta viva’ que requiere retroalimentación, ajustes y adaptaciones en función en las políticas, prácticas y manejo de los residuos y los recursos mundiales.

Apoyados en las conclusiones de este trabajo, se corrobora la complejidad del objetivo de esta evaluación enfatizando en la búsqueda de simplificar a una matriz toda la dinámica del MRSU, sin embargo, se pueden encontrar (i) indicadores con información puntual y generalizada que son

motor de cambio y que al mismo tiempo determinan el progreso que la localidad ha tenido con sus metas PBC, estos son *Consumo*, *Generación de RSU* y *Tasa de desviación*. En cuanto a la *Composición de los RSU*, se pueden tener en cuenta para enfocar las acciones, así como ocurre en el caso del *Tratamiento* con reciclaje y compostas, pues en estas etapas se determina cuales técnicas se pueden aplicar a cada tipo de material, dando paso a investigación y alcances más sofisticados como las *Tecnologías de conversión* que no tuvieron mayor representación en este documento.

Por otra parte, indicadores como cantidad de estaciones de transferencia, número de rellenos sanitarios, cantidad de camiones o personal para la disposición que se implementan en varios casos, no generan una información útil para determinar el avance particular, pues es una información que depende mucho del contexto local. Si bien se pretende dar un diagnóstico general de la situación de una localidad, se procura que los indicadores seleccionados abarquen gran información tomando funciones de *proxi* al permitir llegar a conclusiones más allá del dato que proporcionan, como es el caso de la *Tasa de desviación* que no solo muestra una meta alcanzada, sino que también refleja la efectividad de las actividades que se han realizado a lo largo de la cadena.

Los indicadores que han sido seleccionados por los actores anteriormente son de gran utilidad y cumplen el propósito informativo, sin embargo, la metodología que se propone en este documento ha logrado abordar de manera integral cada aspecto del MRSU sin perder la particularidad de las localidades, que no solo cumplen en los objetivos de Wilson *et. al* (2015) como mayores exponentes en el tema, sino que logran proporcionar una guía de fácil entendimiento y aplicación

## 7. Conclusiones

λ Se logró el desarrollo de la metodología de evaluación estándar para el PBC, se realizó un análisis del PBC con sus casos de implementación, aprendizajes y obstáculos para identificar los indicadores clave de gestión de RSU que permitieran una mirada integradora del sistema, se propuso el modelo conceptual de manejo adaptativo en la evaluación que se compone de una matriz de datos y un análisis de contexto, se aplicó la metodología a los seis casos de estudio comprobando que su implementación no está limitada por escalas geográficas o los estados socioeconómicos particulares, y finalmente se propusieron estrategias generales de acuerdo a las metas y limitantes de cada caso.

λ La información es limitada y la toma de decisiones está en función de la información adecuada toma de decisiones, los actores no llevan un registro adecuado y constante de los principales aspectos del MRSU para cada caso de estudio; sin embargo, se pudo observar que la población, el consumo y la generación son los principales causantes de que la desviación de RSU se dificulte o no se alcancen las metas propuestas de acuerdo con el PBC; así como la falta de presupuesto para investigación y desarrollo de tecnologías de conversión. Aun cuando se propone el PBC, el enfoque sigue estando en las últimas etapas de la cadena.

λ El PBC requiere de la ciudadanía como un actor fundamental en su implementación, y la conciencia ambiental que se ha suscitado en la sociedad no es suficiente para entender la magnitud de esta problemática y para dar importancia a las medidas que los gobiernos proponen.

λ La implementación del MRSU requiere la participación de actores gubernamentales, procurando un cambio de conducta que se mantenga en el tiempo entendiendo la favorable contribución que tienen las acciones ejecutadas. No se trata de un proceso que se pueda llevar de un momento para

otro, se trata un proyecto a largo plazo que requiere un manejo adaptativo más allá del mandato de un funcionario público.

λ Por otra parte, en cuanto a los casos de estudio se concluye que:

λ Aquellos en vía de desarrollo como Ghana, carecen del presupuesto, infraestructura y estrategias necesarias para llevar a cabo un adecuado MRSU, sus limitantes se refuerzan con la falta de interés y conciencia de las personas, pues en lugar de donde el hambre, la falta de empleo, la escasez de recurso, la guerra o diferentes condiciones socioeconómicas ejercen presión sobre la población, pensar en el MRSU no es prioridad, al contrario, se considera que aquellos países que manejan sus residuos son los que les sobra presupuesto para ocuparse de lo más superfluo, ya que las consecuencias de los residuos no superan unas cuantas enfermedades y no es fácil ver la presión que este derroche está generando sobre los recursos naturales.

λ Por el contrario, los casos de estudio desarrollados presentan dos variables comunes que, a pesar de haber mitigado sus consecuencias a lo largo de la cadena y alcanzar sus metas de desviación, permitiría mejores resultados en cuanto al MRSU, el consumo y el crecimiento poblacional. Los países en vía de desarrollo cuentan con mayor población, pero el gasto que hacen de recursos inorgánicos es mucho más elevado, la capacidad de comprar un televisor nuevo en lugar de reparar el viejo es más alta, y por lo tanto el valor intrínseco que cada objeto o material tienen es mucho más difícil de apreciar pues su valor económico no es significativo.

No solo se trata de un excesivo e innecesario consumismo, sino de un derroche de recursos.

λ En cuanto a las escalas geográficas, no tienen un patrón sobre la obtención de la información. En algunos casos la información general es mucho más asequible como en Suecia, y en otros, como India, es más limitada. Así como el desarrollo del PBC, pues, aunque se privilegia iniciar a grandes escalas como barrios, colonias o municipios para integrarlo en ciudades, estados y

países; no es un parámetro obligatorio pues se pueden desarrollar las políticas y estrategias adecuadas para abarcar la solución desde lo macro.

## 8. Recomendaciones

## 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* .
- Adberrahmane, Y., Okkacha, Y., & Hassiba, B. (2014). Sustainable solid waste management in the city of Mecheria. . *Energy Procedia*, 953-959.
- Addaney, M., & Anarfiwaah, R. (2015). Critical Issues of Municipal Solid Waste Management in Ghana. *JENRM*, 2(1), 30-36.
- Adrianneseq, A., Bringezu, S., & Hammond, A. (1997). *Resource Flows: the Material Bases of Industrial Economies*. Tsukuba, Japan: Nationa Institute for Environmental Studies.
- Anarfi, W. (2012). *Solid Waste Management in Ghana*. Ghana: TRAMO.
- Arendse, L., & Godfrey, L. (2010). WASTE MANAGEMENT INDICATORS FOR NATIONAL STATE OF ENVIRONMENT REPORTING. *Environmentek*, 1-10.
- Armijo, C., Puma, A., & Ojeda, S. (2011). *A seet of indicators for waste management programs*. Singapore: LACSIT Press.
- Avefall Sverige. (2016). *Swedish waste management*. Obtenido de [http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Arbete/Remissvar/swm\\_2016.pdf](http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Arbete/Remissvar/swm_2016.pdf)
- bbc. (14 de marzo de 2014). *Mundo Noticias*. Obtenido de <http://www.bbc.com/mundo/noticias-39266234>
- BFFIC. (2000). *Island State: a ecological footprint analysis of the Isle of Wigh t*. Biddaward: Best Foot Foward and Imperial College.
- BM. (2016). *Banco Mundial - Datos sobre cuentas nacionales*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=MX&view=chart>
- Boletin CDMX. (2017). *Boletín CDMX*. Obtenido de <http://www.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/refuerza-gobierno-de-cdmx-programa-basura-cero-conseparacion-de-residuos-solidos-en-cuatro-fracciones-y-nueva-app>
- Bourdieu, P. (1984). *Distinction: a Social Critique of the Judgment of Taste*. Routledge.
- Braungart, M., & McDonough, W. (2002). *Desing for Reincarnation Resource*.

- C40. (2013). *City Climate Leadership Awards*. C40. Obtenido de <http://www.c40.org/awards>
- CCAC. (2012). CCAC MSW Initiative City Profile.
- CDMX. (2017). *Ciudad de México*. Obtenido de <http://www.cdmx.gob.mx/cdmx>
- CEAMSE. (2015). *Estudio de calidad de los RSU del Área Metropolitana de Buenos Aires*. Obtenido de Instituto de Ingeniería Sanitaria : <http://www.ceamse.gov.ar/>
- Cifrian, E., Galan, B., Andres, A., & Viguri, J. R. (Noviembre de 2012). Material flow indicators and carbon footprint for MSW management systems: Analysis and application at regional level, Cantabria, Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 54-66.
- Coelho, H. M., Lange, L. C., & Coelho, I. M. (2012). Proposal of an environmental performance index to assess solid waste treatment technologies. *Waste Management*, 32, 1479-1481.
- COHEEO. (2013). *Central Public Health and Environmental Engineering Organization*. Obtenido de Improving Municipal Solid Waste Management Services : <http://moud.gov.in/pdf/57f1f0a614e7aAdvisory%20on%20Improving%20Municipal%20Solid%20Waste%20Managemnt%20Services08.pdf>
- CONAMA. (2010). *Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile*. Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente- Gobierno de Chile.
- Corredor, M. (2010). *El sector Reciclaje en Bogotá y su Región: oportunidades para los Negocios Inclusivos*. Bogotá D.C: FUNDES.
- DEA. (2010). *National Waste Management strategy: Targets and indicators*. Surdáfrica: Department of environmental affairs .
- Delgado , G. (2015). Residuos sólidos municipales, 'minería urbana' y cambio climático. En X. Cruz, G. Delgado, & Ú. Oswald, *México ante la urgencia climática: ciencia, política y sociedad* (págs. 273-291). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- EEA. (2002). *Environmental Signals 2000*. Copenhagen: European Environment Agency.
- 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.
- Eriksson, O., Carlsson, M., & Frostell, B. (2005). Municipal solid waste management from a systems perspective. *Journal o Cleaner Production*, 13, 241-252.
- ESD. (2008). *Integrated Waste Management – Zero Waste Strategic Plan*. San José, California: Environmental Services Department .
- ETC/SCP. (2013). *Municipal waste management in Swden*. European Environment Agency.

- European Commission. (2005). *Waste generated and treated in Europe*. Obtenido de Data 1995 - 2003: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5664323/KS-69-05-755-EN.PDF/689178f0-31aa-4539-869b-c403b3d148b1?version=1.0>
- European Commission. (2012). *Life cycle indicators for waste management: development of life cycle based macro-level monitoring indicators for resources, products and waste for the EU -27*. European Commission.
- European Commission. (2012a). *Preparing a Waste Prevention Programme*. Paris, Francia: European Commission Directorate-General Environment .
- Eurostat. (2017). *Generation of waste by waste category*. Obtenido de [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wasgen&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en)
- Favoino, E. (2001). *Trends in the Treatment of Organic Waste in Europe*. Manchester: Greater Manchester Waste Disposal Authority.
- 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/uoloaded/File/residuos\\_03\\_10.pdf](http://www.opds.gba.gov.ar/uoloaded/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/ZWcasestudies](http://www.no-burn.org/ZWcasestudies)
- GBA. (2017). *Gobierno de la Provincia de Buenos Aires*. Obtenido de Buenos Aires - Argentina: <http://www.gba.gob.ar/>
- GCBA. (2017). *Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires*. Obtenido de Gestión Integral de Residuos Sólidos: [http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente/basura\\_cero/](http://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/basura_cero/)
- Gielen, D. (1998). *The Markal, systems engineering model for waste management*. Gotteborg.
- Gielen, D., & Kram, T. (1998). *The Matter project on integrated energy/materials strategies for Western Europe*. Berlin.
- Gokaldas, V. (2012). *Creating a Culture of Zero Waste*. Gaia.
- Gokaldas, V. (2012). *San Francisco, USA - Creating a Culture of Zero Waste*. GAIA - Global Alliance for Incineration Alternatives.
- González, G. L. (2010). *Residuos sólidos urbanos Argentina. Tratamiento y disposición final. Situación actual y alternativas futuras*. Buenos Aires, Argentina: Áreas de Pensamiento Estratégico.
- Government of South Australia. (2015). *South Australia's Waste Strategy 2015-2020*. Adelaide : Zero Waste SA.

- Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar-Yadav, K., & Kumar, V. (2015). A review on current status of municipal solid waste management in India. *ScienceDirect*, REVISAR CON VOL Y NUM.
- Gutiérrez-Henao, C., Silva, B., & Mendieta, E. (2017). *CDMX necesita el Programa Basura Cero*. Ciudad de México: Congreso Internacional de Recursos Naturales - COIRENAT.
- Havel, M. (2006). *Zero Waste as Best Environmental Practice for Waste Management in CEE Countries*. Czech Republic: Arnika Association.
- Hawken, P., Lovins, A., & Lovins, H. (1999). *Natural Capitalism*.
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management*. . Washington D.C: Copyright Word Bank.
- Hottle, T., Bilec, M., Brown, N., & Landis, A. (2015). Toward zero waste: Composting and recycling for sustainable venue based events. *Waste Management*, 38, 86-94.
- IDEADE. (2011). *Lineamientos Generales de la Política Distrital de Reciclaje*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- INEGI. (2015). *Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de [http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825078966.pdf](http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825078966.pdf)
- INEGI. (2015a). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de PIB y Cuentas Nacionales: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/cons\\_priv/default.aspx](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/cons_priv/default.aspx)
- ISWA. (s.f). *Solid Waste: Guideline for successful planning*. São Paulo, Brasil : International Solid Waste Association.
- Kharvel, R. (2012). *Waste Management in India*. New York : Columbia University.
- Lal, R. (2000). *Solid conservation and restoration to sequester carbon and mitigate greenhouse effect*. Valencia: European Society for Soil Conservation.
- Liu, A., Ren, F., Yvonne, W., & Wang, J.-Y. (2015). A review of municipal solid waste environmental standards with a focus on incinerator residues. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4, 165-188.
- Liu, W., Liu, S., & Huang, G. (2016). Research on the sorting reclaim system of municipal solid waste based on the concept of "cradle to cradle". *ScienceDirect*, 482-490.
- Ma, H., Cao, Y., Lu, X., Ding, Z., & Zhou, W. (2016). Review of Typical Municipal Solid Waste Disposal Status and Energy Technology. *ScienceDirect*, 589-594.
- Macy, J. (s.f). *San Francisco Zero Waste Policies & Programs*. (D. o. and, Ed.) Obtenido de SFEnvironment: <http://www.csg-erc.org/wp->



content/uploads/policy/documents/Macy\_SanFranciscoZeroWastePoliciesandPrograms\_11-29-11\_000.pdf

- Mani, S., & Singh, S. (2016). Sustainable Municipal Solid Waste Management in India: A Policy Agenda. *Elsevier*, 35, 150-157.
- Marshall, R., & Farahbakhsh, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. *Waste management*, 2013, 988-1033.
- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*, 15-27.
- 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>
- Montage, P. (1998). *Landfills are dangerous*. Inglaterra.
- 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.
- Murray, R. (2002). *Zero Waste*. Londres, Inglaterra: Greenpeace Environmental Trust. Obtenido de <https://www.zerowasteurope.eu/wp-content/uploads/2011/04/zero-waste-by-robin-murray.pdf>
- NRDC. (02 de 2011). *This Green Life*. Obtenido de <http://www.nrdc.org/thisgreenlife/0802.asp>
- Ofori-Boateng, C., Teong, K., & Mensah, M. (2013). The prospects of electricity generation from municipal solid waste (MSW) in Ghana: A better waste management option. *Fuel Processing Technology*, 94-102.
- Parker, R. (2002). *Calculating Growth Rates*. Obtenido de <http://pages.uoregon.edu/rgp/PPPM613/class8a.htm>
- Passarini, F., Vassura, I., Monti, F., Morselli, L., & Villani, B. (2011). Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions. *Waste Management*, 31(4), 785-792.
- Perea, Ó. (s.f). *Guía de Evaluación de Programas y Proyectos Sociales*. España: Análisis y desarrollo social Consultores.
- PNUMA. (s.f). *Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional*. Inglaterra: bip - UNEP.
- PNUMA-WCMC. (2011). *Alianza sobre Indicadores de Biodiversidad*. Cambridge, Reino Unido: Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional. Obtenido de [www.unep-wcmc.org](http://www.unep-wcmc.org)





















































- Pollans, L. B. (2012). *Greening Infrastructural Services: The Case of Waste Management in San Francisco*. Massachusetts: MIT Department of Urban Studies and Planning.
- Pollans, L. B. (2012). *Greening Infrastructural Services: The Case of Waste Management in San Francisco*. Massachusetts : MIT Department of Urban Studies and Planning .
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: División de Estadísticas y Proyecciones Económicas.
- Quiroga, R. (2009). *Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe* . Santiago de Chile: CEPAL- ONU.
- Rajashekar, M., Venkat Rao, N., Chinna Rao, G., Priyadarshini, G., & Jeevan Kumar, N. (2015). Energy Generation from Municipal Solid Waste by Innovative Technologies - Plasma Gasification. *ScienceDirect*, 513-518.
- Recology. (2015). *San Francisco Annual Report*. Obtenido de <http://www.sfpublicworks.org/sites/default/files/Recology%20San%20Francisco%20Companies%27%20Annual%20Report%20as%20of%20June%2030,%202015.pdf>
- Romero, M. (2013). Caracterización del nuevo esquema 'Basura Cero', transporte de reciclaje en la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C, Colombia: Universidad de laSalle.
- sam. (s.f). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Asuntos Municipales.
- Scarlat, N., Motola, V., Dallemand, J. F., Monforti-Ferrario, F., & Mofor, L. (2015). Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1269-1286.
- Scmig, J., Elser, A., Strobel, R., & Crowe, M. (2002). *Dangerous Substances in Waste*. European Environmental Agency.
- SE. (2015). *Municipal Waste Europe*. Obtenido de Capital factsheet on separate collection: <https://www.municipalwasteurope.eu/sites/default/files/SE%20Stockholm%20Capital%20factsheet.pdf>
- SEDEMA. (2015). *Inventario de Residuos Sólidos en la Ciudad de México*. Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente. Obtenido de <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2015-14-dic-2016.compressed.pdf>
- SEMARNAT. (2010). *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental en México 2010*. Tlalpan, México D.F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SFEnvironment. (2014). *The San Francisco Indicator Project*. Obtenido de Solid waste disposal: <http://www.sfindicatorproject.org/indicators/view/4>
- Shaibu, H. (2012). *Waste Management in Ghana - Diploma Thesis*. Brno: Mendelova univerzita v Bernê.

- Sharholy, M., Ahmad, K., Mahmood, G., & Trivedi, R. (2007). Municipal solid waste management in India cities - A review. *28(2008)*, 459-467.
- Sherwin, C., & Bhamra, T. (1999). *Beyond Engineering: Ecodesign as a proactive approach to product innovation*. Tokyo: The Proceedings of Ecodesign.
- Silva, A., Stocker, L., Mercieca, P., & Rosano, M. (2016). The role of policy labels, keywords and framing in transitioning waste policy. *Journal of Cleaner Production*, *115*, 224-237.
- SINIA. (2017). *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Obtenido de Residuos sólidos recolectados y dispuestos adecuadamente: <http://sinia.minam.gob.pe/indicadores/residuos-solidos-recolectados-dispuestos-adecuadamente>
- SoCal. (2012). *The Southern California Conversion Technology Project*. California - United States: SoCalConversion. Obtenido de [www.SoCalConversion.org](http://www.SoCalConversion.org)
- Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., & Sadiq, R. (2015). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. *Waste Management*, *35*, 318-328.
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2015). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, *104*, 199-210.
- Suburban Stats. (2015). *Suburban Stats*. Obtenido de Current California, San Francisco Population, Demographics and stats : <https://suburbanstats.org/population/california/how-many-people-live-in-san-francisco>
- Thornton, J. (2000). *Pandora's Poison: Chlorine, Health and New Environmental Strategy*. MIT.
- U.S Environmental Protection Agency. (10 de 1 de 2014). *Wastes*. Obtenido de <http://www.epa.gov/solidwaste/nonhaz/municipal/landfill.htm>
- UAESP. (2011b). *Caracterización de la actividad del reciclaje en Bogotá*. Bogotá D.C : UAESP.
- UN HABITAT. (2010). *Solid waste management in the world's cities*. London: Earthscan Ltda.
- UNEP. (2005). *INTEGRATED WASTE MANAGEMENT*. Obtenido de Integrated Solid Waste Management Scoreboard: A Tool to Measure Performance in Municipal Solid Waste Management: [http://www.unep.org/jp/ietc/Publications/spc/IWM\\_scoreboard-binder.pdf](http://www.unep.org/jp/ietc/Publications/spc/IWM_scoreboard-binder.pdf)
- UN-Habitat. (2010). *Solid Waste Management in The World's Cities*. Washington, D.C : United Nations Human Settlements Program .
- UniNorte. (2015). *Universidad del Norte - Barranquilla, Colombia*. Obtenido de Proyectos de gestión : <http://www.uninorte.edu.co/web/guest/gestion-administrativa-y-financiera/centro-de-acopio>
- UNStats. (2017). *Demographic and Social Statistics*. Obtenido de Demographic Yearbook: <https://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2.htm>

- USEPA. (1998). *Greenhouse Gas Emissions from Municipal Waste Management*. United States: EPA.
- Vivanco, D. F., Ventosa, I. P., & Durany, X. G. (2012). Building waste management core indicators through Spatial Material Flow Analysis: Net recovery and transport intensity indexes. *Waste Management*, 32(12),2493-2510.
- WB. (2017). *World Bank* . Obtenido de Data Bank: <http://databank.worldbank.org/data>
- Wilson , E. O. (2003). *The Future of Life*. New York, USA: Vintage Books.
- Wilson, D., Rodic, L., Cowinf, M., Velis, C., Whiteman, A., Scheinberg, A., . . . Oelz, B. (2015). 'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management - Elsevier*, 35, 329-324.
- Wilts, H. (2012). National waste prevention programs: indicators on progress and barriers. *Waste Management*, 29-35.
- WorldBank. (2014). *Investing Across Borders* . Obtenido de Indicators of foreign direct investment regulation: <http://iab.worldbank.org/Data/ExploreEconomies/ghana/wastemgmt>
- Zaccagnini, M., Goijman, A., Conroy, M., & Thompson, J. (2014). *Toma de decisiones estructuradas para el manejo adaptativo de recursos naturales y problemas ambientales en ecosistemas productivos: conceptos, metodologías y estudios de caso en Argentina*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- Zaman, A. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36, 682-693.
- Zaman, A. (2014). Measuring waste management performance using the 'Zero Waste Index': the case of Adelaide, Australia. *Journal of Cleaner Production*, 66,407-419.
- Zaman, A. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 91, 12-25.
- Zaman, A., & Lehmann, S. (2011). Urban growth and waste management optimization towards 'zero waste city'. *City, Culture and Society*, 2, 177-187.

## 10. Anexos

### Anexo 1. Casos de estudio: generalidades

 <p><b>San Francisco, California</b> <span style="float: right;">1</span> Estados Unidos - Norte América</p>  <p><b>Área</b> 121.4 Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 864.816 habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 1.44%*</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 72.390 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> Desarrollado</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 609 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 80%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2000, 95% para 2050</p>	 <p><b>Buenos Aires, Argentina</b> <span style="float: right;">2</span> Sur América</p>  <p><b>Área</b> 203 Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 15.8 millones de habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 0.93 %*</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 23.606 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> En vía de desarrollo</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 554.8 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 50%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2002, 75% para 2017</p>	 <p><b>Suecia</b> <span style="float: right;">3</span> Europa</p>  <p><b>Área</b> 450.295 Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 9,7 millones de habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 0.81%</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 56.250 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> Desarrollado</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 480 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 75%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2005, 90% para 2020</p>
 <p><b>Ghana</b> <span style="float: right;">4</span> África del Oeste</p>  <p><b>Área</b> 238,533 Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 26.908.262 habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 2.18%</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 4.300 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> En vía de desarrollo</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 225 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 60%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2005, 70% para 2020</p>	 <p><b>India</b> <span style="float: right;">5</span> Sur de Asia</p>  <p><b>Área</b> 3.287.595 Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 1.266.883.598 habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 1.19%</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 6.200 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> En vía de desarrollo</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 182.5 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 45%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2004, 90% para 2035</p>	 <p><b>Adelaida, Australia</b> <span style="float: right;">6</span> Australia, Oceanía</p>  <p><b>Área</b> 841.5Km<sup>2</sup></p>  <p><b>Población</b> 1.089 habitantes</p>  <p><b>Tasa de crecimiento</b> 3.3%</p>  <p><b>PIB/GDP</b> 36.217 US\$<i>pc</i></p>  <p><b>Estado de desarrollo</b> Desarrollado</p>  <p><b>Generación per capita de RSU</b> 566 Kg/año</p>  <p><b>Desviación actual</b> 72%</p>  <p><b>Meta PBC</b> Desde 2003, &gt;82% para 2020</p>



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO

No. 00026

Matricula: 2161801692

LÍNEA BASE PARA LA  
EVALUACIÓN Y MANEJO  
ADAPTATIVO DEL PROGRAMA  
BASURA CERO

En la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 9 del mes de marzo del año 2018 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. CESAR RODRIGUEZ ORTEGA  
M. EN I. GUILLERMO ENCARNACION AGUILAR  
DRA. LYSETE SANDRA HERNANDEZ GAMEZ  
M. EN B.E. ENRIQUE MENDIETA MARQUEZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretario el último, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS (ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE)

DE: ANDREA CAROLINA GUTIERREZ HENAO

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

APROBAR

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



*Andrea Carolina Gutierrez Henao*  
ANDREA CAROLINA GUTIERREZ HENAO

ALUMNA

REVISÓ  
*[Signature]*  
LIC. JULIO CESAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBI

*[Signature]*  
DR. JOSE GILBERTO CORDOBA HERRERA

PRESIDENTE

*[Signature]*  
DR. CESAR RODRIGUEZ ORTEGA

VOCAL

*[Signature]*  
M. EN I. GUILLERMO ENCARNACION AGUILAR

VOCAL

*[Signature]*  
DRA. LYSETE SANDRA HERNANDEZ GAMEZ

SECRETARIO

*[Signature]*  
M. EN B.E. ENRIQUE MENDIETA MARQUEZ