



El futuro digital  
es de todos

MinTIC

# [ OBSERVATORIO CT+i ]

ÁREA DE OPORTUNIDAD  
**RESIDUOS SÓLIDOS**

OPERA:

**ruta<sup>n</sup>**  
MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS



## CRÉDITOS EDITORIALES

+ Concepción, edición y dirección general:  
Víctor Tamayo Bustamante

+ Consultor Metodológico  
Óscar Eduardo Quintero

+ Coordinación equipo de vigilancia:  
Álvaro Agudelo Arredondo

+ Vigías:  
Catalina Campo Herrera  
Alba Julieth Giraldo Martínez  
Duban Torres  
Lorena Arango Santa

+ Dirección de diseño y diagramación:  
Santiago Córdoba Vasco  
María Paula Moreno

+ Imágenes:  
Las imágenes aquí dispuestas han sido utilizadas exclusivamente a modo de ejemplo ilustrativo, a menos que se indique lo contrario, las imágenes son de libre uso y proceden de [www.pexels.com](http://www.pexels.com), [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com), [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com) y [www.freepik.es](http://www.freepik.es).

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción</b>	<b>04</b>
<b>2. Problemática desencadenante</b>	<b>06</b>
<b>3. Caracterización de la oportunidad</b>	<b>08</b>
<b>4. Casos de estudio relacionados</b>	<b>15</b>
4.1. Caso 1: San Francisco, CA. EUU	<b>16</b>
4.2. Caso 2: Delhi, India	<b>19</b>
4.3. Caso 3: Ciudad São Paulo, Brasil	<b>21</b>
4.4. Caso 4: Suiza	<b>23</b>
4.5. Caso 5: Johannesburg, Sudáfrica	<b>25</b>
4.6. Conclusiones sobre los casos	<b>27</b>
4.6.1. Casos de aplicación de la temática	<b>39</b>
4.6.2. Actores principales	<b>44</b>
	<b>29</b>
<b>5. Identificación y priorización de subtemas</b>	<b>30</b>
<b>5.1. Temática Economía Circular</b>	<b>30</b>
5.1.1. Definición del tema	<b>38</b>
5.1.2. Tendencias en investigación	<b>43</b>
5.1.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico	<b>45</b>
5.1.4. Tendencias en Innovación	<b>48</b>
5.1.5. Tendencias en habilidades requeridas	<b>48</b>
<b>5.2. Temática Separación en la fuente</b>	<b>50</b>
5.2.1. Definición del tema	<b>50</b>
5.2.2. Tendencias en investigación	<b>55</b>
5.2.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico	<b>58</b>
5.2.4. Tendencias en Innovación	<b>60</b>
5.2.5. Tendencias en habilidades requeridas	<b>63</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>64</b>

# 01

## INTRODUCCIÓN

# 1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se asocia el concepto de misiones con el mítico programa Apolo de los EEUU, cuando, en mayo de 1961, se plantearon el objetivo de enviar una persona a la luna y traerla de vuelta antes de terminar la década. Este objetivo era casi impensable con la tecnología disponible entonces, por lo que, teniendo una meta común, se propusieron emplear a más de 400,000 personas de múltiples disciplinas y una considerable inversión de capital para que, 8 años más tarde, en 1969, cumpliendo con las metas temporales propuestas, Neil Armstrong, Buzz Aldrin y Michael Collins, lograran el hito marcado. Esto detonó un sinfín de avances tecnológicos y la victoria de la carrera espacial sobre la Unión Soviética, que había conseguido hasta ese momento los mayores hitos en el espacio, como el primer satélite en órbita, el primer ser vivo en el espacio, el primer hombre –Yuri Gagarin– y la primera mujer –Valentina Tereshkova. Fue tal el éxito y la rentabilidad para la economía americana de esta inversión, que en EEUU llaman moonshot a todo programa disruptivo de avance tecnológico con objetivos muy concretos.



**Una de las asociaciones más difundidas del término “misión” es la postulada para el programa Apolo de los EEUU, donde J.F.K. planteó la meta casi impensable de enviar un norteamericano a la luna.**

De manera similar, múltiples instituciones y gobiernos han venido impulsando sus propios “moonshots” después del hito marcado por los EEUU, este es el caso del proyecto que detona el presente informe de áreas de oportunidad, que en la presente oportunidad está dedicado a la problemática de nuestra ciudad relacionada con la Calidad del Aire.

Aunque este informe no representa en sí la construcción de la misión ciudad referente a la temática definida, si hace parte de los insumos necesarios para poder identificar las diversas oportunidades que ésta abre, a partir de las lecciones aprendidas en otras regiones que ya han abordado la construcción de soluciones relacionadas, donde se podrán apreciar los elementos conectores entre nuestra situación regional y la que estos abordaron en su momento, permitiendo identificar tecnologías y acciones que llevaron a generar resultados que en mayor o menor grado impactaron los lugares donde fueron aplicados.

Una vez identificadas las posibles acciones a generar, y partiendo desde un análisis de las dinámicas globales de Investigación, Desarrollo e Innovación -I+D+i, se procedió a identificar aquellas tecnologías o acciones que podrían tener un mayor impacto en la región, partiendo de las capacidades locales y condiciones específicas que marcan nuestro entorno, de esta forma se podrían identificar fortalezas y debilidades que permitan construir oportunidades.

Por último, contrastando los elementos recopilados, con las condiciones presentes en Medellín, el Valle de Aburra y el país en general, se presenta un recopilado de oportunidades a las cuales se podría acceder para la construcción de la(s) misión(es), y que ayudan a dar línea sobre las ventajas que puede aportar a nuestra región el abordar los retos que presentan estas problemáticas.



# 02

## PROBLEMÁTICA DESENCADENANTE

## 2. PROBLEMÁTICA DESENCADENANTE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un conjunto de objetivos y metas destinadas a resolver los problemas sociales, económicos y ambientales que aquejan al mundo, cubriendo los próximos 15 años (2015-2030). Estos objetivos diseñados por las Naciones Unidas pretenden ser un marco de referencia para los países y ciudades del mundo, y en suma, son un referente de buen manejo y alineación con objetivos globales para solucionar problemáticas actuales. Dado esto, en el ámbito local se busca que todos los esfuerzos de las personas y organizaciones estén alineados a contribuir con el cumplimiento de dicha agenda 2030.

Varios Objetivos de Desarrollo Sostenible están relacionados con el medio ambiente y, específicamente, con las condiciones ambientales de las ciudades. Puntualmente, los ODS relacionados con el medio ambiente urbano son agua limpia y saneamiento (ODS 6), Energía asequible y no contaminante (ODS 7), Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) y Vida de ecosistemas terrestres (ODS 15). A este se le suma el de producción y consumo responsable (ODS 12), que aplica más allá de la zona urbana.

A pesar de que el principal indicador de la meta ODS es la reducción en la generación de residuos, la tendencia en esta actividad para la ciudad de Medellín ha venido incrementando hasta el punto de alcanzar en 2017 la cifra de 0,71 kilogramos diarios por habitante aumentando en un 2,3% (0,03 Kg) el registrado en 2016. Debido al aumento de residuos, los vertederos se han visto afectados de igual forma; desde enero de 2015 a abril de 2019 se han dispuesto 4.826.470,08 toneladas de basura en el relleno La Pradera, donde EMVARIAS SA ESP ha indicado que las cifras están siendo superiores a los cálculos estimados ya que para finales del mes de abril 2019 el espacio disponible era de 3.351.083 m<sup>3</sup> (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019).

Sin embargo, es importante señalar que la ciudad cuenta con la meta local 2030, la cual consiste en realizar mejoras en el medio ambiente de la ciudad incluyendo factores como condiciones de calidad del aire, calidad del agua, gestión de desastres, y gestión de residuos sólidos, como lo indica la siguiente gráfica. En cuanto a este último, se evidenció que la tasa de reciclaje continuó con su tendencia creciente en el año 2018, logrando alcanzar un 23% de cumplimiento. En este caso, se destaca que el porcentaje de residuos sólidos aprovechados sobre los dispuestos y la producción per cápita, que aunque sus niveles están relativamente lejos del objetivo, se evidencian algunos avances (Medellín Cómo Vamos, 2019).

**Tabla 01.** Indicadores medio ambientales en Medellín período 2014-2018.  
Adaptado de Medellín Cómo Vamos (2019)

Indicador	Meta local 2030	¿Cómo vamos?	¿Hacia dónde vamos?
Concentración promedio anual de PM2.5 en estación Museo de Antioquia (pg /m <sup>3</sup> )	23%	26.9	↑
Porcentaje anual de aguas residuales tratadas en el área urbana	93,7%	21,7%	↓
Porcentaje de residuos sólidos aprovechados con al total de residuos sólidos dispuestos	70	23%	↗
Producción Per Capita según residuos generados (kg diarios por habitante)	0,3	0.5	↗
Número de emergencias causadas por naturales	0	1431	↔

Pese al avance en residuos aprovechados y la producción per cápita, aún es necesario que se hagan mayores esfuerzos para alcanzar las metas, como mejorar el nivel de reciclaje y disminuir la acumulación de las basuras en la ciudad. Así pues, de la mano con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles y metas como la de Medellín 2030, es posible enfocar objetivos en pro del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida de las personas en busca de un bien común, mediante la descripción de metas y el estado de la trayectoria de éstas hasta lograr su cumplimiento.

# 03

## CARACTERIZACIÓN DE LA OPORTUNIDAD

### 3. CARACTERIZACIÓN DE LA OPORTUNIDAD

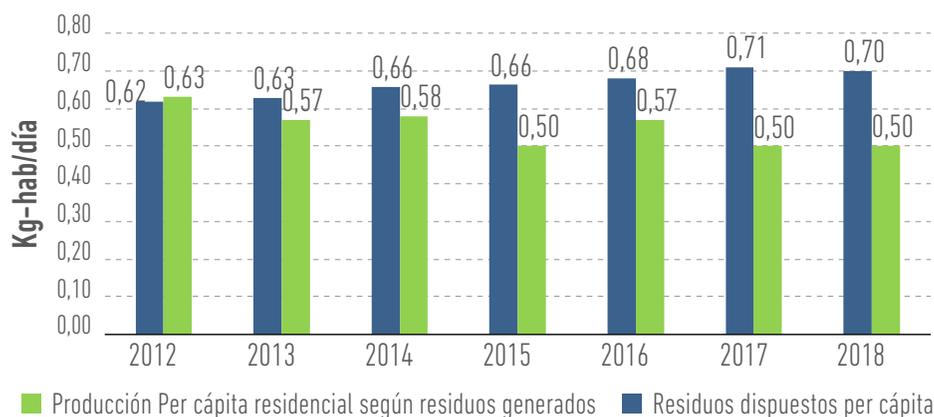
Medellín se encuentra localizada en el Valle de Aburrá, en el centro del Departamento de Antioquia. Cuenta con una población de 2.372.330 habitantes en el 2018 (DANE, 2019), y una tasa de crecimiento de 0,76% para el 2020, es necesario tomar en cuenta que la tasa está disminuyendo, pero se espera que la población siga creciendo (Alcaldía de Medellín, 2020).

En el caso de Medellín, la producción diaria de residuos por habitante ha venido aumentando desde el 2015. Para el 2017, generaba entre 1.800 y 2.000 toneladas diarias de basura (entre 657.000 y 730.000 anuales, según la Secretaría del Medio Ambiente), y para ese mismo año la ciudad contaba con un porcentaje de recuperación de reciclaje del 18.7% (El Colombiano, 2017). Por otro lado, a partir de la información del anuario estadístico de Antioquia del Departamento Administrativo de Planeación (2018), se indica que para el 2018 se generaron 767.622 toneladas de residuos sólidos (647.789 dispuestas<sup>1</sup>) y una producción per cápita de 0.70 kg por día como se muestra en la siguiente gráfica.

El gráfico anterior evidencia que desde el 2015 los residuos generados per cápita se incrementaron de 0,66 kilogramos a 0,71 en el 2017, sin embargo, para el 2018 se logró una ligera disminución al pasar de 0.71 a 0.70 kg-hab/día. Seguidamente, en cuanto a los residuos generados per cápita, se evidencia una reducción en el tiempo de la producción per cápita residencial de residuos, llegando a un valor de 0,5 en el 2017 y 2018 (Medellín Cómo Vamos, 2019).

Es importante señalar que, en Medellín, los residuos sólidos se depositan en el Relleno Sanitario La Pradera, ubicado en el municipio de Donmatías a 57 kilómetros de la ciudad, este inició operaciones el 6 de junio de 2003. (Emvarias, s.f.a) El relleno es operado por EMPRESAS VARIAS DE MEDELLÍN S.A. y atiende los residuos de aproximadamente 33 municipios entre los cuales están Barbosa, Bello, Copacabana, Ebéjico, Itagüí, Jericó, La Estrella, Medellín, Rionegro, Sabaneta, entre otros; la Pradera cuenta con una vida útil hasta el 2027 (DNP, 2018).

El relleno tiene una capacidad receptiva de 13.452.293,66 metros cúbicos de residuos sólidos, y según lo establecido en la licencia ambiental la capacidad total del vaso “Altair” corresponde a 6.628.000 m3 y para los vasos “Música y Carrilera” corresponden a 3.598.946 m3.



**Fig 01.** Producción de residuos per cápita y dispuestos en Medellín 2012-2018. Adaptado de Medellín Cómo Vamos (2019)

<sup>1</sup> Cantidad de residuos recolectados y dispuestos en rellenos sanitarios, durante el periodo de tiempo.



Tomando el promedio mensual manejado en el año 2018 (95.005,23 toneladas/mes), el relleno contaría con un espacio para más de 39 meses de disposición (3 años y 3 meses). Es importante señalar que, desde enero de 2015 a abril de 2019 se han dispuesto 4.826.470,08 toneladas de basura en el relleno La Pradera, donde EMVARIAS SA ESP ha indicado que las cifras están siendo superiores a los cálculos estimados ya que para finales del mes de abril 2019 el espacio disponible era de 3.351.083 m3 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019).



Fig 02. Portafolio de proyectos de Empresas Varias. Adaptado de (Emvarias, s.f.b)

En cuanto a las acciones desde la planeación municipal, para el año 2019 se desarrollaron en Medellín cerca de 15 proyectos con el fin de mejorar las condiciones limpieza y manejo de basuras, por medio de avances con acciones de recolección, barrido de espacios públicos, aprovechamiento de residuos, limpieza de quebradas, entre otros (Alcaldía de Medellín, 2019a).

Frente a la constante generación de residuos sólidos en la ciudad, se han propuestos diferentes proyectos de aprovechamiento y recuperación como: puntos naranja fijos y móviles, sistemas soterrados, estación de transferencia, atención a multiusuarios, entre otros, para obtener una gestión integral de los residuos sólidos (Emvarias, s.f.b). En el siguiente tabla, se muestra información general de proyectos de la alcaldía relacionados a la gestión de residuos: (Ver tabla en la siguiente página)

Los siguientes proyectos tienen un presupuesto total de \$20.912.406.544, y buscan en general, una mejor prestación del servicio y mayor aprovechamiento de los residuos, junto con un desarrollo tecnológico y social (tanto en las empresas de reciclaje, como en la sensibilización de la comunidad). En este caso, aunque la generación de basura se espere que sea mayor en el tiempo, se evidencia la dinámica estimada de la generación y reciclaje de residuos, en donde esta última actividad también crece.

Por otro lado, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) contempla un incremento constante en la tasa de recuperación por reciclaje para la ciudad. Esto significa entonces, que se está viviendo un aumento en el manejo tanto de los residuos sólidos como en el reciclaje; para el 2005 se contaba con una tasa de reciclaje del 12.5% aumentando entre 2% y 3% para el 2015 (27.1%), y gracias a esto la ciudad proyecta un estimado del 29.2% para el 2020 (Alcaldía de Medellín, 2019b).

**Tabla 02.** Información de proyectos asociados a actividades de reciclaje y gestión de residuos. Adaptado de: Alcaldía de Medellín (2019a)

Proyecto <sup>2</sup>	Alcance	Cumplimiento al 2019	Avance (al 2027)	Presupuesto
Creación de acuerdos de desarrollo estratégicos para la innovación y tecnología en la gestión de los residuos sólidos.	Centralizar la información generada en cada una de las etapas de la cadena de valor de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, asociada a la gestión del conocimiento.	86%	51%	\$48.000.000
Implementación de estrategias para disminuir los impactos negativos en la prestación del servicio de aseo Acciones de mejoramiento y control de los puntos críticos en la ciudad.	Mejorar la prestación del servicio de aseo en el Municipio de Medellín en la actividad de recolección, transporte y transferencia de residuos sólidos de características ordinarias, implementando estrategias que disminuyan los impactos negativos, rigiéndose por los principios básicos de eficiencia en la prestación del servicio a toda la población con continuidad calidad y cobertura.	88%	49%	\$10.516.736.626
Aumento del aprovechamiento de residuos sólidos.	Promover e incentivar el aprovechamiento de residuos sólidos por medio de la identificación de estrategias para su valoración integral, la creación de incentivos a las organizaciones que utilicen residuos como materia prima en sus procesos productivos y así incrementar los flujos de materiales aprovechables, además pretende fortalecer las dinámicas de los mercados de residuos a fin de contribuir a la sostenibilidad del aprovechamiento.	71%	27%	\$3.057.435.146
Proyecto para el posicionamiento del reciclador como empresario de la actividad de aprovechamiento	Es el posicionamiento del reciclador como empresario de la actividad de aprovechamiento, dentro de las acciones de fortalecimiento por parte del Municipio, se encuentran el apoyo administrativo, técnico, jurídico y financiero	88%	67%	\$5.447.416.746
Alternativas para la disposición técnica de los residuos	Determinar un sitio para la disposición final de los residuos sólidos a futuro, así como el determinar un sitio para la atención de contingencias	100%	47%	\$586.738.781
Ejecutar procesos de educación y sensibilización en la gestión integral de los residuos sólidos	Unificar los esfuerzos en torno a los procesos educativos con el fin de darles continuidad y fortalecerlos mediante estrategias formativas que fomenten en el tiempo las buenas prácticas ambientales, como el adecuado manejo de los residuos sólidos y de los recursos naturales. Mediante la intervención a grupos sociales, comunidades barriales y veredales, instituciones educativas etc., a partir de la divulgación de los programas del PGIRS y los proyectos que en él se proponen.	100%	42%	\$1.304.079.245

<sup>2</sup> Es necesario tomar en cuenta que en este cuadro no se contemplan todos los proyectos asociados a residuos sólidos, sólo los relacionados a reciclaje. Mayor información en <https://bit.ly/36fqb5l>

Luego, en lo referente a las empresas del sector de recuperación y reciclaje, se indica que la mayor concentración de empleados e ingresos operacionales están en Medellín, como lo muestra el siguiente gráfico:

**Tabla 03.** Ingresos de las empresas antioqueñas relacionadas con la recuperación de materiales y el reciclaje. Adaptado de Alcaldía de Medellín (2019b)

Empresas de Antioquia relacionadas con la recuperación de materiales y el reciclaje		
Municipios	Número de empleados	Total ingresos operacionales (\$ millones)
Barbosa	2	2.955,37
Bello	86	4.604,54
Caucasia	63	5.614,99
El Retiro	65	4.542,82
Girardota	61	10.041,66
Medellín	416	248.667,36
Rionegro	117	10.041,85
Santa Fe de Antioquia	29	2.388,13
Santa Rosa de Osos	12	2.306,56
<b>Total general</b>	<b>851</b>	<b>291.163,28</b>

En lo referente a la economía circular, según el documento de la alcaldía de Medellín que realiza un estudio de mercado del sector, señala que la normatividad vigente para las empresas recolectoras apunta a que el negocio está más en enterrar basura que en recuperar residuos, pues se evidencia que para el caso de Medellín, enterrar 1 tonelada en el relleno sanitario de La Pradera cuesta 40 mil pesos, multiplicado aproximadamente por las 70 mil toneladas que recibe (Alcaldía de Medellín, 2019b). Sin embargo, si a lo anterior se suma los costos de mantenimiento (transporte, insumos, operarios, y demás) de la basura enterrada, el monto pasaría de 40 a 100 mil pesos o inclusive más.

Es importante señalar que ese negocio lo pagan los usuarios, pues la tarifa individual se determina por el número de toneladas que se disponen.

También es importante tomar en cuenta que existe una limitante importante en cuanto a los beneficios en el negocio del reciclaje; para los recicladores de Medellín, por ejemplo, es más viable recuperar un kilo de material PET, por el que les pagan \$1.000 pesos por kilogramo, que uno de cartón, por apenas \$300, o por uno de vidrio, por el que sólo reciben unos \$50. Lo que implica que no todo lo aprovechable se recupera (Contacto verde, 2016). Por otra parte, en cuanto a la generación de empleo, es difícil obtener una cifra cierta, debido al gran porcentaje de informalidad que impera en este sector, pero la cifra de empleos formales en Medellín está cerca de los 420, de empresas que en su mayoría se clasifican como microempresas (Alcaldía de Medellín, 2019b).

EMVARIAS S.A. E.S.P. como empresa prestadora del servicio público de aseo en la ciudad de Medellín, y actor fundamental del Plan de Gestión de Residuos Sólidos de Medellín y sus corregimientos es un actor corresponsable en la formación de una ciudadanía que cuente con conocimientos y apropie prácticas cotidianas hacia la adecuada gestión de los residuos sólidos generados, tanto en las actividades del ámbito doméstico como en acciones de tipo comercial e industrial, en los sectores urbanos y rurales del municipio de Medellín (Alcaldía de Medellín, 2019c).



Como caso específico, en los siguientes cuadros se muestra la situación financiera de Empresas Varias, donde el primero son los ingresos por actividad (ingresos ordinarios), en este se destaca la recolección domiciliaria, el barrido y limpieza; mientras que el aprovechamiento de los residuos tiene el valor menor. Luego, en un siguiente cuadro se muestran los otros ingresos (que forman parte de los ingresos de actividades ordinarias), en donde se destacan las recuperaciones y los aprovechamientos, los cuales corresponde a ingresos por venta del material, los cuales se incrementaron en un 84% respecto al 2018, como resultado de las campañas y la participación en los diferentes eventos de ciudad (Empresas Varias de Medellín, 2019a).

**Tabla 04.** Ingresos por actividad 2018-2019. Adaptado de: EMVARIAS (2019)

Ingresos por actividad	2019	2018
Recolección domiciliaria	98,444,858	88,853,466
Barrido y limpieza	61,305,166	56,204,031
Aprovechamiento	56,990	-
Tratamiento	3,785,085	3,352,406
Disposición final	30,530,692	27,044,319
Corte de césped y poda de árboles	19,511,210	17,665,079
Limpieza y lavado de áreas públicas	466,621	1,052,152
Otros especiales	9,192,220	12,889,621
Comercialización	18,342,930	16,454,771
<b>Total</b>	<b>241,635,772</b>	<b>223,515,845</b>

**Tabla 05.** Otros ingresos 2018-2019. Adaptado de: EMVARIAS (2019)

Ingresos por actividad	2019	2018
Recuperaciones	6,801,732	2,733,337
Aprovechamientos	365,229	198,516
Indemnizaciones	69,836	313
Otros ingresos ordinarios	9,736	(402,745)
Honorarios	-	19,612
<b>Total otros ingresos</b>	<b>7,246,533</b>	<b>2,549,033</b>

Continuando con EMVARIAS de Medellín, también se destaca su manejo de los residuos en la Feria de las Flores del año 2019, en la cual, 70.5 toneladas de residuos fueron aprovechados, lo que equivale a un 46% de las generadas (primera vez en los 55 años de tradición de la feria). La tarea se apoyó con máquinas de última tecnología, entre barredoras mecánicas, vehículos compactadores dedicados a gas, carrotanques, volquetas, vehículo eléctrico para aprovechamiento, blowers, entre otras herramientas que ayudaron a limpiar el espacio para el disfrute de los más de 1.200.000 participantes (Empresas Varias de Medellín, 2019b).

Finalmente, tomando en cuenta los proyectos del municipio asociados al reciclaje, como las actividades de los empresarios en el sector, y las cantidades recicladas, podemos ver que existen esfuerzos públicos y privados para el aprovechamiento y gestión de residuos, en donde, no sólo hay una reducción de la contaminación ambiental, sino también oportunidades laborales y empresariales. En este caso, los actores que más impactan son las iniciativas público-privadas como Empresas Varias de Medellín, la alcaldía de Medellín y empresas de reciclaje. En general, se evidencia una relativa menor generación per cápita de basuras y una mayor cantidad de material reciclable, sin embargo, es necesario fortalecer las acciones gubernamentales hacia una mayor concientización general, regulaciones ambientales más eficientes a las industrias que más generan residuos, y una mayor formalización del trabajo de los recicladores, protegiendo las familias que dependen de esta labor.

**Brindada toda esta información, se consideran como puntos principales:**

- El continuo crecimiento poblacional de la ciudad genera que la cantidad de desechos sigan aumentando, esto brinda una oportunidad para las empresas que aprovechan residuos.
- La tasa de reciclaje evidencia un aumento ligero, aunque aún no es el nivel deseado ya que para el año 2020 se estima una tasa del 29,2%, es muy superior al del 2005 (12.5%).
- El reciclaje logra ser una actividad rentable
- Obtener ingresos por medio de este, ya que hay materiales que son más rentables y el costo de tratamiento de material es bajo, como por ejemplo el PET.
- La ciudad de Medellín evidenció un aumento aproximadamente de 37.600 toneladas de residuos sólidos entre el año 2017 y 2018, un aumento aproximadamente del 4,9 %.
- Para el 2018 el vertedero La Pradera recibió aproximadamente 1.140.062,76 toneladas, donde sólo la ciudad de Medellín para este mismo año dispuso de 647.789 toneladas, indicando que la ciudad brinda 56,82% al vertedero.
- La economía circular permite que organizaciones como Alpina y Postobón tengan componentes sostenibles en su producción por medio de la reducción y aprovechamiento de los residuos.
- Respecto a los esfuerzos públicos, aunque no se tenga claridad total sobre los beneficios en términos monetarios de los proyectos e inversiones públicas, se evidencian esfuerzos para una mayor formalización del sector, por ejemplo: La ciudad cuenta con 1.240 recicladores formalizados a 2019.

- Con los recicladores de la ciudad, además del trabajo por su dignificación y solidificación, la Alcaldía ha logrado el retorno de más de 15 hijos de estas personas al sistema educativo, así mismo ha brindado apoyo a cinco amas para la validación de sus estudios básicos, y el asesoramiento a cuatro familias en casos de violencia intrafamiliar, más 25 jornadas de salud.

En general, la ciudad debe tomar en cuenta el tema de los residuos ya que, al implementar un buen manejo de residuos sólidos, es posible ganar beneficios importantes, como crear oportunidades socioeconómicas al proporcionar trabajos seguros a los recicladores y a personas en zonas de pobreza, esto se traduce en mejores ingresos y al mismo tiempo se genera empleos formales e indirectos (ESCAP, 2017). El manejo de los residuos y la destinación de estos logran transmitir buenas prácticas tanto a las empresas como a los ciudadanos; por ejemplo, en Colombia las empresas que tienen proyectos que dan este aporte a la reducción de residuos logran obtener incentivos tributarios (equipos y elementos que no pagan IVA) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, s.f.).

Asimismo, se logra hablar de la implementación de la economía circular pues esta fomenta la recuperación e incorporación al ciclo productivo de materiales como el PET, cartón, papel, vidrio, entre otros, lo cuales sirve de insumo para la fabricación de nuevos productos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019). Adicionalmente, se mitigaría la contaminación ambiental al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que cada tonelada de desechos convertidos en compost puede ahorrar media tonelada de emisiones de dióxido de carbono.

Finalmente, al mejorar la recolección y el tratamiento de los residuos sólidos municipales en los vecindarios, se puede mejorar las condiciones de salud pública y saneamiento ya que se disminuiría las enfermedades que se producen de los desechos abiertos (ESCAP, 2017).

# 04

## CASOS DE ESTUDIO RELACIONADOS

# 4. CASOS DE ESTUDIOS RELACIONADOS

## 4.1. Caso 1: San Francisco, CA. EEUU

Bandera de la ciudad de San Francisco



### DEFINICIÓN DEL CASO

Verisk Maplecroft (2019) ha medido la generación de residuos y reciclaje con el objetivo de ver cuántos residuos están produciendo los países y cómo lo enfrentan. Además el Índice de Generación de Residuos (WGI) que desarrollaron, percibe las tasas per cápita de producción de residuos sólidos urbanos, mostrando a Estados Unidos como uno de los mayores contribuyentes.

NRDC (2017) señala que la infraestructura de desechos sólidos de Estados Unidos se establece principalmente para los vertederos, donde su promedio de reciclaje y compostaje es bajo. Sin embargo, la ciudad de San Francisco ha alcanzado la tasa de desviación (desviación de los residuos desechados de los vertederos) más alta de cualquier ciudad de Norte América. Según Orange Silicon Valley (2017), se estima que los ciudadanos de San Francisco generan 600.000 toneladas de residuos cada año.

Así mismo, Zero Waste California (2017) indica que San Francisco hizo una ambiciosa promesa de llegar a “cero residuos” para el año 2020; acordando que todos los artículos desechados se deben abonar o reciclar, nada iría al vertedero.

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

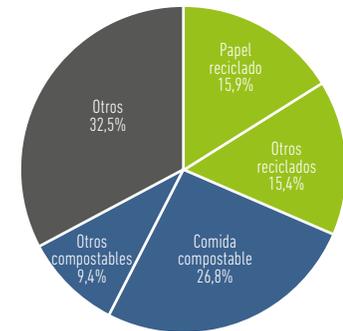
San Francisco está ubicado en el estado de California de Estados Unidos, según el último censo en el 2017 por el gobierno cuenta con un total de 837,442 habitantes.



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

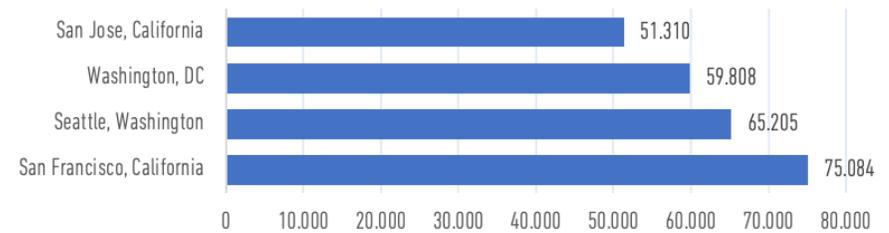
Zero Waste California (2017) indica que entre el 2008 y 2014 los residuos se han reducido en California al 39%. El Área de la Bahía (donde se incluye San Francisco) representó el 15% de todos los desechos de California en 2014 (4,63 millones de toneladas por año de un total aproximadamente de 30,8).

Esta institución muestra en el gráfico anterior que gran parte de los desechos sólidos son alimentos y materiales usados para empacarlos y distribuirlos al consumidor.



**Fig 03.** Materiales en San Francisco desechados en el Norte de California. Adaptada de Zero Waste California (2017)

Los Ingresos per cápita de San Francisco en el año 2017 fueron de \$ 64.597 USD (Statista, 2019).



**Fig 04.** Ingresos per cápita de las ciudades más pobladas de EEUU en el año 2017. Adaptado de (Statista, 2019)

La OECD (2020) señala que San Francisco para el año 2018 tuvo un PIB (a precios constantes y ppp constante, año base 2015) \$US 834.203 millones, y en el año 2017 de \$US 785176 millones. Y tuvo un PIB per cápita (precios constantes y ppp constante) de \$US 123979 en 2018.

WEB  
TW  
DIR

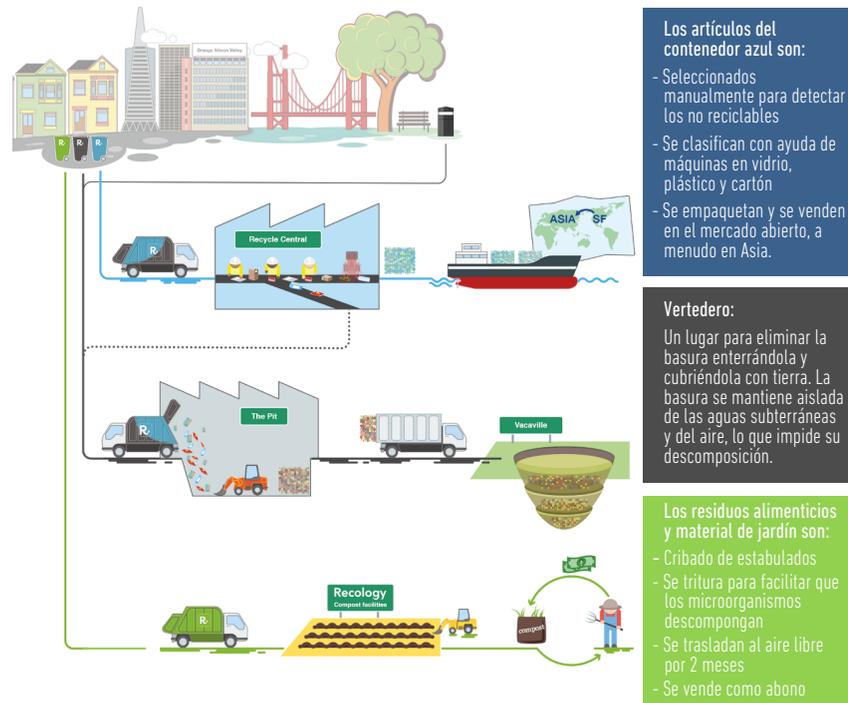


## 4.1. Caso 1: San Francisco, CA. EEUU

### ⚙️ CARACTERIZACIÓN (COMO SE GENERÓ, SE MANIFESTÓ Y SE ATENDIÓ)

Teniendo en cuenta que sólo representan el 4% de la población mundial, Verisk Maplecroft (2019) señala que Estados Unidos genera el 12% de los Desechos Sólidos Municipales (DSM) (773 kg por persona al año).

Por otro lado, el Departamento de Medio Ambiente de San Francisco (2010) indica que San Francisco cuenta con un programa llamado Zero Waste donde busca que los productos sean diseñados y utilizados de acuerdo con la jerarquía de reducción de residuos (reducir, reutilizar y luego reciclar), y sobretodo que no vaya a un vertedero o a la destrucción en altas temperaturas.



**Fig 05.** Ingresos per cápita de las ciudades más pobladas de EEUU en el año 2017. Adaptado de (Statista, 2019)

### 👤 ACTORES IMPLICADOS (DIRECTOS E INDIRECTOS Y SU DESCRIPCIÓN)

En San Francisco, los departamentos han estado obligados a comprar productos ecológicos aprobados por la Ordenanza de Compras Ambientalmente Preferibles de la Ciudad; el Departamento de Medio Ambiente de San Francisco revisa los ingredientes, el contenido reciclado, las calificaciones de los productos, entre otros. San Francisco ha proporcionado asistencia técnica directa a más de 2.000 empresas, instituciones comerciales y residentes en diferentes idiomas, para enseñar los objetivos y procedimientos del programa. Por último, la institución señala que cada evento que se celebre en San Francisco debe ofrecer reciclaje y compostaje.

El Departamento de Medio Ambiente de San Francisco (2019a) anunció la aprobación de una nueva ley para aumentar el cumplimiento de la ley de reciclaje y compostaje obligatoria (Código del Medio Ambiente, capítulo 19) donde se requiere que los Grandes Generadores de Residuos (quienes generan 40 yardas cúbicas o más de basura sin compactar por semana) tengan auditorías al menos cada 3 años para evaluar su cumplimiento con la ley.



## 4.1. Caso 1: San Francisco, CA. EEUU



### HERRAMIENTAS USADAS Y RESULTADOS DE LA OPORTUNIDAD

La ciudad de San Francisco cuenta con un programa llamado ZERO WASTE, éste logra el desvío de el 80% de los materiales desechados de los vertederos e incineradores según Frontier Group (2018), a través de una variedad de requisitos y programas tales como:

- Empresas y residentes manejan los 3 contenedores para residuos (azul para los reciclables, verde para los orgánicos y negro para otra basura).
- Pago de cuotas mensuales de los residentes por eliminación de residuos, y cuota extra si arrojan más de la cantidad en un mes determinado (“pagar por tirar”).
- Artículos de empaque y servicios de comida que se venden en la ciudad deben ser reciclables o compostables.
- Las bolsas de caja registradora deben ser reutilizables, reciclables o compostables, tienen un costo de 10 centavos.
- Los proyectos de construcción deben utilizar transportistas registrados en la ciudad que sigan los protocolos de reutilización de escombros.

La ciudad ha empleado diferentes tácticas que han ayudado al programa ser un éxito; Zero Waste se financia a través de las tasas que los residentes pagan para tirar sus residuos.

Por otro lado, Zero Waste Energy (ZWE) (2019) exhibió el diseño y desarrollo del proyecto Blue Line Biogenic CNG Facility el cual incluye una instalación de digestión anaeróbica llamada Tecnología Smartferm, la cual transforma 11.200 toneladas de alimentos y residuos verdes por año en gas natural comprimido biogénico; se trata sobre un sistema de digestión que procesa materias primas de desechos orgánicos y genera gas natural renovable. Éste inició operación en enero del 2015, brindando beneficios como:

- Reduce las emisiones de CO2.
- Alcanzar los objetivos de sostenibilidad de la AB 32 de California (Ley del Estado de California que combate el calentamiento global) con casi un 95% de desvío de residuos orgánicos a los vertederos.

Optimiza el procedimiento para la producción de compostaje.

Asimismo, San Francisco cuenta con otro programa llamado Fantastic Three, el cual busca que los ciudadanos clasifiquen la basura en 3 canecas: azul para reciclables, verde para compostables y negro para material de vertedero según Departamento de Medio Ambiente de San Francisco (2019b). En una entrevista realizada por CNBC (2018) al Departamento de Medio Ambiente de San Francisco en el 2018, se indicó el procedimiento de la caneca azul, el cual consiste en ser recolectado por el camión para ser trasladado al Centro de Reciclaje, allí se procesan de 40 a 45 toneladas por hora contando con un equipo de personas que trabajan junto con pantallas de alta tecnología, imanes y clasificadores ópticos para separar los materiales, para finalmente enviarlos a plantas de reciclaje tanto en el país como en el extranjero. La institución resalta que otra clave del éxito de San Francisco es su asociación con la empresa Recology.



Recology (2020) es una organización que implementa programas de reciclaje para recuperar material reciclable y reducir residuos en los vertederos, algunas de las tecnologías que usa son:

- Clasificación Óptica: Tecnología que clasifica automáticamente el plástico en 3 tipos con un sensor infrarrojo: duro, transparente y de color. El sensor detecta características como tamaño, forma y estructura, una vez identificado envía el plástico al contenedor correcto.
- Compostaje de Pila Estática con Aireación Negativa (ASP por sus siglas en inglés): se ubica el material orgánico sobre tuberías perforadas, para extraer el aire del compost. Esto facilita el control en los niveles de humedad, oxígeno y microbios.
- El gas de los vertederos se convierte en energía: Tecnología que extrae el gas metano generado por el vertedero, lo envía a una instalación de conversión de energía y obtiene como resultado electricidad para alimentar hogares y negocios cercanos.



WEB



TW



DIR



## 4.2. Caso 2: Delhi India



### DEFINICIÓN DEL CASO

Factores como el rápido crecimiento de la población y la urbanización no planificada en India han dado lugar a un aumento de volúmenes de los Desechos Sólidos Municipales (DSM) según ICRIER (2018), tanto así que se pronostica que dicho volumen aumente a 125 millones de toneladas en 2031.

Según Chintan Environmental Research and Action Group (2019) se consideró un estimado de 8.000 toneladas producidas en Delhi por día, dichas estimaciones se basan en la cantidad de residuos que se reciben en el vertedero lo cual no incluye los desechos que no se recogen (30%) y la que es tomada por el sector informal (entre el 20%-60%) para reciclar. Finalmente, el World Bank (2018a) señala que Delhi genera 3.062.350 toneladas de desechos sólidos municipales por año.



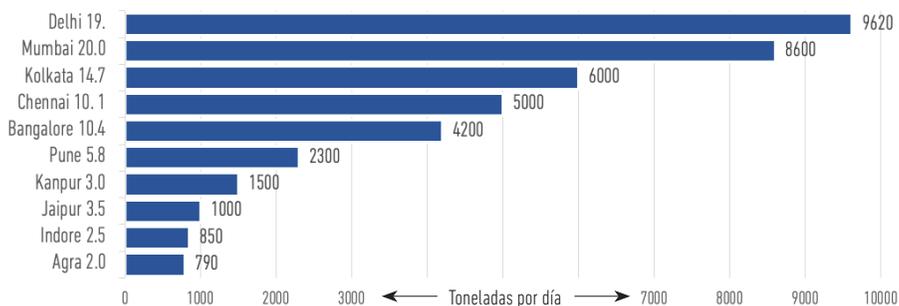
### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Delhi, capital de la India, la última población conocida fue 16,349,800 habitantes para el 2011. Asimismo, indican que si la tasa de crecimiento es la misma que en el periodo 2001-2011 (2,42% / año) para el 2020 la población sería 20,268,785.



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

CRIER (2019) señala en el gráfico anterior la cantidad de DSM generados en las ciudades de India para el 2016, siendo Delhi la más alta.



**Fig 06.** Ciudades generadoras de Desechos Sólidos Municipales en India 2016. Adaptada de ICRIER (2019)



Bandera de la ciudad de Delhi

**Tabla 06.** OGeneración de DSM en las principales ciudades de India entre 1999- 2016. Adaptada de University of Delhi (2019)

#	Ciudad	Población (2011)	Generación de residuos (TPD)			
			1999-2000	2004- 2005	2010-2011	2015-2016
1.	Mumbai (MH)	12,442,373	5355	5320	6500	11,000
2.	Delhi I	11,034,555	400	5922	6800	8700
3.	Bangalore (KRN)	8,443,675	200	1669	3700	3700
4.	Chennai (TN)	7,088,000	3124	3036	4500	5000
5.	Hyderabad (Tel)	6,731,790	1566	2187	4200	4000
6.	Kolkata (WB)	4,496,694	3692	2653	3670	4000
7.	Surat (GUJ)	4,467,797	900	1000	1200	1680
8.	Pune (MAH)	3,124,458	700	1175	1300	1600
9.	Kanpur (UP)	2,765,348	1200	1100	1600	1500
10.	Visakhapatnam (AP)	2,035,922	300	584	334	350

Investigadores de la Universidad de Delhi (2019) exponen en la tabla anterior la generación de residuos sólidos en las principales ciudades metropolitanas de India, donde Delhi cuenta con un aumento de 8.600 toneladas de residuos generados por día (TPD) entre 1999 a 2016. La institución también indica que uno de los principales motivos de este aumento de generación de residuos puede ser la alta migración de personas a estas ciudades por motivos de empleo, rápido desarrollo, mejor infraestructura, educación superior, entre otros.

El Gobierno de Delhi (2017) señala que entre las cinco autoridades municipales responsables de la gestión de residuos sólidos en la ciudad se estima un total de 2.67 kg/ cápita/día.



WEB



TW



DIR

## 4.2. Caso 2: Delhi India

### CARACTERIZACIÓN

Actualmente Delhi cuenta con 3 vertederos (Bhalswa, Gazipur y Okhla), La universidad de Virginia (2016) indica que en promedio 1000 toneladas de desechos se vierten y se distribuyen en cada uno de los vertederos.

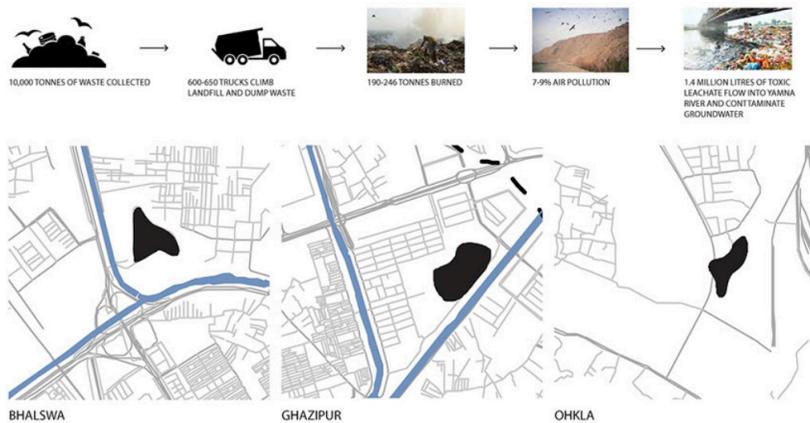


Fig 07. Ciclo diario del vertedero, Adaptado de Virginia University (2016)

En el gráfico anterior muestran el ciclo, donde los residuos son transportados montaña arriba y después son incinerados, generando el envío de contaminantes tóxicos de vuelta a la atmósfera y a la ciudad.

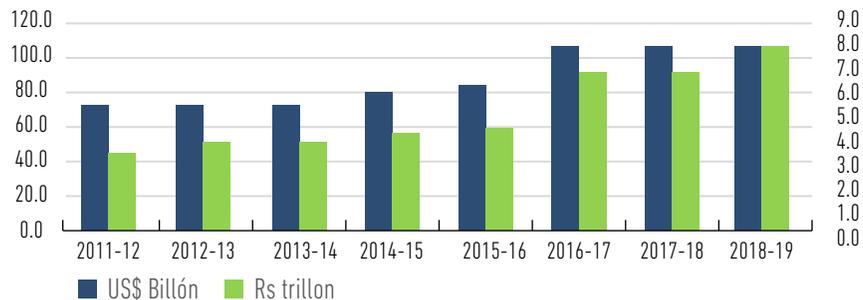


Fig 08. Producto Interno Bruto en billones de dólares. Adaptado de: IBEF (2020)

### ACTORES IMPLICADOS

Tanto en Delhi como en India los responsables de los residuos sólidos son los organismos locales urbanos y fabricantes según Chintan Environmental Research and Action Group (2019), sin embargo, indica de igual manera que los ciudadanos son los que tienen un mayor poder en la gestión de los desechos sólidos ya que son los que generan residuos como individuos, familias y empresas.

Chintan Environmental Research and Action Group (2019) señala que la Ley de la Corporación Municipal de Delhi y el Reglamento de Residuos Sólidos Municipales del 2016, hacen responsables a cada uno de los municipios de garantizar la gestión de residuos adecuadamente. Asimismo, el Gobierno de Delhi (2017) indica que la gestión de los DSM es responsabilidad de los órganos locales, y Delhi cuenta con cinco autoridades municipales encargadas de esta gestión: la Corporación Municipal de Delhi del Norte, Sur, Este, Consejo Municipal de Nueva Delhi y la Junta de Acantonamiento de Delhi.

### HERRAMIENTAS USADAS Y RESULTADOS DE LA OPORTUNIDAD

International Journal of Scientific & Engineering Research (2019) señala las siguientes técnicas usadas para la eliminación de residuos sólidos en Delhi:

- Incineración
- Tecnologías Pirólisis y Gasificación
- Vertederos
- Plantas de combustible derivado de residuos
- Compostaje
- Vermicompostaje (proceso ecológico, biotecnológico y bio-oxidativo que estabiliza los desechos sólidos con la ayuda de lombrices y microorganismos)

Por ejemplo, Global Methane (2018) habla sobre el proyecto Ghazipur Waste To Energy (WtE) que tiene como objetivo la gestión científica de los desechos sólidos urbanos para la generación de energía renovable. El proceso consiste desde la segregación manual, cribado mecánico, trituración, secado hasta la segregación final. Por otro lado, el Gobierno del Territorio de la Capital Nacional de Delhi (2019) señala que se han brindado nueve tromeles para la limpieza de los vertederos en Delhi. Esta maquinaria tiene la capacidad de tratar 300 toneladas de residuos diariamente y segregar los desechos, para beneficios como la biominería y biorremediación.



Planta de conversión de residuos en Ghazipur



### 4.3. Caso 3: Sao Paulo Brasil



Bandera del estado de Sao Paulo



#### DEFINICIÓN DEL CASO

Brasil se encuentra entre los primeros 5 países con mayor producción de residuos sólidos en el mundo, produciendo 78,4 millones de toneladas de DSM en el 2017 donde solo se recogieron 71,6, por tal motivo 6,9 se eliminaron en lugares desconocidos según MDPI (2018). Por otro lado, World Bank (2018b) indica que solo hasta el 2010 Brasil estableció la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS, por sus siglas en inglés NPSW) para todos los municipios del país para el 2014, determinando las responsabilidades y acciones de cada uno, sin embargo la optimización de la gestión de los residuos no se está produciendo y la PNRS continúa siendo un reto para el país.



Climate & Clean Air Coalition (2019) indica que en la ciudad de São Paulo los desechos son recolectados por empresas de eliminación de desechos y la mayoría se envía a los dos vertederos de la ciudad sin un debido proceso. La ciudad genera 12,000 toneladas de desechos sólidos por día, siendo 51% orgánicos y 30% material reciclables, sin embargo, la institución señala que no todos los residuos están separados. Por otro lado, World Bank (2018a) señala que Sao Paulo genera 4.700.000 toneladas de desechos sólidos municipales por año.



#### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

São Paulo es la ciudad más grande de Brasil y de Latinoamérica, se estimó una población de 12 millones de habitantes según World Population Review (2020).



#### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Climate & Clean Air Coalition (2019) indica que en la ciudad de São Paulo se producen 1.1 kilogramos de desechos cada día por personas. La institución señala de igual manera que casi el 60% de todos los residuos se enviaron a los vertederos en el 2017, y el 40% fue eliminado en lugares no controlados.



#### CARACTERIZACIÓN

Una investigación realizada por la Universidad de Columbia (2016) señala que la ciudad de São Paulo genera alrededor de 20.000 toneladas de residuos sólidos municipales por día, es decir 7.000 millones de toneladas por año aproximadamente (0,59 toneladas por cápita) donde los orgánicos corresponden al 50%, secos 35% y desechos 15%.

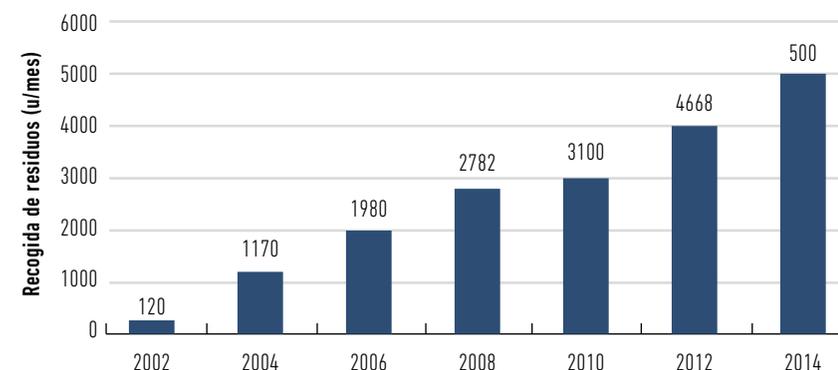


Fig 09. Recolección selectiva en la ciudad de Sao Paulo. Adaptado de Universidad de Columbia (2016)

Aunque de toda esta cantidad de residuos sólo el 3% es reciclado, la institución señala que de igual forma debe tenerse en cuenta que la recolección selectiva de residuos municipales es algo relativamente nuevo en Sao Paulo; sin embargo, en el gráfico anterior exponen que la recolección selectiva de residuos aumentó de 120 toneladas por mes a 5.000 toneladas por mes entre los años 2002 - 2014.

Por otro lado, La Fundación Ellen MacArthur (2019) indica que los residuos orgánicos representan la mitad del total de la generación de residuos sólidos municipales en São Paulo, señalan que los hogares de la ciudad de São Paulo generan aproximadamente 5,5 millones de toneladas de residuos sólidos municipales por año.

LA OECD (2020) señala que São Paulo para el año 2017 tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 21340, y un PIB en el 2016 (a precios constantes y ppp constante, con año base de 2015) \$US 1016730 millones.



 WEB  
 TW  
 DIR



### 4.3. Caso 3: Sao Paulo Brasil



#### ACTORES IMPLICADOS

La Revista Brasileña de Energías Renovables (2018) señala que los desechos sólidos municipales son producto de actividades comerciales, institucionales y residenciales.

Según Polzer & Persson (2016), la responsabilidad de la gestión de residuos sólidos está compartida entre varios agentes como la Autoridad Municipal de Limpieza Urbana (AMLURB), el Departamento Municipal de Medio Ambiente y Verde, entre otros. Asimismo, indican que los responsables de la generación de residuos son los hogares, la construcción y demolición, los ciudadanos, el área de la salud, y otros.



#### HERRAMIENTAS USADAS Y RESULTADOS DE LA OPORTUNIDAD

São Paulo desarrolló una red de instalaciones de compostaje para reducir las emisiones de los desechos orgánicos. Según ISWA (s.f.). El compostaje es un proceso de reciclaje de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas para transformar el carbono orgánico en materia orgánica estable mediante la emisión de CO<sub>2</sub>.

Según Climate & Clean Air Coalition (2019) el proyecto piloto de compostaje se encuentra en Lapa (distrito ubicado en el noroeste de la ciudad), tiene como objetivo aumentar la capacidad de la ciudad para extraer una sola corriente de desechos orgánicos y evitar los desechos sólidos mixtos. Asimismo, la institución resalta que desde el 2016 São Paulo ha establecido cuatro plantas adicionales de compostaje para tratar 1.520 toneladas de desechos orgánicos por mes.



#### 4.4. Caso 4: Suiza



##### DEFINICIÓN DEL CASO

Cada año los residuos sólidos urbanos en Suiza han estado en constante aumento, la Oficina Federal de Medio Ambiente (FOEN) (2018) indica que en general Suiza produce entre 80 a 90 millones de toneladas de residuos por año. La institución resalta que debido al alto nivel de vida que hay en Suiza existen uno de los mayores volúmenes de residuos sólidos municipales del mundo (716 kg de residuos por persona y año), sin embargo, cerca del 53% es reciclado.



##### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Suiza, situada en Europa occidental, tiene una superficie de 41.290 Km<sup>2</sup> y cuenta con una población de 8.544.527 personas.



##### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Para el 2007, según La Confederación Suiza (2011), se generaron 720 kg de residuos sólidos por persona, Por otro lado, EMPA (2016) expone que la cantidad total de residuos para el año 2014 en Suiza fue aproximadamente de unos 6 millones de toneladas, estimando en 729 kg de residuos municipales por persona al año.



##### ACTORES IMPLICADOS

Suiza cuenta con un 84% de residuos de construcción los cuales representan la mayor parte en el país, sólo el 7% son desechos sólidos municipales, sin embargo, son los que aumentan constantemente según La Oficina Federal de Medio Ambiente (2018). La institución señala que los actores implicados en los DSM son los hogares, edificios de oficinas, pequeñas empresas, jardines, y contenedores de basura públicos.



Bandera del estado de Suiza



##### CARACTERIZACIÓN

La Oficina Federal de Medio Ambiente (FOEN) (2018) indica que para el 2017 se generaron 6,1 millones de toneladas de desechos sólidos municipales comparado con 4.73 millones en el año 2000. Según la Universidad de Berna (2017), las fracciones de los desechos sólidos urbanos en Suiza son 13,5% papel, 11% plásticos y 12,8% otros bienes.

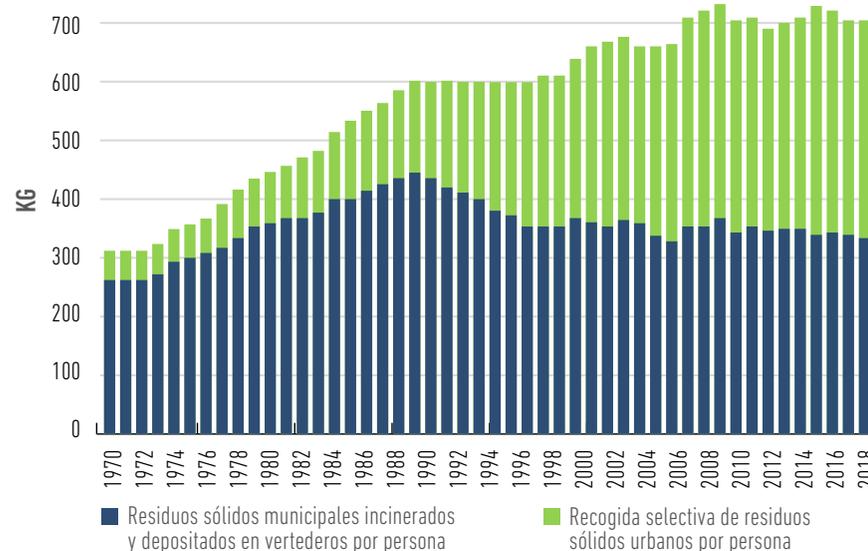


Fig 10. Cantidad de DSM per cápita entre 1970 y 2018. Adaptado de EMPA (2016)

En el gráfico anterior FOEN (2018) señala la cantidad de desechos sólidos municipales per cápita (kg) producida en Suiza desde 1970, donde los desechos recogidos por separado incluyen el abono orgánico, papel, cartón, vidrio, metales, entre otros. La OECD (2020) señala que Suiza para el año 2017 tuvo un PIB de (a precios constantes y ppp constante, con año base de 2015) \$US 548384 millones, y tuvo un PIB per cápita (a precios constantes y ppp constante) \$US 67139.

WEB  
TW  
DIR



4.4. Caso 4: Suiza

HERRAMIENTAS USADAS Y RESULTADOS DE LA OPORTUNIDAD

**NUESTRO FUTURO EMPIEZA HOY**

**RECICLAJE**

Los suizos son líderes mundiales



de vidrio



de acero



de latas



de botellas de PET



de baterías

134.000T de aparatos electrónicos

57.000T de textiles y zapatos

Se recogen 152 kg de papel usado por persona y año.



**0%**

El 0% de los residuos municipales se almacena en vertederos, el 53% se recicla y el 47% se convierte en energía en incineradoras.



**COMPOST**

Cada año se producen 1,3 millones de toneladas de residuos orgánicos; aproximadamente 300.000 toneladas son compostadas por particulares.



Así trata Suiza los residuos

WEB  
TW  
DIR

Por otro lado, Suiza cuenta con varias plantas de energía llamadas Energy from Waste Plant. Hitachi Zosen Inova (s.f.) señala por ejemplo la planta Tridel, ésta se encuentra ubicada en Lausanne y se convirtió en pionera en el tratamiento térmico de residuos en 1958 para luego en 2006 ser reemplazada por una instalación más grande y eficiente. La planta produce 82.000 MWh de energía eléctrica y 247.000 MWh de calor al año, suministrando electricidad a 18.000 hogares.

Además de esto, cuenta con innovaciones como realizar la entrega de los residuos a la planta por ferrocarril a través de un túnel ferroviario bajo la ciudad, y recoge 6.000 m3 de agua al año para usarla como un servicio y no tomar el servicio de la red pública.

Asimismo, Hitachi Zosen Inova (2019) resalta que para su especialización en el tratamiento térmico y biológico de residuos hacen uso de tecnologías como: la combustión, el vapor y la energía, la digestión anaeróbica y el tratamiento de gases de combustión.

Fig 11. Categorías de residuos y reciclaje. Adaptado de EDA (2018)

Suiza es conocida por sus eficientes procesos de reciclado y eliminación de desechos, La Confederación Suiza (2018) muestra en el gráfico anterior que este país tiene una de las tasas más altas del mundo de reciclado, por ejemplo en el 2015 los residentes reciclaron 93% vidrio, 91% latas de aluminio, 83% plástico y 67% pilas. La institución señala de igual forma que Suiza también recicla alrededor de 1,3 millones de toneladas de residuos orgánicos al año, donde 300.000 son convertidas en abono por los hogares.

La FOEN (2018) indica que en Suiza se aplica el principio de “quien contamina paga”, el cual consiste en quién crea los residuos también debe pagar por su eliminación, gracias a esto se generan aproximadamente 80 kg menos de residuos per cápita cada año. Asimismo, MDPI (2018) señala que la separación de los residuos se da desde la fuente ya que es responsabilidad de los ciudadanos separarlos según sus características para la recolección; además de esto, la población debe adquirir bolsas oficiales del municipio para desechar la basura correctamente, de no cumplir estas indicaciones el ciudadano puede llegar a ser multado por un valor muy alto.



## 4.5. Caso 5: Johannesburg Sudáfrica



### DEFINICIÓN DEL CASO

La gestión de los desechos sólidos municipales es uno de los principales problemas ambientales de los municipios en crecimiento de Sudáfrica. El Departamento de Asuntos Ambientales de la República de Sudáfrica (2012) indicó que en Sudáfrica generó 108 millones de toneladas de desechos aproximadamente para el 2011, sólo 98 toneladas fueron eliminadas en vertederos. Así mismo, el Departamento de Asuntos Ambientales de la República de Sudáfrica (2018) señala que en Sudáfrica la generación de desechos se da por factores como el crecimiento de la población y la urbanización.



Por otro lado, Pikitup (2018) señala que la ciudad de Johannesburg genera cerca de 6.000 toneladas de residuos por día y aproximadamente 1,4 millones de toneladas de desechos por año. Asimismo, World Bank (2018a) indica que Johannesburg genera 1.867.000 toneladas de desechos sólidos municipales por año.



### UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Johannesburgo es la ciudad más grande de Sudáfrica y capital de la provincia de Gauteng, para el 2019 contó con un total de 5,635,000 habitantes según Macrotrends (2020).



### ELEMENTOS SIMILARES A LOS DEFINIDOS EN LA OPORTUNIDAD

Johannesburgo ha experimentado en los últimos años un crecimiento alto de población, y por tanto tiene un reto mayor al crecimiento de desechos sólidos municipales según Rasmeni & Madyira (2019). Éste indica que en una encuesta de la comunidad realizada en el 2007 el 90% de los hogares reciben 1 recogida semanal de los residuos, mientras que un 2% lo recibe con menos frecuencia. Tsheleza, Ndhleve, Kabit, Musampa & Nakin (2019) señalan que Sudáfrica es el tercer lugar (en el África subsahariana) en cuanto a generación de desechos municipales per cápita con 2 kg por persona y día.



### CARACTERIZACIÓN

Según Rasmeni & Madyira (2019) la generación de residuos sólidos municipales de Johannesburg asciende a 1,492,000 toneladas por año (cifras estimadas de cantidades de eliminación registradas en los vertederos).

Kukoyi et al. (2017) indica que los cuatro principales vertederos en Johannesburg tienen una vida de menos de 16 años cada uno antes de que sea cerrado.

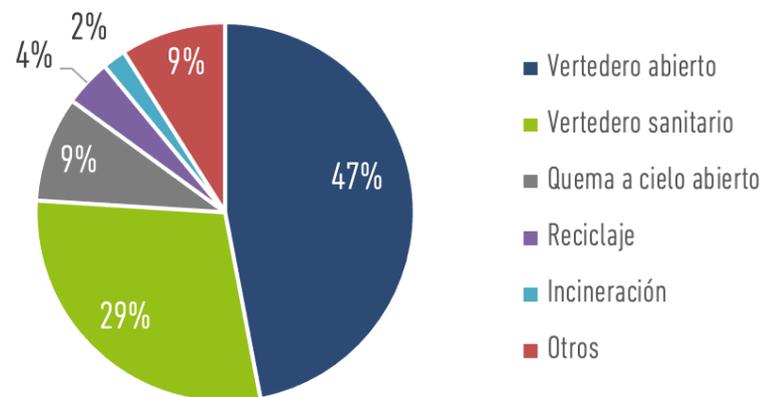


Fig 12. Métodos de eliminación de DSM en África

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2018) expone en la gráfica anterior que el vertido (controlado e incontrolado) es el tipo más común de eliminación de desechos sólidos en África ya que es el más económico.

En lo referente a la economía de África del Sur, según el Banco Mundial (2019) tiene un PIB corriente de US\$ 368289 billones en el año 2018.



Bandera de la ciudad de Johannesburg



WEB



TW



DIR



## 4.5. Caso 5: Johannesburg Sudáfrica



### ACTORES IMPLICADOS

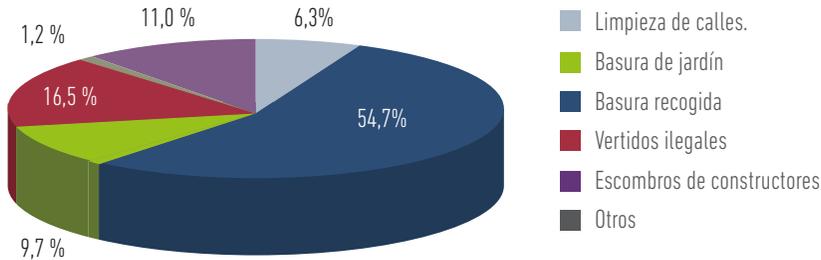


Fig 13. Composición de los desechos eliminados en Johannesburg

Rasmeni & Madyira (2019) señala en la gráfica anterior la recolección semanal de residuos donde los hogares contribuyen al mayor flujo de residuos con 54.7%, el 45,3% restante son la limpieza de las calles (6,3%), desechos de jardín (9,7%), escombros de construcciones (12,2%) y los desechos de los vertederos ilegales (16,5%).

Según Joburg (2011) la ciudad cuenta con cinco actores claves que participan en la gestión de desechos dentro de la ciudad: Departamento de Medio Ambiente, Departamento de Infraestructura y Servicios, Departamento de Policía Metropolitana de Johannesburgo, Pikitup Ltd y Salud ambiental.



### HERRAMIENTAS USADAS Y RESULTADOS DE LA OPORTUNIDAD

Según Joburg (2018) Pikitup es el proveedor oficial de servicios de gestión de residuos de la ciudad de Johannesburgo, ofrece servicio a 1 625 km<sup>2</sup> y es el encargado de recoger y eliminar 1,4 millones de toneladas de residuos domésticos. Cuenta con 11 depósitos de gestión de desechos, 4 vertederos y 1 incinerador como lo muestra Rasmeni & Madyira (2019) en la siguiente gráfica: (Ver gráfica contigua)

Este proyecto cuenta con dos objetivos principales: Cero residuos en los vertederos para 2022 y extraer el máximo reciclaje posible. Asimismo, el Informe anual de la ciudad, Joburg (2019) señala que entre Servicios de Medio Ambiente e Infraestructura y Pikitup se lograron desviar 209.040 toneladas frente a 1.447.514 toneladas generadas, lo que significa que se logró desviar 14,4% de desechos a vertederos.

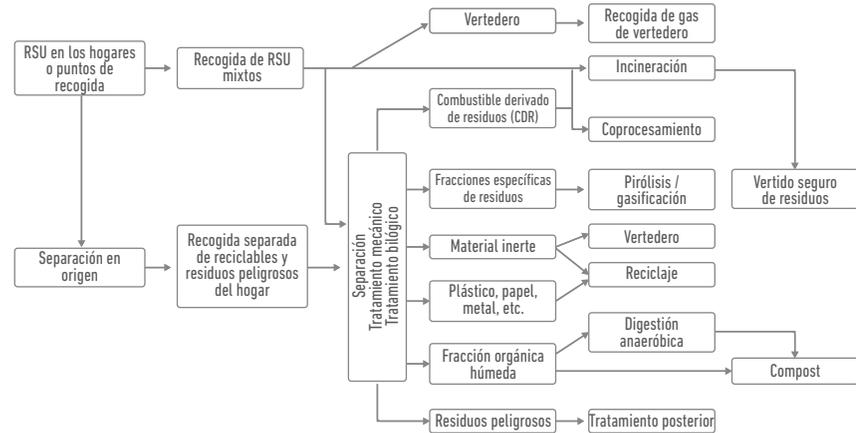


Fig 14. Infraestructura, flota y equipo disponibles de Pikitup

El reciente proyecto emprendido por la ciudad de Johannesburgo es la generación de energía a partir de la incineración de residuos. Kukoyi et al. (2017) indica que la ciudad estableció estructuras a través de su marco de gestión de residuos para reducir las emisiones de gases (efecto invernadero) fomentando el reciclaje y la recuperación de energía, donde los desechos se procesarán en un combustible verde llamado biogas para complementar el combustible y la electricidad. Según Joburg (2019) en el reporte anual se expuso que el departamento completó los trabajos de diseño de ingeniería para el proyecto biogas, donde el piloto se planea realizarse en el vertedero de Robinson.

Por otro lado, Pikitup (2018) indica que cuentan con las siguientes iniciativas para la minimización de los residuos en Johannesburgo:

- Separación en la fuente: Semanalmente a los residentes en áreas seleccionadas bolsas de reciclaje con el objetivo de clasificar residuos de los hogares y empresas.
- Residuos a gas: iniciativa para extraer gas de los desechos para producir electricidad como una fuente alternativa de energía.
- Servicios de residuos voluminosos: servicio para eliminar los residuos domésticos voluminosos una vez al mes.
- Centros de compra de reciclaje: proyecto para minimizar los residuos e incentivar el reciclaje, además de esto ofrece empleo y oportunidades.



## 4.8. Conclusiones sobre los casos

### 4.8.1. Casos de aplicación de la temática

 <b>SAN FRANCISCO</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Tecnología Smartferm</b> (Proyecto Blue Line Biogenic CNG Facility)	Digestión anaeróbica la cual transforma residuos verdes en gas natural comprimido biogénico. Reduce las emisiones de CO2 y optimiza el procedimiento para la producción de compostaje.
<b>Clasificación Óptica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación automática del plástico por medio de un sensor infrarrojo.</li> <li>Tuberías perforadas, para extraer el aire del compost.</li> <li>Tecnología que extrae el gas metano generado por el vertedero, lo envía a una instalación de conversión y se genera electricidad.</li> </ul>
<b>Compostaje de Pila Estática con Aireación Negativa</b>	
<b>El gas de los vertederos por energía</b>	
<b>(Proyecto Recology)</b>	

 <b>DELHI</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Incineración</b>	Gestión científica de desechos sólidos urbanos para la generación de energía renovable.
<b>Tecnologías Pirólisis y Gasificación</b>	Procesos endotérmicos para obtener gas combustible.
<b>Vertederos</b>	Área de tierra desocupada donde son eliminados los residuos.
<b>Plantas de combustible derivado de residuos</b>	Los desechos sólidos producen un combustible sólido y genera energía.
<b>Compostaje</b>	Proceso biológico aeróbico para obtener abono.
<b>Vermicompostaje</b>	Proceso ecológico, biotecnológico y bio-oxidativo que estabiliza los desechos sólidos con la ayuda de lombrices y microorganismos.

 <b>JOHANNESBURGO</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Residuos a gas</b>	Iniciativa para extraer gas de los desechos y producir electricidad.
<b>Servicios de residuos voluminosos</b>	Eliminación de los residuos domésticos voluminosos una vez al mes.
<b>Centros de compra de reciclaje</b>	Proyecto para minimizar los residuos e incentivar el reciclaje, ofrece empleo y oportunidades.

 <b>SUIZA</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Energy from Waste</b>	Tratamiento térmico de residuos, produce 82.000 MWh de energía eléctrica y 247.000 MWh de calor/año.
<b>Principio "Polluter pays"</b>	Programa donde los ciudadanos compran bolsas del municipio para separar debidamente los residuos y controlar la cantidad de basura que generan.

 <b>SÃO PAULO</b>	
Tecnología	Beneficio
<b>Instalaciones de compostaje</b>	Proceso de reciclaje de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas para transformar el carbono orgánico en materia orgánica estable, reduce las emisiones de los desechos orgánicos.

## 4.6.2. Actores principales

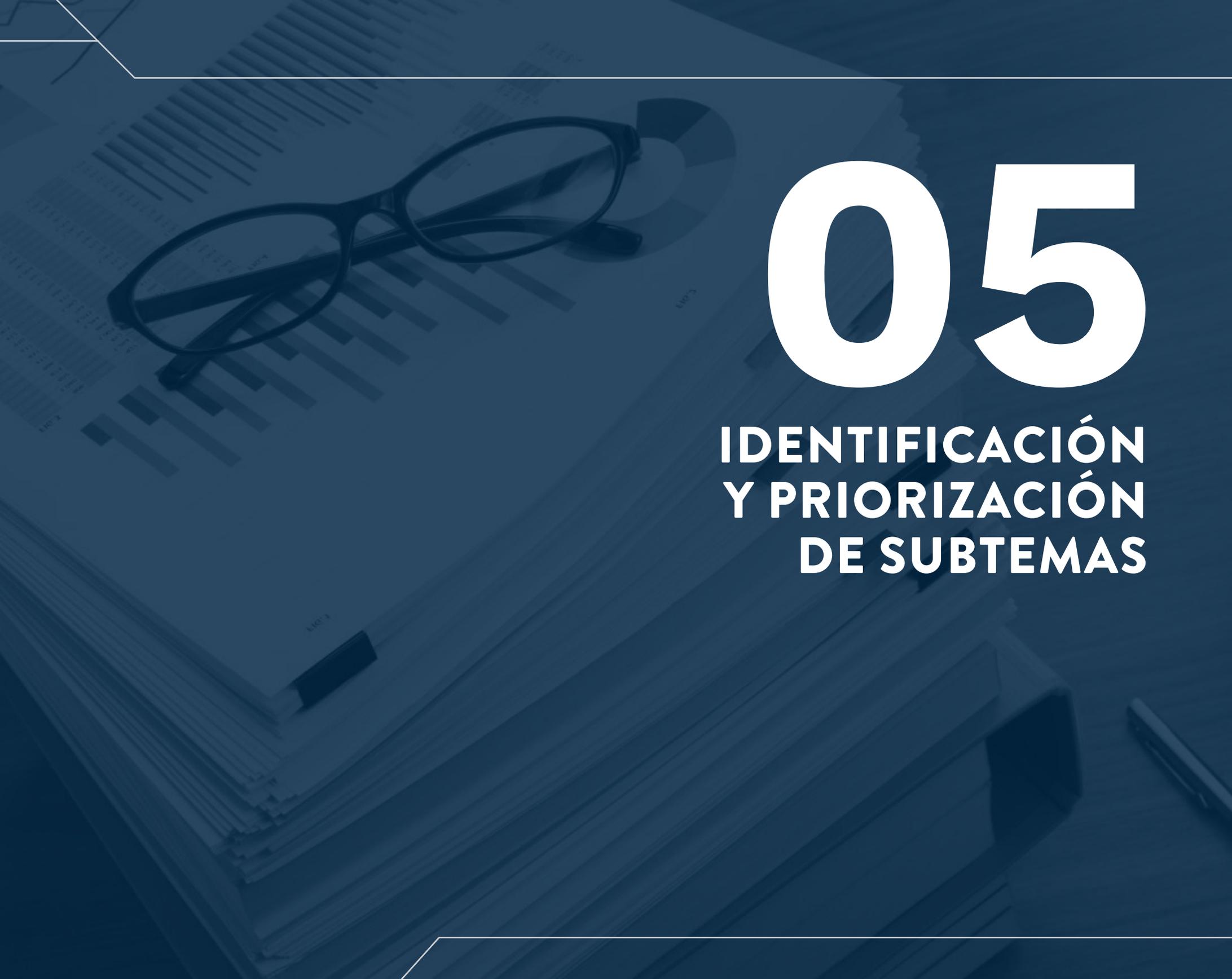
 <b>SAN FRANCISCO</b>	
Tecnología	Beneficio
Residentes	Gran parte de los residuos generados en San Francisco son generados por los hogares, empresas e instituciones. Más del 70% de los residuos son generados por estos actores.
Consumidores	Tienden a subestimar cuánto desperdician personalmente y qué poco reciclan o compostan.
Estado	SF Environment: el Departamento del Medio Ambiente de San Francisco (SF Environment) crea políticas visionarias y programas innovadores que promueven la equidad social, protegen la salud humana y lideran el camino hacia un futuro sostenible.
Empresa	Recology: organización que implementa programas de reciclaje para recuperar material reciclable y reducir residuos en los vertederos

 <b>DELHI</b>	
Tecnología	Beneficio
Empresas y fabricantes	Tanto en Delhi como en India éstos son los principales responsables de los residuos sólidos
Ciudadanos	Tienen un mayor poder en la gestión de los desechos sólidos pues generan residuos como individuos y familias.
Estado	Ley de la Corporación Municipal de Delhi y el Reglamento de Residuos Sólidos Municipales: hace responsables a cada uno de los municipios de garantizar la gestión de residuos adecuadamente.

 <b>SUIZA</b>	
Tecnología	Beneficio
Sector Construcción	Representan un 84% de residuos (la mayor parte en el país)
Residentes	Tanto los residentes como oficinas, jardines y contenedores de basura públicos son actores implicados en los desechos sólidos municipales de Suiza.
Estado	Federal Office for the Environment (FOEN): la Oficina Federal de Medio Ambiente es la agencia ambiental suiza, responsable de los asuntos del medio ambiente.

 <b>JOHANNESBURGO</b>	
Tecnología	Beneficio
Hogares	Contribuyen al mayor flujo de residuos con 54.7%
Órganos municipales	Son los actores claves en la gestión de desechos dentro de la ciudad: Departamento de Medio Ambiente, Departamento de Infraestructura y Servicios, Departamento de Policía Metropolitana de Johannesburgo, Pikitup Ltd y Salud ambiental.

 <b>SÃO PAULO</b>	
Tecnología	Beneficio
Residentes	Los desechos sólidos municipales son producto en gran parte de estos actores.
Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Autoridad Municipal de Limpieza Urbana (AMLURB): la responsabilidad de la gestión de residuos sólidos está compartida entre estos agentes.</li> <li>El Departamento Municipal de Medio Ambiente y Verde: la responsabilidad de la gestión de residuos sólidos está compartida entre estos agentes</li> </ul>



# 05

## IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SUBTEMAS

## 5. IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE SUBTEMAS

Una vez identificados los elementos constitutivos de las áreas de oportunidad, así como los casos de estudio y redes utilizadas para generarlos, se condensó la información en un grupo de subtemas, fases o componentes de la oportunidad.

De esta forma, partiendo de estos resultados, se consultó con expertos locales en la temática para profundizar en cuáles podrían ser aquellas tecnologías más prometedoras teniendo en cuenta las ventajas que puede ofrecer su implementación además de las condiciones locales. De esta forma, se seleccionaron 2 tecnologías a profundizar, de las que se presentará más información en el presente capítulo.

En este sentido, y como resultado del taller realizado con expertos, se seleccionaron las tecnologías End of Pipe y Movilidad eléctrica, como aquellas que tienen mayor potencial de influir o generar resultados positivos para la ciudad en el marco de la problemática desencadenante.

Para cada una de las tecnologías, se presentará una definición y relación con la problemática desencadenante, además de profundizar en su estado actual en cuanto a I+D+i y habilidades relacionadas, esto desde el punto de vista de un análisis de producción científica relacionadas con publicaciones (cubriendo el componente Investigación), análisis de desarrollo tecnológico asociado con Patentes (cubriendo el componente Desarrollo), una revisión de la dinámica empresarial en cuanto a creación y financiación de empresas con énfasis en la temática (cubriendo el componente Innovación) y, por último, una revisión de las habilidades asociadas con la temática desde el punto de vista de capacidades requeridas (duras y blandas), por las empresas, para la contratación de personal.

Es así como en los siguientes subcapítulos se puede encontrar la información de profundización de las temáticas seleccionadas.



### 5.1. Temática: Economía Circular

#### 5.1.1. Definición del tema

Convertir las ciudades en lugares sostenibles significa repensar cada elemento de la vida urbana, lo cual incluye dejar atrás prácticas como los vertederos, la incineración al aire libre, y recursos en degeneración. Por lo tanto, es necesario buscar y aprovechar soluciones que logren garantizar que los productos se mantengan en circulación para minimizar la pérdida de recursos y evitar el desperdicio. La Economía Circular (EC) tiene como objetivo remodelar el uso de los recursos desacoplando el crecimiento de la extracción de material (WEF, 2018). En este caso son relevantes Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que como conjunto de objetivos y metas destinadas a resolver los problemas sociales, económicos y ambientales que aquejan al mundo, cubren el periodo entre 2015 y 2030, éstos fueron diseñados por las Naciones Unidas y pretenden ser un marco de referencia para los países y ciudades del mundo. A pesar de que uno de los principales indicadores de estas metas es la reducción en la generación de residuos, en Medellín esta tendencia ha venido creciendo hasta el punto de alcanzar el 2017 la cifra de 0,71 kg diarios de residuos sólidos por habitante, aumentando en un 2,3% (0,03 kg) el registrado en 2016.

La EC, no solo se considera una pieza importante del rompecabezas para abordar el desafío de los recursos, sino que existe una creciente conciencia de que también podría contribuir a los objetivos de un país al reducir el nivel general de emisiones de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, el desperdicio de materiales mediante el establecimiento de una infraestructura adecuada de gestión de residuos y reciclaje ayudará a reducir la basura ambiental, lo que traerá múltiples beneficios (Accenture, 2020).

La siguiente gráfica muestra cómo la EC logra ser un modelo económico alternativo que implica desacoplar la actividad económica del consumo de recursos finitos. Éste, se inspira en el ciclo biológico de la naturaleza y crea un ciclo cerrado de materiales y energía en los que los desechos son un problema porque se consideran pérdidas de valor (PWC, 2019).

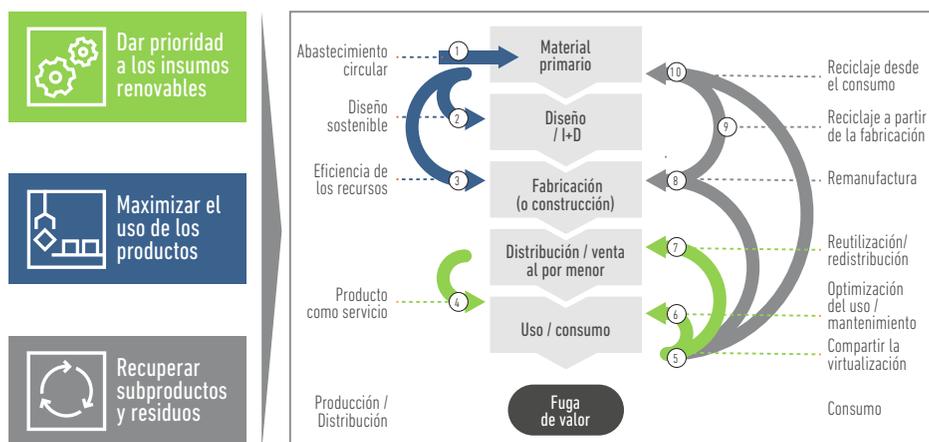


Fig 15. Principios y estrategias del concepto de economía circular. Adaptado de PWC (2019).

Cabe señalar, la importancia de las tecnologías de la cuarta revolución como Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas, Impresión 3D, Robótica, Blockchain, Realidad virtual, entre otros ya que logran tener distintas iniciativas asociadas a la economía circular, como se muestra en la

siguiente gráfica, la cual tiene como iniciativas principales de economía circular: el priorizar insumos renovables, maximizar el uso de los productos y recuperar por productos y residuos (PWC, 2019). La consultora PWC explica la importancia de dichas tecnologías en la gráfica anterior en el siguiente orden: Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas, Fabricación Aditiva/Impresión 3D, Robótica, Blockchain, Drones, Realidad virtual y Realidad Aumentada. Por ejemplo, la consultora indica que la Inteligencia Artificial (IA) tiene el mayor potencial para apoyar la economía circular ya que puede aumentar la productividad (factor esencial para la EC), y logra ayudar a que los sistemas sean más eficientes pues se logra optimizar el uso de recursos como la energía o el agua.

Tabla 07. Ocho tecnologías esenciales que pueden ayudar a implementar las diez estrategias circulares. Adaptado de PWC (2019).

Iniciativas de CE		IA	IoT	Impresión 3D	Robótica	Blockchain	Drones	RV	RA
Priorizar fuentes renovables	Fuentes circulares	✓				✓			
	Diseño sostenible	✓		✓				✓	
	Recursos eficientes	✓		✓	✓	✓	✓		
Maximizar el uso de productos	Producto como servicio		✓						
	Compartir/ visualizar		✓					✓	✓
	Optimización de uso / Mantenimiento		✓	✓				✓	✓
	Reuso / Redistribución	✓							
Recuperar subproductos y desechos	Remanufactura	✓	✓	✓	✓	✓			
	Simbiosis industrial								
	Reciclado desde la manufactura					✓			
	Reciclado desde el consumo	✓	✓		✓	✓			

En el caso del componente de priorizar insumos renovables, son importantes las tecnologías asociadas a la inteligencia artificial, en este caso son importantes las tecnologías aditivas e impresión 3D y Blockchain; y el componente más intensivo en las tecnologías mencionadas es la eficiencia de los recursos. Luego, respecto a la maximización del uso de los productos, es importante internet de las cosas, realidad virtual y realidad aumentada, y el subcomponente con mayor uso de las tecnologías es optimización del uso y mantenimiento. Por último, en cuanto a la recuperación es importante la tecnología Blockchain.

Dentro de los esfuerzos asociados al cuidado del medio ambiente, el manejo de los desechos y en general, a la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos, se han realizado distintas investigaciones y han estado involucrados una gran variedad de autores. Según el WEF (2018) los fundamentos del concepto de Economía Circular, se han derivado de varios conceptos teóricos, y no se atribuyen directamente a un solo trabajo o autor. Entre tales conceptos, algunos relevantes son: Ecodiseño, Economía de rendimiento, Sostenibilidad, entre otros:

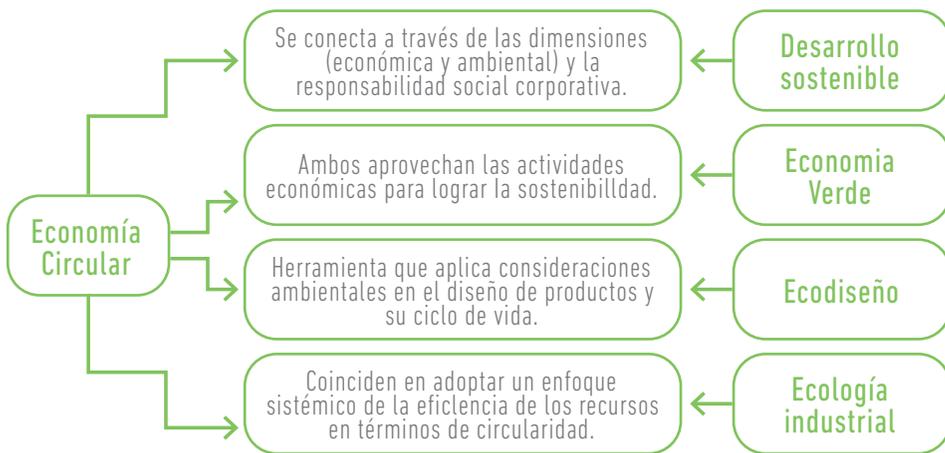


Fig 16. Figura Conceptos relevantes a la economía circular y su asociación con la misma. Adaptado de WEF (2018)

### a. ¿Qué está pasando en el mundo respecto a la temática?

La Economía Circular (EC) para el manejo de residuos sólidos se presenta como una alternativa al actual modelo de producción y consumo, alejándose del modelo económico tradicional de “extraer, producir y desechar” a uno que sea regenerativo por diseño, como lo muestra la siguiente gráfica; de esta forma, un enfoque preventivo es clave para maximizar la recirculación de productos y materiales (Universidad Central del Ecuador, 2018):

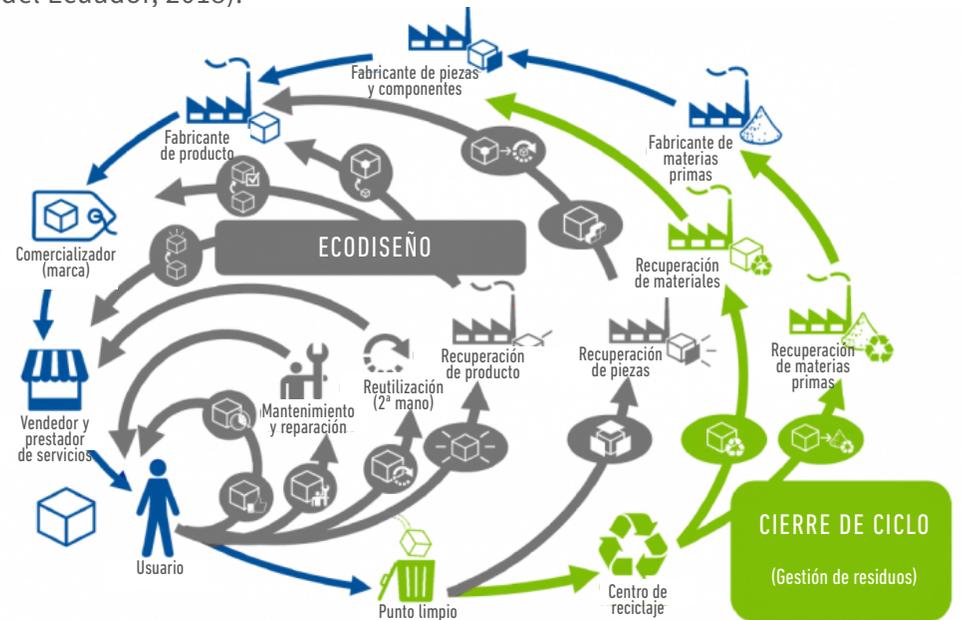


Fig 17. La economía circular y la gestión de residuos. Adaptado de UN Environment (2017).

En esta gráfica se muestra un enfoque preventivo para el manejo de los residuos en el que se maximice la recirculación de productos y materiales, es importante ver las relación entre la gestión de los desechos y el ecodiseño, ya que se va más allá del reciclaje o reutilización, donde las acciones son de los usuarios finales o empresas intermediarias, y se habla de un pensamiento desde la cadena de suministro.

Asimismo, es importante resaltar que la EC permite brindar un enfoque al inicio del ciclo de los productos, ya que, aunque abarca todo el proceso (desde la extracción de materia prima para la fabricación de productos hasta la gestión de residuos), uno de sus objetivos es detener la generación de basura desde la manufacturación.

La Economía Circular pretende conseguir que tanto los productos, componentes y recursos mantengan su utilidad y valor en todo momento, es decir, residuos cero. La siguiente grafica indica cómo se puede mitigar las externalidades negativas para el medio ambiente, el clima y la salud humana con el uso de la Economía Circular; se trata de reescribir la idea RRR (reducir, reutilizar y reciclar) entendiendo todos los participantes en el proceso (Universidad Central del Ecuador, 2018).

Por su parte, ONU Medio Ambiente (2019) indica que es necesario acelerar la transición hacia una economía circular para la gestión de residuos sólidos, ya que se estiman bajas tasas de reciclaje (entre 1-20%), los residuos sólidos se destinan a disposición final (aproximadamente el 90%), y predomina el reciclaje informal.

Por otro lado, referente a los desechos presentados por niveles de ingresos, se destacan los desechos orgánicos como los más altos para los cuatro rangos definidos, especialmente para las personas con ingresos bajos, donde componen hasta el 75% de su producción, mientras que para el ingreso alto solo corresponde al 36%, en la sección de ingreso alto y medio alto se destacan los residuos de papel, en medio bajo y bajo se encuentran los clasificados como otros.

### ESQUEMA DE UNA ECONOMÍA CIRCULAR

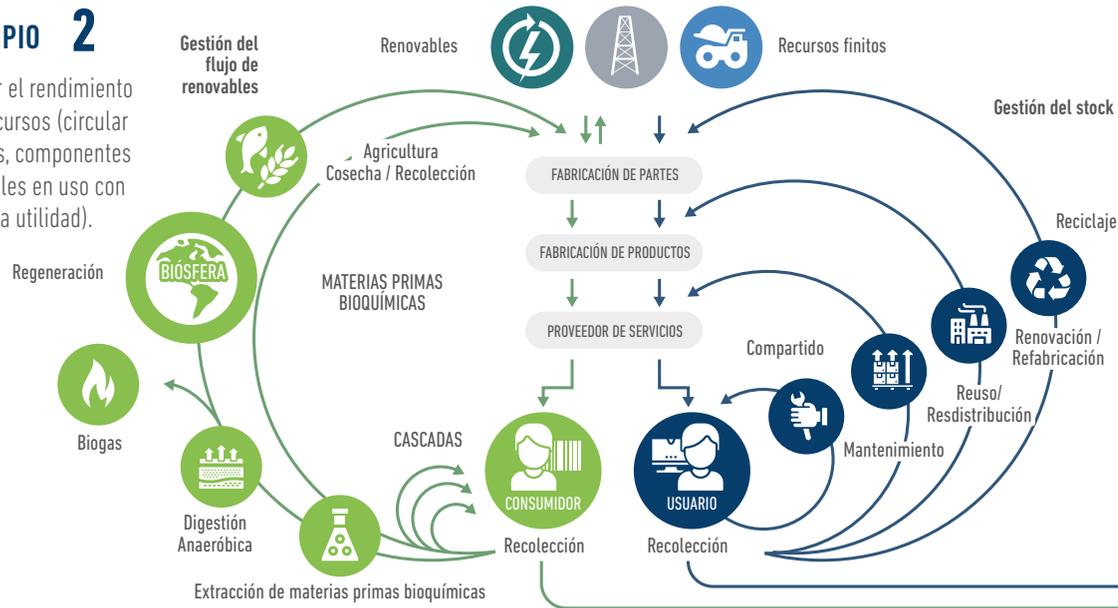
#### PRINCIPIO 1

Preservar y mejorar el capital natural (controlando existencias y equilibrando los flujos de recursos renovables).



#### PRINCIPIO 2

Optimizar el rendimiento de los recursos (circular productos, componentes y materiales en uso con la máxima utilidad).



#### PRINCIPIO 3

Fomentar la eficiencia del sistema mediante la revelación y el descarte de las externalidades negativas.



Fig 18. Esquema de la Economía Circular. Adaptado de la Universidad Central del Ecuador (2018).

Es importante resaltar que, entre más alto es el nivel de ingreso menos residuos orgánicos se desechan, teniendo un comportamiento inverso para el papel, plásticos y vidrio.

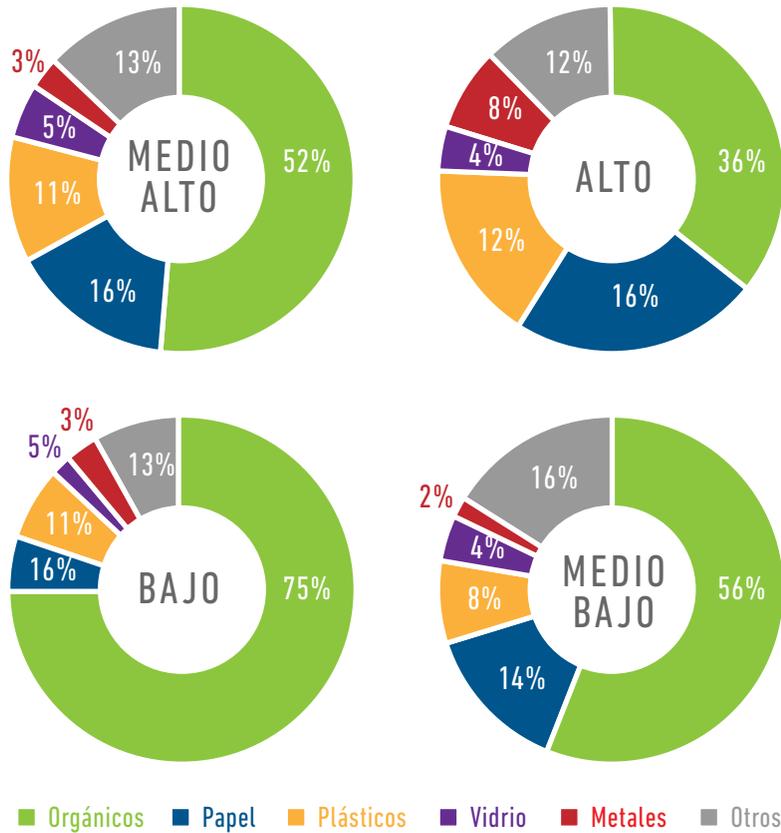


Fig 19. Proporción de tipos de residuos en cada nivel de ingreso. Adaptado de ONU Medio Ambiente (2019).

Asimismo, es importante reconocer el modelo de prestación de servicios de recolección y transporte de basuras que se tiene en el lugar, lo cual puede llegar a ser información importante para las empresas ya que se abriría una oportunidad de conexiones o nuevos mercados que sean parecidos al propio.

En latinoamérica, se evidencian diferentes modalidades de recolección de basura, generalmente es un servicio prestado por la municipalidad o contrato de servicios y cuentan con equipos muy variados (ver siguiente gráfica).



Fig 20. Modelo de prestación de servicios de recolección y transporte de residuos en latinoamérica. Adaptado de ONU Medio Ambiente (2019)

En países como Colombia, Chile y Belice la modalidad de recolección de basura es prestada principalmente por contratos de servicios, aunque no es la única modalidad, mientras que en países más grandes como Brasil y Argentina cuenta con un servicio mixto (municipal directo y contrato). Sin embargo, la modalidad más usada es el servicio municipal directo, este se presenta en México, Venezuela, Perú, Ecuador, Uruguay, Honduras, entre otros (ONU Medio Ambiente, 2019)

En América Latina la EC tiene un gran potencial para impulsar la sostenibilidad de las ciudades, sin embargo, pocas urbes se han unido hasta el momento a esta tendencia. A pesar de esto, existen algunas ciudades que están implementando principios de EC para promover un crecimiento inclusivo y sostenible, como por ejemplo Belo Horizonte (Brasil) cuyo programa de Centros de Reacondicionamiento de Computadores (CRC por sus siglas en inglés), donde los ciudadanos de comunidades de bajos ingresos reciben una amplia capacitación para restaurar el equipo informático donado después de su uso y lo ponen en condiciones de funcionamiento (BID, 2020). Asimismo, Plastech y otras compañías de reciclaje de plástico en Panamá y Honduras combinaron su proceso con la energía solar para aumentar su capacidad de transformación de desechos en un contexto de altos costos de energía. ADELCA en Ecuador, es una empresa siderúrgica que aumentó la vida útil de la chatarra al usarla como materia prima y logró reducir las importaciones de acero del país (BID, 2019).

A nivel mundial, diferentes países ya han comenzado a implementar la Economía Circular en sus sistemas. China, en el 2014 generó 3.200 millones de toneladas de desechos sólidos industriales, de los cuales sólo 2.000 millones de toneladas se recuperaron mediante el reciclaje, el compostaje, la incineración o la reutilización; este país ha sabido hacer frente a esta problemática, y dispone de marcos legislativos centrados en la Economía Circular.



Por otro lado, está el caso de Japón, que ha desarrollado una ley marco que rige todas las acciones relacionadas con la Economía Circular. Éste país, desarrolló un paquete legislativo el cual incluye: jerarquía de residuos, responsabilidad de los interesados, promoción de las 3Rs, gestión de residuos, eficiencia energética (biomasa), programa de intercambio de desechos para el reciclaje, entre otros. Alemania en cambio, cuenta con planes integrales para el reciclaje a través de la Ley de gestión de residuos y el ciclo de sustancias cerradas. Éste país con el término de Ecología Territorial logró promover el uso de la Economía Circular e influenciar el medio académico a través de publicaciones en revistas académicas (Universidad Central del Ecuador, 2018).

Asimismo, otras ciudades se encuentran enfocadas en promover la circulación de materiales de desecho para su reuso y transformación. Austin, en 2014 creó la plataforma digital Austin Materials Marketplace donde facilita las transacciones entre empresas con materiales de desecho y podrían utilizar dichos materiales como insumos en sus procesos productivos. Milán, con su marco Política de Alimentos 2015-2020 colecta de manera periódica desechos orgánicos de hogares, escuelas y establecimientos comerciales, y los transporta a una planta de biodigestión para que éstos sean transformados en fertilizantes para la agricultura y biogás (BID, 2020).

Finalmente, es importante señalar la aplicación de la EC en distintos sectores, en este caso se toma en cuenta el acercamiento de la UNECE que conecta objetivos relevantes, procesos circulares y ejemplos de sectores, para dimensionar de una forma general la aplicabilidad de la economía circular:

**Tabla 08.** Aplicación de procesos de economía circular en diferentes sectores. Adaptado de CEPS (2019)

	Proceso circular	Ejemplos de sectores donde se pueden aplicar procesos circulares
Uso de menos recursos primarios	Reciclaje	Industria del automóvil. Industria textil, sector de la construcción, sector del embalaje, materias primas críticas. Sector forestal, Industria química
	Uso eficiente de recursos	Sector de la construcción. Industria del plástico. Industria minera y metalúrgica. Sector alimentario
	Utilización de fuentes de energía renovables	Industria química. Industria alimentaria, Sector forestal, Industria de defensa
Mantener el máximo valor de los materiales y productos	Remanufactura, reacondicionamiento y reutilización de productos y componentes	Industria del automóvil. Fabricación de electrónica de consumo, sector de la construcción, sector del mueble, industria de defensa
	Extensión de la vida del producto	Industria del automóvil. Industria electrónica, Electrodomésticos, Industria alimentaria. Industria textil, Industria de defensa
Cambiar los patrones de utilización	Producto como servicio	Fabricación de electrónica de consumo. Electrodomésticos. Transporte, sector de la construcción, industria del automóvil
	Compartir modelos	Industria del automóvil. Transporte, Alojamiento, Ropa
	Cambio en los patrones de consumo	Sector alimentario, Sector editorial, Sector comercio electrónico

El actual modelo de producción y gestión de recursos, bienes y servicios que busca potenciar un consumo a corto plazo está llevando al planeta a una situación insostenible, dado esto, La Economía Circular (EC) se antepone a los preceptos de este modelo y se logra entender como un modelo de negocio basado en el reciclaje, la reutilización y en un uso más eficiente de los recursos naturales.

La Economía Circular se puede presentar como una oportunidad para un futuro inclusivo e inteligente si se habla de recursos, es una herramienta que trasciende a un cambio transformador y ayuda a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Es importante señalar que ésta también permitiría ayudar a las empresas a impulsar la innovación y la productividad, reducir los costos operativos y la dependencia de los recursos naturales, mitigar los riesgos climáticos en sus operaciones y cadena de suministro, crear ingresos adicionales a partir de productos / servicios existentes, abordar las demandas de los consumidores de prácticas de producción responsables y crear oportunidades de trabajo (BID, 2019).

Asimismo, la EC supone una mejora común tanto para las empresas como para los consumidores. Por ejemplo, las organizaciones que han puesto en práctica este modelo económico están comprobando que reutilizar los recursos resulta mucho más rentable que crearlos desde cero.

Finalmente, para lograr desbloquear el verdadero valor de la economía circular, es indispensable una colaboración entre diversos actores a lo largo de la cadena de valor, así como también los gobiernos pues éstos habilitan e incentivan los sistemas circulares con el entorno regulatorio adecuado.

## b. ¿Cuáles son los actores principales relacionados?

Los actores involucrados en la gestión de residuos sólidos van más allá de las empresas y el medio ambiente, ya que trasciende a los stakeholders (productores, minoristas, asociaciones comerciales, consumidores, recicladores, municipios o regiones y las autoridades nacionales) que un sector pueda tener (Universidad del Rosario, 2019):



**Consumidores:** son todas las personas de la sociedad que consumen (residentes del lugar). Su participación en la gestión de residuos sólidos y el uso de la economía circular se da cuando hacen la debida selección de residuos y reciclaje; asimismo, cuando optan por productos y marcas que no apliquen al consumo lineal.



**Productores:** Empresas de cualquier industria y tamaño; cambiando su modelo lineal al circular en toda su cadena de suministro y aceptando e incorporando el uso de los insumos provenientes del reciclaje aportan a la gestión de residuos y el uso de la EC.



**Agentes sociales:** Grupos, asociaciones, agremiaciones, entre otros que velan por el bienestar común exigiendo el cumplimiento de las regulaciones brindadas por el gobierno. Juegan un papel importante para socializar los acuerdos en cuanto a las decisiones que toman los demás actores.



**Autoridades locales y nacionales:** El gobierno implementa los lineamientos (legales, laborales y medioambientales) con los que las empresas deben cumplir. Al tratar de realizar una buena gestión de residuos por medio de la economía circular pueden motivar o desanimar a los productores de incorporar nuevos modelos de producción ya que depende de los beneficios que se ofrezcan (por ejemplo, reducción de impuestos por cuota mínima de reutilización y reciclaje de insumos).



**Empresas recicladoras:** intermediario entre la recolección de residuos en los hogares hasta los productores específicos que lo requieran. Éstos son los que hacen que valga la pena la labor del reciclaje en los hogares, para así disminuir los costos para los productores.



**Recicladores:** personas (independientes o afiliadas) que trabajan en las calles recolectando los residuos que sirven para la reprocesamiento. Estos actores son clave para efectuar el proceso del modelo circular de forma más efectiva.

### Ejemplos

- **SFEnvironment (San Francisco):** Con el programa Zero Waste los productos son diseñados y utilizados de acuerdo con la jerarquía de reducción de desperdicios (prevenir los desechos, reducir y reutilizar primero, y luego reciclar y compostar), además del principio del uso más alto, de modo que ningún material vaya a vertederos o destrucción a altas.
- **Consejo Municipal de Nueva Delhi (SDMC):** entre Indian Oi, NTPC Ltd y SDMC se asociaron para desarrollar una planta de demostración de conversión de residuos en energía en el vertedero Okhla (Delhi). La Misión Económica Circular en la India tendrá como objetivos: promover una economía circular, la innovación y el crecimiento sostenible, ayudar a las empresas ecológicas, y promover las asociaciones (IndiaCSR. 2020).
- **Retalhar (São Paulo, Brasil):** esta compañía se especializa en la logística inversa de los uniformes corporativos usados para renovarlos o reutilizarlos en nuevos productos (Social Circular Economy, 2018).

- **Circular Economy Switzerland (CES):** esta red actúa como un catalizador para un movimiento de economía circular a nivel suizo con varios proyectos y eventos. CES es una plataforma de coordinación e intercambio a nuevas iniciativas en el campo de la EC (CES, s.f.).
- **Zero Waste Switzerland:** asociación sin fines de lucro reconocida por el gobierno suizo. A través de sus actividades y sus miembros, inspira y apoya a la población, las empresas y las instituciones
- **Corporación Municipal de Delhi:** debido a los escombros de la construcción que se presenta y los daños que estos generan en las carreteras, los humedales y las tierras verdes, se estableció una instalación piloto para demostrar el potencial del almacenamiento, la recogida, el transporte y el procesamiento/reciclaje de los desechos de construcción y demolición gestionados científicamente. Para hacer eso posible se establecieron ciertos puntos donde se agregan los desechos de los generadores de residuos y son transportados a la instalación de reciclaje, para ser transformados en nuevos materiales (Arora et al 2018).
- **Organización Africana de Reclamadores (ARO), Unilever South Africa y la Universidad de Witwatersrand (Wits) (Johannesburgo):** Estas tres instituciones se han asociado para comenzar un proyecto piloto y ayudar a los recicladores a avanzar hacia la integración formal en el sistema de recolección de residuos de Johannesburgo. (Liz at Lancaster, 2019).
- **Pikitup (Johannesburgo):** El programa ‘Separation @ Source’ de Pikitup anima a los residentes a separar sus residuos en sus casas utilizando un “modelo de 3 recipientes”; además del contenedor negro normal, cada hogar que forma parte del programa recibe una bolsa reutilizable para el papel y una bolsa transparente para otros tipos de materiales reciclables (Pikitup, s.f.).

### 5.5.2. Tendencias en investigación

Teniendo en cuenta que estas tecnologías están en constante desarrollo, es importante conocer cuáles son aquellas temáticas en las que se profundiza, de esta forma es posible identificar posibles experiencias asociadas a nivel local, además de identificar aquellas instituciones e investigadores más referenciados para la temática. Es así como, a continuación, se realiza un barrido por las principales publicaciones científicas asociadas con las investigaciones top de la temática.

Desde una perspectiva de la base de datos de la plataforma Lens , en lo referente a los trabajos académicos, y tomando en cuenta las palabras clave presentadas a continuación, se obtienen las visualizaciones y conclusiones sobre los trabajos académicos contenidos en la misma:

**Palabras claves:** wet scrubbers, waste gas absorbers, waste gas flare, catalytic converter, filters and cyclones, pollution control, end of pipe solution, PM 2.5.

En este caso, ha realizar una búsqueda en el título, resumen, palabras clave y campo de estudio, con los términos mencionados anteriormente, la búsqueda arrojó 5.224 resultados.



En lo referente a las temáticas más tratadas según los resultados de la búsqueda, encontramos desarrollo sostenible, ingeniería, manejo de residuos, sostenibilidad, negocios, economía, y manejo de recursos ambientales. En suma, otras temáticas que son de interés o son posiblemente apalancadores de ciertas investigaciones son: planeación ambiental, economía ambiental, reusar, residuos sólidos municipales, ciencias de materiales, ingeniería ambiental, economía de recursos naturales, recurso natural y economía circular.



Fig 21. Patentes publicadas en el tiempo. Adaptado de Lens.org (2020)

Por otro lado, se identificó que las instituciones más activas por número de documentos se ubican en una gran cantidad de instituciones pertenecientes a China donde se destacan la Academia China de Ciencias, la Universidad de Tsinghua y la Universidad China de Geociencias. En el caso de la primera institución, tomando en cuenta el filtro temático inicial, trabaja principalmente los temas de: desarrollo sostenible, economía y química, y cuenta con autores como Fengnan Chen (destacado por conteo único de citación) y Ewa Mijowska (como uno de los más activos en producción científica); la segunda trabaja en: desarrollos sostenibles, ingeniería y manejo de residuos; y la última en: desarrollo sostenible, economía y economía de recursos naturales.



Fig 22. Instituciones Top por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

Por su parte, los países más activos en cantidad de publicaciones son en su orden: Estados Unidos, Inglaterra, China, Canadá, Suiza, Países Bajos, Alemania, y otros. En este caso vemos un fuerte crecimiento en Asia oriental, América del Norte y Europa.

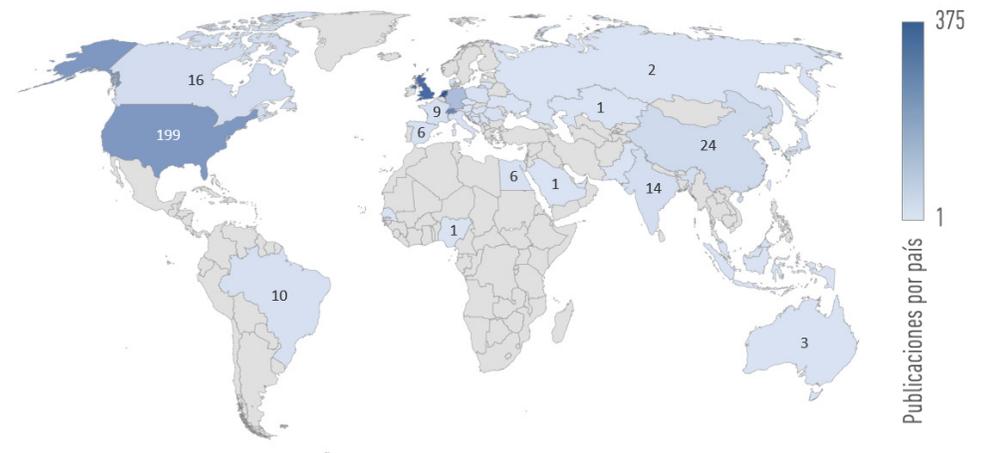


Fig 23. Top países fuente por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

En este caso, el comportamiento en el tiempo de los trabajos académicos relacionados se encontró una tendencia relativamente creciente en el tiempo, teniendo en cuenta que se presentaron varias caídas, especialmente entre el año 2015 y 2016; adicionalmente, en el 2019 se alcanzó el pico más alto. En cuanto a los trabajos por tipo de publicación, predominan los artículos en revistas académicas, los de tipo desconocido, y los capítulos de libros los cuales han ido incrementando en el tiempo.

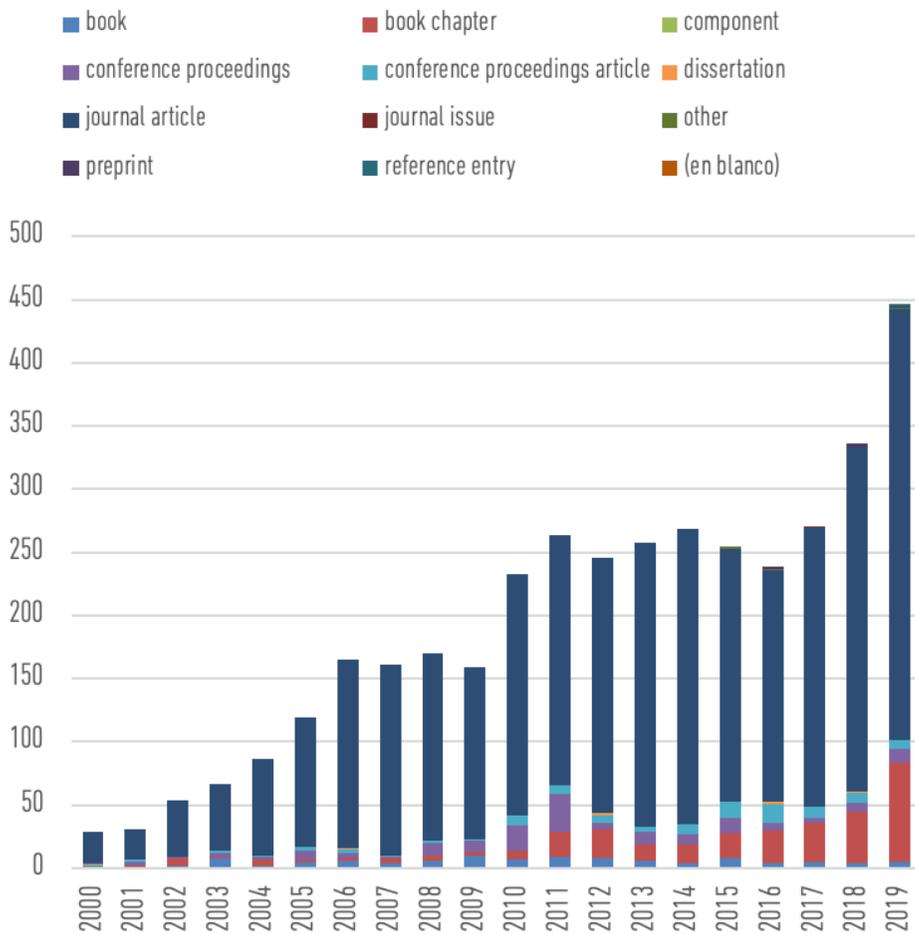


Fig 24. Línea de tiempo de los trabajos académicos, dividida por tipo de publicación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Seguidamente, en cuanto a los autores con más citaciones (por conteo único), se evidencia a Ana Pires, con 360 citaciones con gran ventaja relativa a sus homólogos. En este caso, ha trabajado en instituciones como la Universidad Nueva de Lisboa y la Universidad Central de Florida; y ha trabajado en temas como desarrollo sostenible, ingeniería, manejo de residuos sólidos, planeación ambiental entre otros.

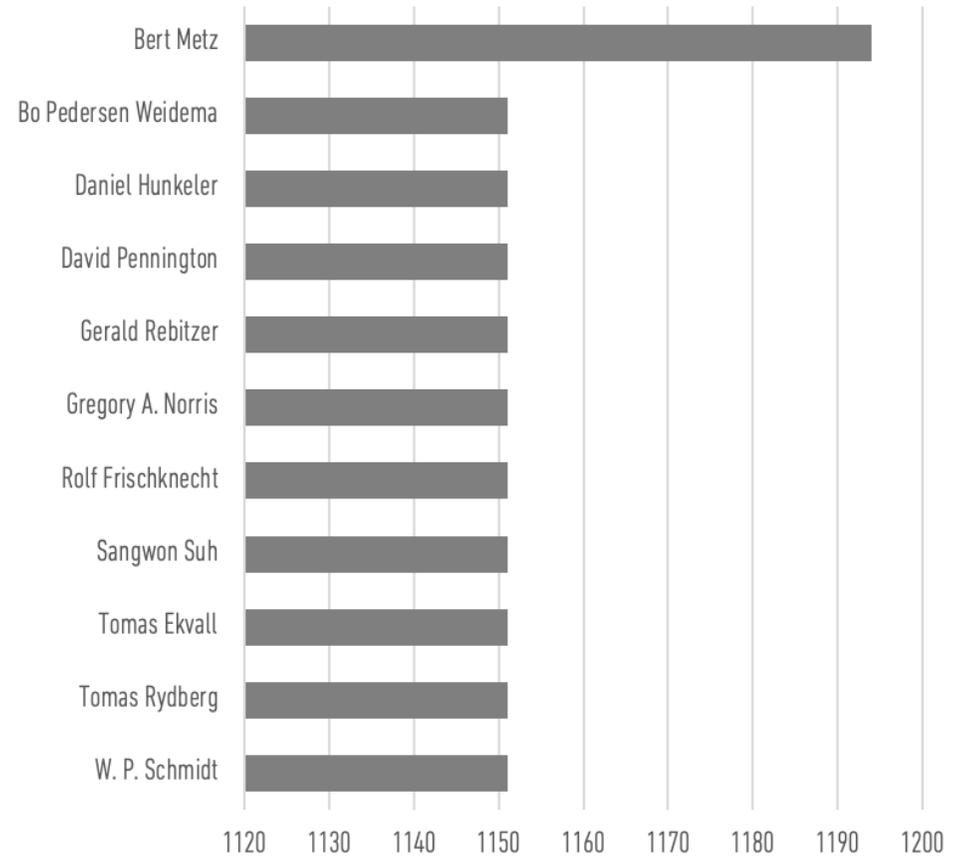


Fig 25. Top de autores por conteo único de citación. Adaptado de: Lens.org (2020)

**La región europea se destaca en cuanto a la investigación de las temáticas relacionadas con la economía circular, por otra parte, las instituciones Asiáticas son las que tienen mayor dinámica de publicaciones.**

Las instituciones más activas por tipos de publicación más destacadas se muestran en el siguiente gráfico, donde el tema más importante en cuanto a conteo de documentos es desarrollo sostenible, y le continúan ingeniería y manejo de residuos. Asimismo, las instituciones que aparecen tres veces son la Universidad Normal de Beijing (azul claro) y la Universidad Aristotélica de Thessaloniki (azul oscuro), y en general, se encuentran varias universidades chinas.

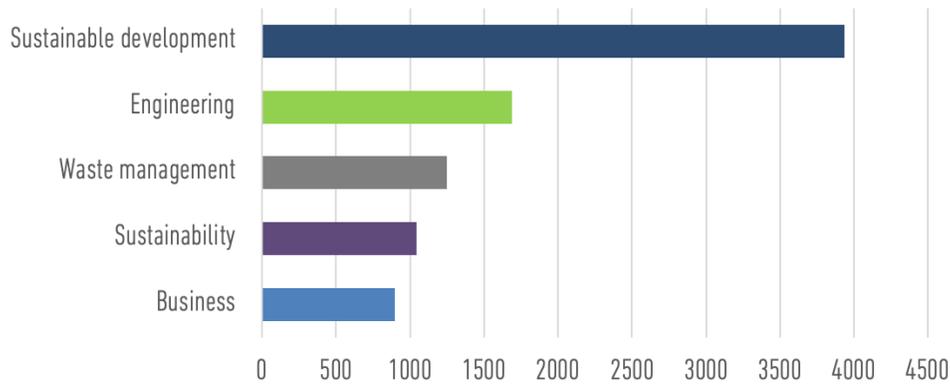


Fig 26. Campos de estudio cubiertos por las universidades más activas. Adaptado de: Lens.org (2020)

En el siguiente gráfico, se clasifican las instituciones por tipo como un acercamiento a qué clase de agentes tienen interés en la temática, donde se destacan una vez más instituciones educativas y gubernamentales de China, y luego de Europa. En cuanto a temas tratados, todos los tipos de instituciones trabajan principalmente en desarrollo sostenible, y luego en ingeniería y economía (en distintas proporciones entre ellas).

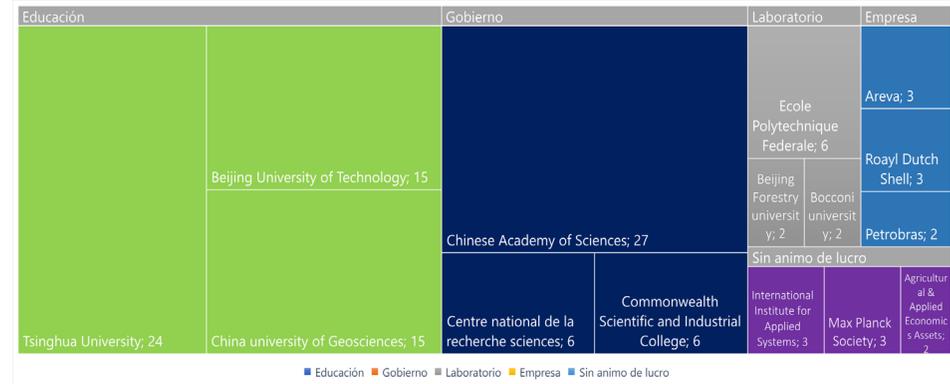


Fig 27. Tipos de instituciones top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org

Tomando en cuenta la importancia de la economía y los negocios como campos en la economía circular como concepto, es necesario analizar también las temáticas que se trabajan, y para ello se toma en cuenta el trabajo de Gregorio, Pié y Terceño (2018), los cuales hacen una revisión sistemática de la literatura sobre las tendencias de la bioeconomía, economía verde y economía circular en publicaciones en el campo de la economía y la gestión empresarial. Es importante señalar que se destaca el tema de la economía circular, aunque ésta no siempre ha sido el líder a través de los años, sobresalta respecto a las demás temáticas.

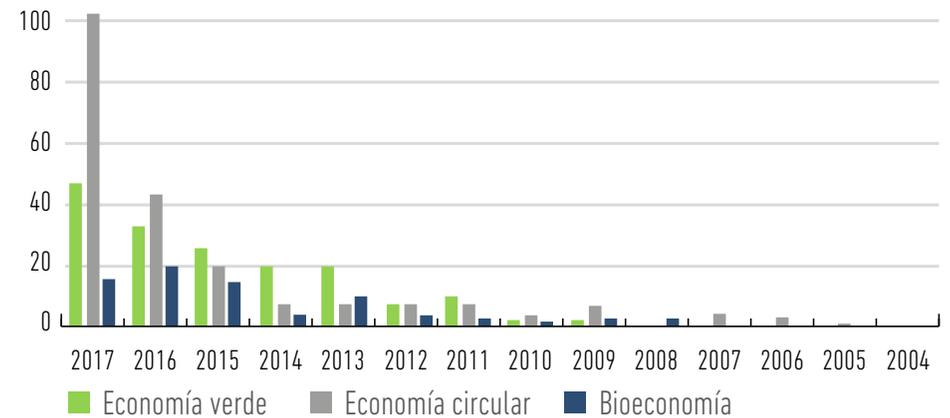


Fig 28. Publicaciones en el tiempo según la temática. Adaptado de Gregorio, Pié y Terceño (2018)

Luego, los autores realizan una definición de categorías con el fin de evidenciar que tanto se tratan en cada uno de los tres temas tratados en el trabajo:

**Tabla 09.** Definición de las categorías. Adaptado de Gregorio, Pié y Terceño (2018)

	Economía circular	Bioeconomía	Economía verde	Total
Diseño o análisis de políticas	12%	34%	34%	24%
Aplicación sectorial / clúster	12%	15%	15%	14%
Estilos de gestión	17%	3%	9%	11%
Evaluación del ciclo de vida	9%	-	-	4%
Revisión de literatura	8%	4%	2%	5%
Marco teórico / conceptual	7%	8%	4%	6%
Comportamiento del consumidor	7%	-	5%	5%
Diseño de productos	5%	-	-	2%
Caso de estudio	4%	12%	5%	6%
Innovación	4%	7%	4%	5%
Indicadores	4%	4%	5%	4%
Educación	2%	3%	3%	3%
Turismo	1%	3%	5%	3%
Inversión	-	3%	1%	2%
Responsabilidad social empresarial	2%	1%	3%	1%
Pymes / empresas familiares	3%	4%	1%	3%
Otros	3%	-	3%	2%

El cuadro anterior, es el complemento del siguiente, en donde se muestra la incidencia de las categorías dentro de cada temática, donde los estilos de gestión tienen la mayor incidencia en los trabajos de economía circular, economía verde y bioeconomía, las cuales predominan significativamente los análisis o diseños de políticas.

**Tabla 10.** Categorías de las publicaciones por temas. Adaptado de Gregorio, Pié y Terceño (2018)

Categoría	Definición
Diseño o análisis de políticas	Incluyendo descripción, análisis y evaluación de propuestas de políticas, estudios de implementación, decisiones y posibles soluciones a considerar.
Aplicación sectorial / clúster	Aplicaciones de los temas estudiados en un sector específico o en un cluster de empresas. Incluye análisis de modelos de negocio, análisis y evaluación de la gestión, beneficios, desempeño y comportamiento de las empresas.
Estilos de gestión	Diseño, desarrollo e implementación de modelos y estrategias de negocio, especialmente a nivel de empresa o sector.
Pequeñas y medianas empresas (PYME) / empresas familiares	Aplicaciones de estos modelos especialmente en pymes o empresas familiares.
Responsabilidad social empresarial	Artículos centrados en la responsabilidad social empresarial.
Revisión de literatura	Artículos de revisión de literatura.
Marco teórico / conceptual	Trabajos basados principalmente en la definición de conceptos y el marco teórico de los temas.
Diseño de productos	Aplicación de la sostenibilidad en el diseño de productos.
Evaluación del ciclo de vida	Análisis del ciclo de vida como herramienta para evaluar o analizar el impacto de los productos.
Comportamiento del consumidor	Comportamiento y preferencias del consumidor en aspectos como productos ecológicos, producción sostenible, etc.
Caso de estudio	Estudios de caso de los conceptos aplicados en empresas. Análisis de modelos, implementación en empresas, análisis económico y operaciones.
Innovación	Casos de ecoinnovación para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.
Educación	Aspectos educativos relacionados con los temas aquí estudiados.

### 5.5.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico

Una vez analizadas las tendencias teóricas, es necesario expandir y analizar las patentes relevantes a las temáticas, como por ejemplo desde grandes avances en el desarrollo de nuevas tecnologías. La base de datos brindada por la plataforma Lens, en cuanto a patentes y tomando en cuenta la siguiente ecuación de búsqueda, se obtienen las siguientes visualizaciones y conclusiones sobre la misma :

**Palabras claves: Sustainable development, Circular economy, Recycling**

Patents (27,388) = ((title:(“sustainable development” OR “Circular economy”) OR abstract:(“sustainable development” OR “Circular economy”) OR claims:(“sustainable development” OR “Circular economy”)) AND (title:(recycling) OR claims:(recycling))) OR classification\_ipcr: (B09B\*) NOT (classification\_ipcr:(C02F\*))

Los IPCr relevantes en este casos son: B09B, para relacionar la búsqueda a los residuos sólidos, y se excluyó C02F para que los resultados no incluyeran tratamiento de aguas residuales.



Tomando en cuenta los últimos cuatro años, la evolución de la totalidad de patentes en el tiempo tuvo un comportamiento creciente (respecto al conteo de documentos), cuya tendencia se redujo en el último año.

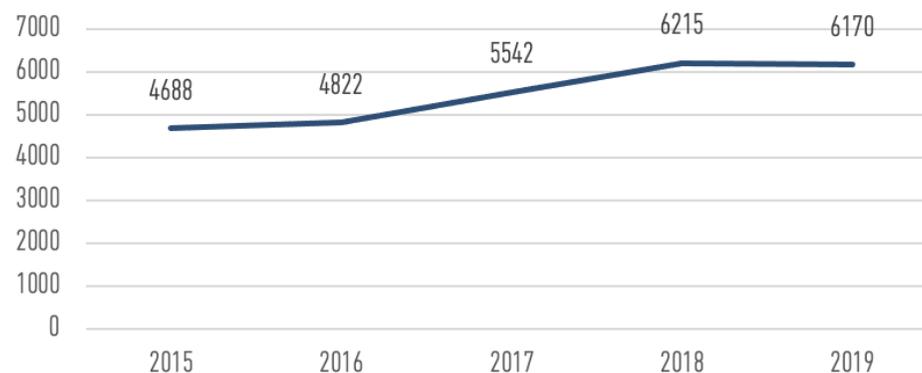


Fig 29. Patentes publicadas en el tiempo. Adaptado de Lens.org (2020)

Continuando con las jurisdicciones más destacadas, al igual que en los trabajos académicos hay una gran relevancia de China (siendo más fuerte en este caso), le sigue Japón y la República de Corea.

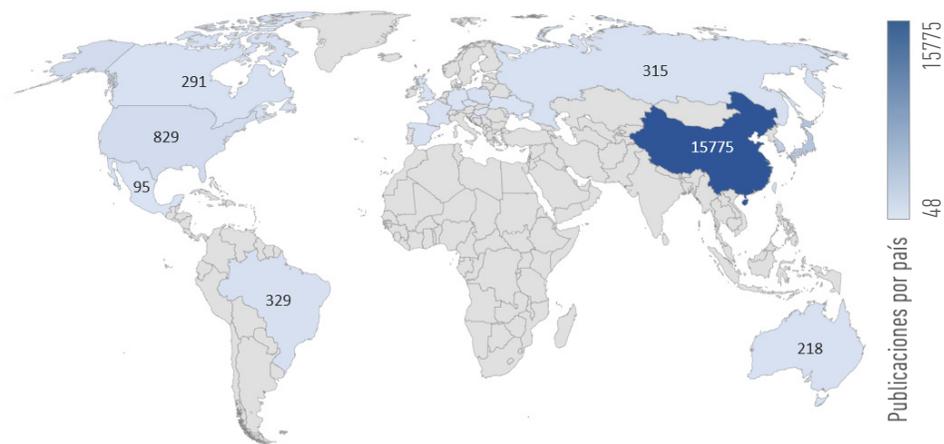


Fig 30. Jurisdicciones Top en el mundo por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

A su vez, los inventores más destacados son Wu Daohong y un inventor que renunció a ser nombrado, y le sigue Konishi Takayoshi en tercer lugar. El primer autor, tomando en cuenta los criterios de búsqueda, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: Destruir desechos sólidos o transformar desechos sólidos en algo útil o inofensivo (B09B3/00), en lo referente a eliminación de residuos sólidos, se asocia a operaciones no cubiertas por una sola otra subclase o por un solo otro grupo en esta subclase (B09B5/00), y destilación destructiva, especialmente adaptada para materias primas sólidas particulares o materias primas sólidas en forma especial carbonización húmeda de turba (C10B53/00:); el segundo autor trabaja las patentes de B09B3/00 y B09B5/00; y el tercero las mismas que el segundo más Procesos mecánicos del papel usado para la elaboración del papel usado (D21C5/02).

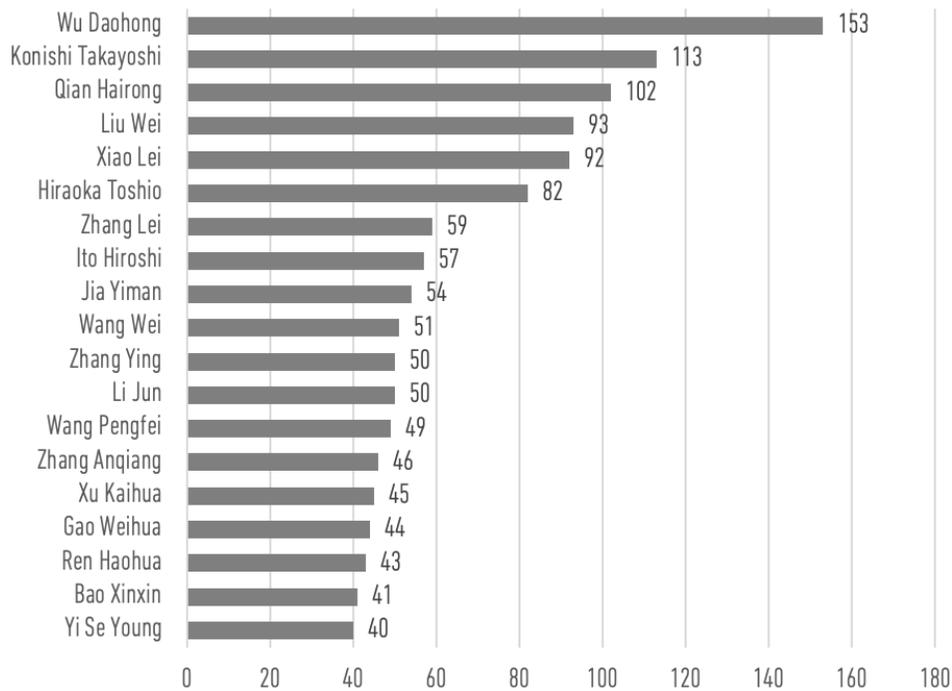


Fig 31. Inventores top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

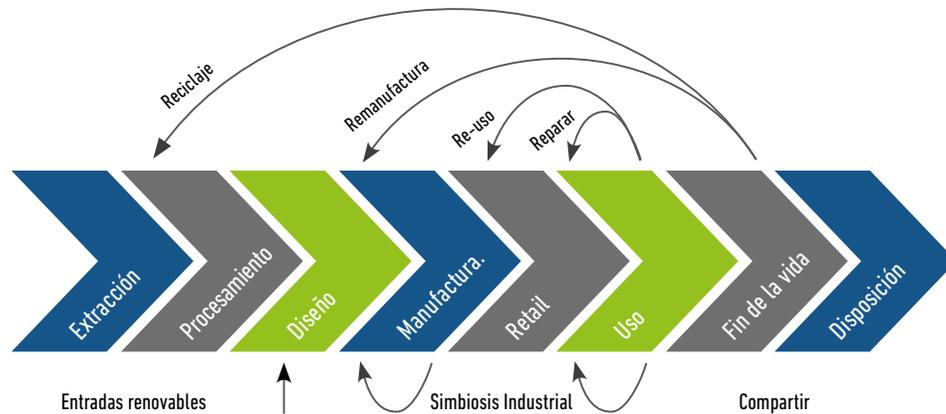
Finalmente, tomando en cuenta la clasificación IPC R, los tipos de patentes que más se encontraron son para tecnologías que buscan: Destruir desechos sólidos o transformar desechos sólidos en algo útil o inofensivo (B09B3/00), luego le sigue Eliminación de residuos sólidos: Operaciones no cubiertas por una sola otra subclase o por un solo otro grupo en esta subclase ( B09B5/00), ambos con una ventaja relativamente considerable entre ellos y entre las demás clasificaciones respecto al conteo de documentos.

<b>570</b>	<b>278</b>	<b>281</b>	<b>717</b>	<b>357</b>
A61L11/00	B02C18/00	B02C18/06	B02C18/14	B02C18/18
<b>262</b>	<b>501</b>	<b>375</b>	<b>326</b>	<b>1,501</b>
B02C18/24	B02C21/00	B02C23/08	B03B9/06	B09B1/00
<b>25,049</b>	<b>9,280</b>	<b>306</b>	<b>528</b>	<b>283</b>
B09B3/00	B09B5/00	B29B17/00	B29B17/02	B29B17/04
<b>318</b>	<b>377</b>	<b>818</b>	<b>303</b>	<b>401</b>
C05F9/02	C10B53/00	C22B7/00	F23G5/027	H01M10/54

Fig 32. Clasificaciones IPCR top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

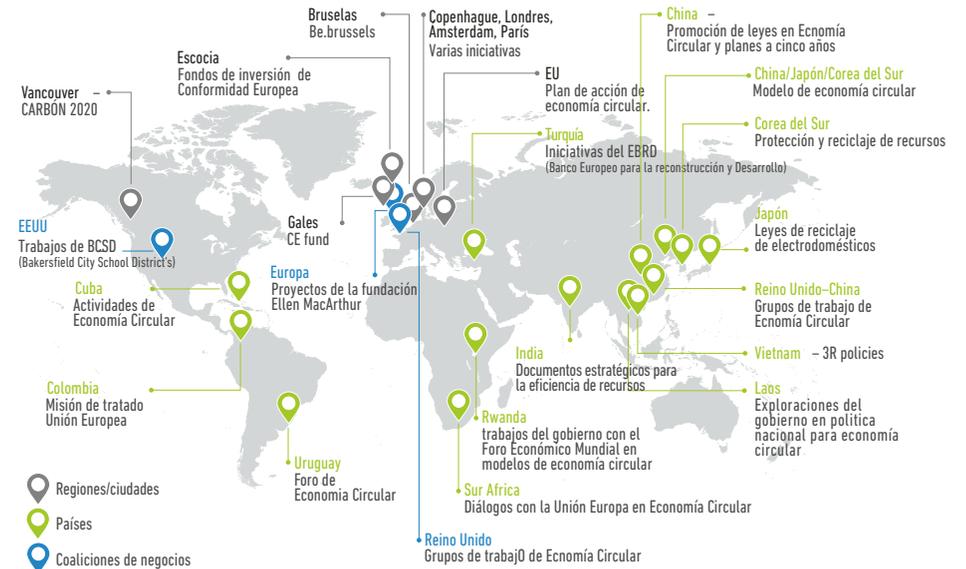
### 5.5.4. Tendencias en Innovación

Según la OECD (2018), los modelos de negocio circulares representan formas fundamentalmente diferentes de producir y consumir bienes y servicios. Tienen el potencial de impulsar la transición hacia una economía más eficiente y circular de recursos y, al hacerlo, reducir significativamente la presión ambiental resultante de la actividad económica. La siguiente gráfica muestra cómo estos modelos pueden operar en distintas partes de la cadena de valor:



**Fig 33.** Modelos de negocio circulares operan en distintas partes de la cadena de valor. Adaptado de: OECD (2018).

A nivel mundial, la consultora PWC a partir de Chatham House señala las iniciativas relacionadas a la temática a nivel mundial desde diferentes regiones; en la siguiente gráfica como se están llevando a cabo numerosos eventos, foros, alianzas y planes de acción para la economía circular:



**Fig 34.** Iniciativas regionales, a nivel país y coaliciones empresariales relacionadas a economía circular. Adaptado de: PWC (2019).

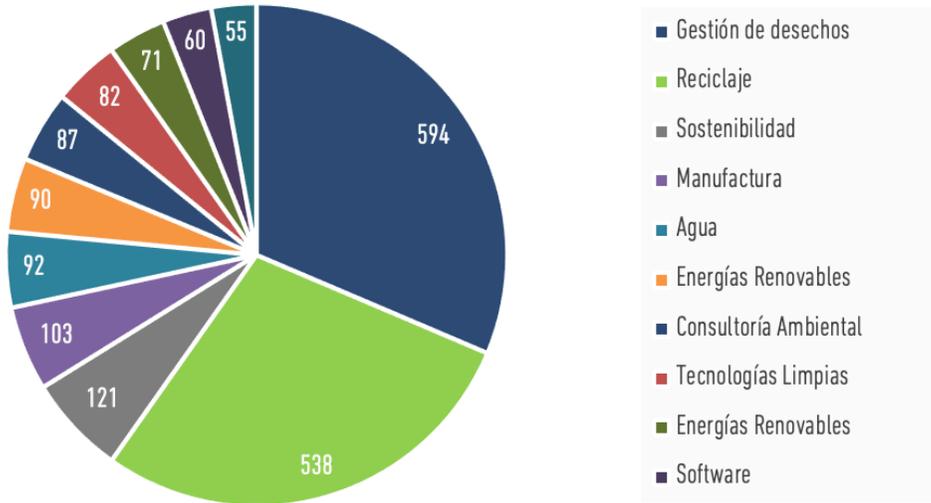
Seguidamente, gracias a información obtenida en la base de datos arrojado por Crunchbase, se logró obtener información valiosa para realizar diferentes análisis a partir de los siguientes filtros:

**Palabras claves:** Circular Economy, Sustainable Development, Waste Management, Recycling.

**Industrias:** Sustainability, Recycling, Waste Management.

A partir de esta información, se encontró que las empresas relacionadas a sostenibilidad y economía circular están mostrando una tendencia creciente en cuanto a su creación a través del tiempo.

En el top 10 de áreas de sectores con mayor actividad empresarial y de innovación, se encuentran: Manejo de Residuos Sólidos, Reciclaje, Sostenibilidad, Manufactura, Agua, Energía Renovable, Consultoría Ambiental, CleanTech, Energía, Software e Información Tecnológica.



**Fig 35.** Top 10 de las industrias con mayor participación en las empresas. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

La dinámica de emprendimiento a través de los años muestra también un interés particular de los emprendedores entre 1980 y 1995, donde se evidencia un punto de inflexión mostrando el crecimiento a través del tiempo de la creación de empresas. Sin embargo, a pesar de que se evidenció un pico máximo en el 2015, a partir del 2016 decreció el número de empresas creadas pasando de 54 a 25 para el 2019.



**Fig 36.** Cantidad de empresas fundadas entre 1965 a 2019. Fuente: creación propia a partir de Crunchbase.

Las principales Startups a nivel mundial de acuerdo con su valoración económica a partir de su equity son: Fourth Partner Energy la cual se especializa en la fabricación de aplicaciones basadas en la energía solar, está posicionada como una empresa líder en servicios de energía renovable; Compology ofrece sensores ultra duraderos para mejorar la eficiencia de la recogida de residuos, el transporte por camión y el transporte marítimo, a través de su plataforma de software que agiliza las operaciones, mejora el servicio a los clientes y simplifica el análisis; Incom Recycle es un fabricante de máquinas de reciclaje inteligentes; ECORE recicla la goma de los neumáticos de desecho y convierte las bandas de rodamiento flexibles en productos duraderos.

Por otro lado, los inversionistas que más han incursionado en diferentes empresas se muestran en el siguiente top 5 donde encabezan La Agencia Europea para la Pequeña y Mediana Empresa (EASME por sus siglas en inglés) quien gestiona programas de la UE en los ámbitos de apoyo a las PYME e innovación, medio ambiente, acción climática, energía y asuntos marítimos. Seguidamente, se encuentran SOSV y Techstars las cuales se enfoca en invertir en organizaciones semillas (seed) que hace referencia a startups que se encuentran su la primera etapa oficial de financiación de capital.

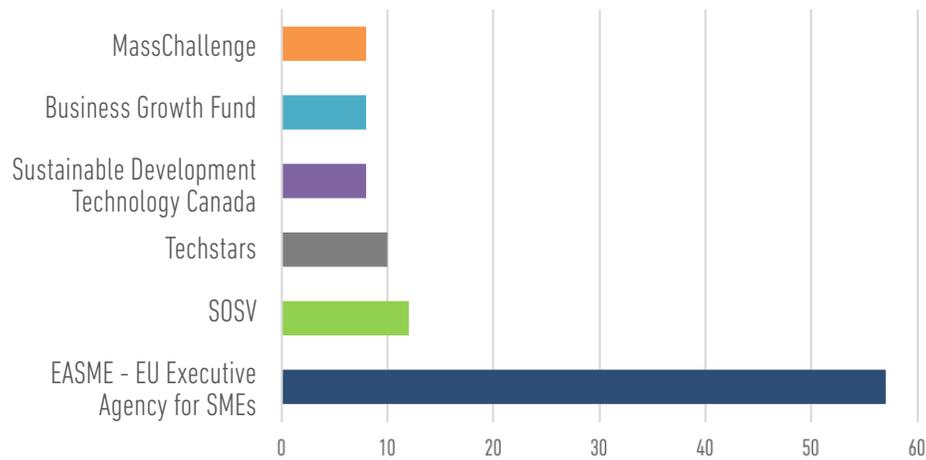


Fig 37. Top 5 inversionistas. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Finalmente, los países más activos en términos de emprendimiento e innovación se encuentran ubicados, en primer lugar en Estados Unidos con 402 empresas, luego se encuentra Reino Unido con 105 empresas, India con 56, y Canadá con 50. En los 4 países nombrados anteriormente, sus industrias top encuentran consistencia en los filtros proporcionados inicialmente, siendo los más importantes Gestión de Residuos y Reciclaje.

Es importante señalar que, aunque estas industrias son las principales mostradas por la base de datos de crunchbase, existe una gran variedad de empresas cuya finalidad se encuentra relacionada con varias industrias al mismo tiempo.

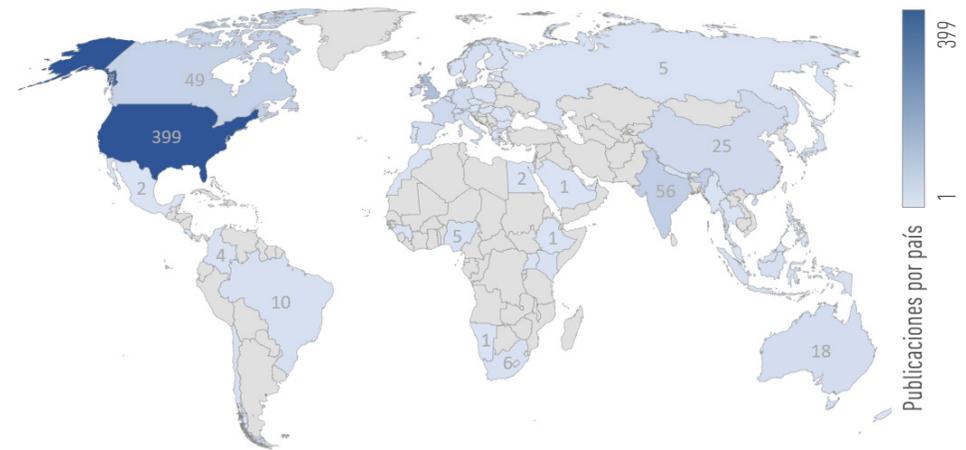


Fig 38. Mapa actividad empresarial. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Aunque hasta el momento la plataforma de bases de datos de Crunchbase no cuenta con registros de empresas provenientes de Colombia, se logró obtener información de países latinoamericanos como Brasil, Chile y México. Brasil cuenta con una serie de empresas semillas que dentro de su actividad incluyen industrias como Gestión de residuos y Reciclaje; por otro lado, Chile aunque también cuentan con empresas que se encuentran en crecimiento (semillas) éstas tienen un enfoque más fuerte en el reciclaje.

### 5.5.5. Tendencias en habilidades requeridas

En la economía circular el empleo se ha definido por elementos claves como priorizar los recursos regenerativos, colaborar para crear valor conjunto, preservar y extender, diseñar para el futuro, entre otros. Es importante tener en cuenta que un trabajo circular se logra entender como cualquier ocupación que implica directamente uno de estos elementos. Ahora, un empleo directamente circular es el que incluye los trabajos que siguen las estrategias de la EC centrales y habilitantes, mientras que un empleo circular indirecto incluye todo aquel trabajo que apoya los empleos circulares directos.

A la luz de la necesidad de que los hacedores de política tengan bases para entender e implementar la economía circular, en conjunto Circle Economy y el Instituto de Investigación Erasmus de Rotterdam para la Economía de la Felicidad (Ehero) realizaron una investigación sobre el empleo en la economía circular. La cual puede proporcionar información a las ciudades información sobre el empleo en términos de mercados laborales cambiantes y demandas cambiantes de conocimientos y habilidades. En lo referente a la economía circular, esta es definida como una forma de uso eficaz de los recursos ya existentes, en lugar de destruir el valor después de la fase de uso, el valor se retiene mediante ciclos de reutilización, reparación, re-fabricación o reciclaje. Lo anterior implica repensar los modelos de negocio y diseño de productos que se puedan reciclar más veces Circle Economy (2017).

En el siguiente gráfico se describen elementos y carreras claves a la economía circular, donde al principio están los trabajos habilitadores (director de una asociación de comercio, arquitecto y analista de datos) y abajo están los trabajos centrales (instalador de paneles solares, técnicos de electrodomésticos, operador de reciclaje y gerente de proceso de arrendamiento), y (Circle Economy, 2017).

- 
  - Director de una asociación comercial:** El director de una asociación comercial gestiona una organización de miembros compuesta por múltiples empresas dentro de una industria específica. El director puede apoyar la economía circular fomentando una mayor colaboración, intercambio de conocimientos y creación de redes entre las empresas. Como tal, el director puede emplear la estrategia de "colaborar para crear valor conjunto" para contribuir a la economía circular.
- 
  - Arquitecto:** El arquitecto es responsable del diseño de los edificios y, por extensión, de los materiales utilizados durante la construcción de un edificio, su eficiencia energética durante la fase de uso y el potencial de recuperación de materiales cuando sea demolido. Un arquitecto puede contribuir a la economía circular "diseñando para el futuro".
- 
  - Analista de datos:** El analista de datos da sentido a grandes cantidades de información por medios que van desde la simple de agregación de datos hasta la compleja minería de datos. La ocupación del analista de datos consiste en incorporar la estrategia de la tecnología digital y por lo tanto permite la integración de sistemas y tecnologías inteligentes en la economía circular. Este trabajo suele requerir una formación terciaria educación terciaria en campos relativamente nuevos de la ciencia de los datos y ingeniería informática.
- 
  - Instalador de paneles:** El instalador de paneles solares trabaja en el sector energético para promover el uso de la energía solar como fuente de energía renovable. El trabajo contribuye a la economía circular al "dar prioridad a los recursos regenerativos", la primera estrategia de la economía circular.
- 
  - Técnico de electrodomésticos:** El técnico de electrodomésticos contribuye a la economía circular ampliando la vida útil de los de los productos. Al encarnar una de las estrategias de la economía circular, "conservar y prolongar lo que ya está hecho", todos los trabajos de reparación y mantenimiento se considerados circulares.
- 
  - Operario de reciclaje:** El trabajo del operario de reciclaje consiste en clasificar los residuos reciclables y separar los materiales los materiales que se van a recuperar. Esta clasificación y separación constituye un elemento esencial en del proceso de reciclaje, que implica la estrategia de "utilizar los residuos como recurso", y por tanto se presenta como un trabajo. Las actividades cotidianas del operario de reciclaje incluyen el trabajo físico y la manipulación de máquinas, como la conducción de carretillas elevadoras.
- 
  - Gestor del proceso de arrendamiento:** El gestor del proceso de arrendamiento es responsable de la coordinación de los socios de servicios externos externos distribuidos en los segmentos del mercado. Al contribuir al funcionamiento de un modelo de producto como modelo de servicio, el gestor del proceso de arrendamiento contribuye a a la economía circular mediante el "replanteamiento del negocio".

**Figura 01.** Trabajos que están directamente relacionados a la circularidad.  
Adaptado de: Circle Economy (2017)

Por otro lado, según un trabajo realizado por Circle economy (2020), indica que el mercado laboral circular se compone de todo tipo de trabajos en diferentes sectores, desde las industrias manufactureras y creativas hasta la gestión de residuos y recursos.

Los trabajos en la economía circular son todos los trabajos que contribuyen a una de las estrategias del marco DISRUPT, el cual es descrito de la siguiente forma:

- **Diseñar para el futuro:** adopta una perspectiva sistémica durante el proceso de diseño, para emplear los materiales adecuados para una vida útil adecuada y un uso futuro extendido. Ejemplo: los ingenieros de equipos circulares diseñan productos para permitir la recuperación de piezas y recursos después de la fase de uso del producto.
- **Incorporar tecnologías digitales:** Rastrear y optimizar el uso de recursos y fortalecer las conexiones entre los actores de la cadena de suministro a través de tecnologías y plataformas digitales en línea.
- **Sostener y conservar:** mientras los recursos están en uso, mantenerlos, repararlos y actualizarlos para maximizar su vida útil y darles una segunda vida a través de estrategias de recuperación cuando corresponda. Ejemplo: Los técnicos reparadores arreglan aparatos, máquinas o vehículos; estos poseen fuertes habilidades técnicas y manuales que pueden ser adquiridas a través de una educación y capacitación formal e informal.
- **Repensar el modelo de negocio:** Considerar las oportunidades para crear un mayor valor y alinear los incentivos a través de modelos de negocios que se basan en la interacción entre productos y servicios. Son planificadores que supervisan la oferta y la demanda para hacer de la renovación un modelo de negocio rentable (carreras afines a administración, economía y negocios).
- **Utilizar los residuos como recursos:** utilizar los desechos como fuente de recursos secundarios para su reutilización y reciclaje. Ejemplo: los supervisores de operación, que clasifican los desechos de productos vendibles, por ejemplo, carreras afines a ingeniería ambiental y a química.
- **Priorizar los recursos regenerativos:** Asegurarse de que los recursos renovables, reutilizables y no tóxicos se usan como materiales y energía de manera eficiente. Por ejemplo: Los asesores, agrónomos apoyan la nutrición saludable del suelo con fertilizantes orgánicos de estiércol compostado y restos de cultivos.
- **Hacer un equipo para crear valor conjunto:** Trabajar conjuntamente en toda la cadena de suministro, internamente dentro de la organización y con el sector público para aumentar la transparencia y crear valor compartido. Ejemplo: Los profesionales de adquisiciones estimulan la demanda de materiales secundarios y disciernen y conectan nuevos proveedores para hacerlo.



## 5.6. Temática: Separación en la fuente

### 5.6.1. Definición de la temática

A nivel mundial, el crecimiento de la población, junto con el crecimiento económico y el comportamiento de consumo asociado, ha resultado en un aumento significativo en la producción de residuos sólidos. Dado esto, crear una cultura de separación en la fuente como mecanismo voluntario puede llegar a ser una gran iniciativa para implementar en los hogares y establecimientos. La separación de la basura es una postura que varias ciudades y países han adoptado, con el objetivo de llevar un manejo adecuado de las toneladas de desechos de cada día. (Risaralda Gov, s.f.).

Como se presentó en el capítulo sobre economía circular, la mala gestión de los desechos sólidos puede tener consecuencias como la contaminación del aire, pérdidas económicas, y problemas higiénicos como los olores desagradables y la transmisión de enfermedades. El manejo adecuado de los desechos sólidos es necesario para reducir los riesgos directos e indirectos para la salud de las personas y el medio ambiente. Aunque actualmente existen varios procedimientos para la gestión de los desechos como la incineración, producción de biogás, el compostaje, los vertederos, entre otros, los métodos como separación en la fuente, el reciclado sostenible y la reutilización de los desechos, son presentados como procedimientos significativamente importantes para la gestión de los residuos, ya que no sólo reducen la cantidad de desechos producidos sino que también ayudan a los gestores de desechos a ahorrar recursos financieros, naturales y energéticos (Babazadeh et al., 2018).

La clasificación y separación de residuos, y el desvío de residuos orgánicos y reciclables, lograrían eliminar la necesidad de los vertederos, ya que al facilitar la separación en la fuente tiene el potencial de reducir drásticamente su uso.

Es importante señalar que la mejora del comportamiento de los ciudadanos requiere compromiso y dedicación, ya que los ciudadanos necesitan entender lo que se requiere de ellos. Para lograr esto, se busca el uso de diferentes herramientas de comunicación adaptadas a las necesidades y al nivel de comprensión de los usuarios finales; asimismo, el gobierno local debe educar a sus ciudadanos acerca de cualquier cambio en el sistema como por ejemplo la introducción de contenedores de diferentes colores o puntos de recogida. Adicionalmente, los autores indican que la participación de los ciudadanos en la elaboración de políticas y la planificación en materia de desechos puede aumentar la participación en la adopción de nuevas estrategias (Yukalang et al., 2018).

Por otro lado, se lograron clasificar las barreras para la separación de los residuos en 4 categorías básicas, a seguir:

1. Problemas en el sistema de recogida de desechos
2. Falta de responsabilidad de los ciudadanos
3. Insuficiente conciencia de los ciudadanos
4. La expectativa de recibir incentivos

Una razón para el éxito de los residuos sólidos en los países desarrollados es la aplicación de diferentes sistemas técnicos asociadas con la participación de los ciudadanos. Varios factores pueden estar asociados como el comportamiento del reciclaje, las normas morales, la información y la preocupación ambiental, pueden afectar la separación en la fuente (Babazadeh et al., 2018).



El Banco Mundial es una de las instituciones más interesadas en la aplicación de la separación de la fuente, ya que financia y asesora proyectos de gestión de residuos sólidos donde se aborda todo el ciclo de vida de los desechos, desde la generación hasta la recolección y el transporte, y finalmente el tratamiento y la eliminación. Uno de los objetivos que guía los proyectos e inversiones del Banco, incluye el compromiso del ciudadano, ya que el cambio de comportamiento y la participación pública son clave para un sistema de residuos funcional; este apoya el diseño de incentivos y sistemas de concientización para motivar la reducción de desechos, la separación de fuentes y la reutilización. (Banco Mundial, 2019).

Así pues, la separación en la fuente de los residuos logra preservar el medio ambiente y mitigar la contaminación que provocan los residuos sólidos que son dispuestos al relleno sanitario, y logra brindar beneficios como (Alcaldía de Santiago de Cali, s.f.):

- Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios.
- Mitigar los impactos ambientales como gases efecto invernadero o calentamiento global.
- Se fomenta el consumo responsable.
- Conservación de recursos naturales.
- Ahorro de energía.

### a. ¿Qué está pasando en el mundo respecto a la temática?

En el 2017, el Gobierno de China exigió a grandes ciudades aplicar plenamente sistemas obligatorios de separación en la fuente para el año 2020. Con el objetivo de determinar los efectos de las políticas y la eficiencia en la mejora de la clasificación de los residuos sólidos, el gobierno puso en marcha un programa obligatorio de separación en la fuente de los residuos sólidos en la ciudad Nanjing, donde un 52% de los ciudadanos indicaron que apoyaban la política obligatoria y que el tamaño del hogar era el factor sociodemográfico más importante que influía en el apoyo de la política; asimismo se observó que dicha política obligatoria mejoró efectivamente la tasa de separación de la fuente en un 49,7% (Chen et al., 2018).

En Estados Unidos, el Departamento de Obras Públicas del estado de Massachusetts ha indicado otro nivel de separación para los residentes que entregan la basura doméstica, donde los residentes deben separar los materiales que no son reciclables ni compostables (NRNC por sus siglas en inglés). Anteriormente, dichos materiales eran aceptados con otros residuos sólidos, sin embargo, los NRNC contribuyen a la contaminación del producto de abono porque el compostor tiene una capacidad limitada para separar estos materiales de los componentes orgánicos.

Esta iniciativa, tiene como objetivo reducir dicha contaminación y facilitar la producción del compost de alta calidad (Ciudad y Condado de Nantucket MA, 2019).

En Alemania existen por lo menos 4 tipos de contenedores de basura en los patios de los edificios y dentro de las casas. Estos, se encuentran codificados por colores para evitar confusiones y realizar la separación correctamente:

- Amarillo para embalaje como cartones de leche, etc.
- Verde para restos de comida y desechos vegetales
- Azul para papel y cartón
- Negro para el resto de la basura.
- Blanco para vidrio

Tanto Alemania como los Países Bajos, han eliminado el uso de los vertederos mediante el reciclaje o compostaje del 62% de sus desechos (el 38% restantes se convierte en energía a partir de residuos). En la Unión Europea se separan los envases de vidrio (74%), todo el papel (71%) y los envases de bebidas (76%) con el objetivo de reciclar y reutilizar (General Kinematics Corporation, 2020).

En el caso de Malasia, según Razali et al. (2017), la Iniciativa de Separación en la Fuente lanzada bajo la Ley de Gestión de Desperdicios Sólidos y Limpieza Pública de 2007 (entró en vigor en el 2015), es la guía que impulsa el comportamiento de separación de residuos en el hogar. En donde entra en importancia de las dimensiones de aceptación política, comunitaria, la del mercado y tecnología en las prácticas de separación.

Finalmente, en el año 2005 en Hong Kong se lanzó un programa con el objetivo de reducir desechos de los residuos domésticos; incentivando a que las personas separen sus desechos para reciclarlos y minimizar la cantidad de residuos sólidos a eliminarse. El programa se inició a modo de prueba en 13 urbanizaciones del Distrito este en 2004 y resultó ser un éxito; algunas de las urbanizaciones duplicaron la cantidad de material reciclable, y obtuvieron ingresos adicionales por la venta de estos.

En los últimos años el Gobierno ha ensayado diversas formas de separación y recuperación de desechos domésticos para determinar los sistemas que sean convenientes para los residentes, eficaces en función de los costos y que mejor se adapten a las necesidades locales. Junto con otras medidas establecidas en el “Plan de Hong Kong para el uso sostenible de los recursos 2013-2022” el Departamento de Protección Ambiental busca aumentar la tasa de reciclaje en Hong Kong al 55% para 2022 (la separación en la fuente será esencial para asegurar el éxito de este objetivo) (Environmental Protection Department, 2018).

Brindada la información anterior, se llega a evidenciar que la gestión de residuos sólidos es un problema que se presenta en todo el mundo, y que le importa de igual manera a todas las personas. En una era de rápida urbanización y crecimiento de la población, la gestión de residuos sólidos es fundamental para ciudades y comunidades sostenibles, saludables e inclusivas.

**Muchos países europeos animan a los ciudadanos a reciclar:**

- Facilitando el reciclaje de residuos en los hogares
- Proporcionando financiación para el reciclaje
- Ofreciendo incentivos financieros
- Estableciendo objetivos y políticas claras para los gobiernos locales

**El procesamiento y la clasificación es una de las principales razones por las que Europa está muy por delante de EEUU en materia de reciclaje. Sin una clasificación adecuada, las instalaciones de reciclaje estadounidenses:**

- Tienen que tirar los materiales nuevos
- No pueden procesar los residuos con la misma calidad
- Tendrán que invertir en más equipos de gasto
- Reparaciones más frecuentes en los equipos de reciclaje

**Estos países también tienen:**

-  Separadores de materiales avanzados que incluyen equipos GK
-  Bolsas de diferentes colores y bolsas para diferentes materiales
-  Leyes municipales de reciclaje que declaran
-  No se recogen los materiales reciclables clasificados.

Fig 39. ¿Por qué Europa es mejor en el reciclaje? Adaptado de General Kinematics Corporation (2020)

En Suiza, por ejemplo, el reciclaje es gratuito, sin embargo, tirar basura cuesta dinero ya que cada bolsa de basura debe tener una pegatina y estas cuestan al menos un euro. Por lo que cuanto menos basura arrojan los ciudadanos menos pagarán. Asimismo, en Suiza existen bancos de botellas en cada supermercado con ranuras separadas para vidrio transparente, verde y marrón (General Kinematics Corporation, 2020).

La separación de los desechos es esencial, ya que la cantidad de residuos que se generan en la actualidad está causando diferentes problemas ambientales y económicos. Es cierto que existen ciertos artículos que no son biodegradables, sin embargo, una gran parte de estos se pueden reutilizar o reciclar mientras que la otra se puede convertir en abono y sólo una pequeña parte son los que realmente no tienen ningún uso y se deben desechar.

Finalmente, es importante señalar que también se evidencia como la participación de las entidades gubernamentales y de los ciudadanos, es de gran importancia para garantizar un resultado exitoso en la separación en la fuente. Es necesario alterar las preferencias de consumo de todos los individuos, y con el tiempo se espera que estos tomen la decisión socialmente óptima como una motivación intrínseca.<sup>b</sup> Cuáles son los actores principales relacionados

## b. Cuáles son los actores principales relacionados

### São Paulo, Brazil:

- **Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA):** ha emprendido múltiples iniciativas para mejorar las prácticas de recolección y separación de residuos, incluyendo:
  - Definición de estrategias para el desvío de biorresiduos.
  - Mejorar la gestión de residuos orgánicos en las escuelas junto con sensibilización de profesores.
  - Gestión de la separación en origen de los residuos domésticos.
  - Aumentar la conciencia ciudadana sobre el reciclaje y la recogida selectiva. (Climate and Clean Air Coalition, 2015)

### San Francisco, EE.UU:

- **SF Environment (San Francisco):** Todos en la ciudad deben separar sus desechos en canecas diferentes de la siguiente manera:
  - **Reciclables (contenedor azul):** los materiales en su contenedor azul se convierten en botellas, latas y otros productos nuevos.
  - **Compostables (contenedor verde):** los alimentos, el papel sucio y las plantas en su contenedor verde se compostan en un suelo que utilizan las granjas locales.
- Basura (papelera negra) (SF Environment, s.f.).
- **Recology (San Francisco):** En San Francisco utilizan la Ordenanza Obligatoria de Reciclaje y Compostaje, la cual requiere que los residentes y negocios de la ciudad separen adecuadamente los materiales compostables y reciclajes, y se mantengan fuera del vertedero. Se debe tener en cuenta que las empresas y propietarios deben proporcionar los contenedores en lugares convenientes para clientes e inquilinos, incluyendo la educación de inquilinos, empleados, contratistas y conserjes sobre los programas de reciclaje (Recology, s.f.).

### Colombia:

- **El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:** en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, establecieron un código de colores para la separación de residuos en la fuente, que debe adoptarse en todo el territorio nacional a partir de Enero de 2021 (MinAmbiente, 2019).

**Delhi, India:**

- **Corporación Municipal del Norte de Delhi (NDMC) y las Corporaciones Municipales del Este de Delhi (EDMC):** lanzaron un proyecto piloto en el que los residentes debían comenzar a separar los residuos biodegradables y los no biodegradables para ponerlos en diferentes contenedores (verdes y azules). El NDMC y el EDMC designaron a los recolectores de basura para ir de casa en casa y recoger esta basura para luego volcarla en los volquetes personalizados. Los residuos de cocina se destinan a las plantas de compostaje y los no biodegradables a las plantas de reciclaje (The Wire, 2017).
- **Corporación Municipal del Sur de Delhi (SDMC):** Inició una campaña para sensibilizar a las personas con respecto a los nuevos estatutos de gestión de residuos sólidos, donde se exige que los organismos cobren por la recolección de basura e impongan multas estrictas por la no segregación de desechos por parte de los residentes. La tarifa de usuario por la recolección diaria de basura varía entre ₹ 50 y ₹ 5,000 por mes, y la multa por no segregación en la fuente varía entre ₹ 200 y ₹ 10,000. Esto fue designado en los barrios modelos Janakpuri South, Andrews Ganj y RK Puram, una vez se tenga éxito en estos será imitado en los otros lugares cubriendo toda Delhi (Hindustan Times, 2019)

**Suiza:**

- **Departamentos municipales:** La recolección y el reciclaje de residuos son administrados por los respectivos departamentos municipales del país. La segregación comienza en casa, los desechos domésticos que no se pueden reciclar y deben colocarse en las bolsas de basura designadas. Al cobrar por las bolsas de basura, el municipio pretende controlar la cantidad de basura que produce cada hogar, y en el proceso, se incentiva a las personas a disponer de su basura de una manera más responsable (Namaste Switzerland, 2019).

**Johannesburgo:**

- **Pikitup:** Implementaron el programa Separation @ Source, donde alienta a los residentes a separar sus desechos en sus hogares utilizando un modelo de 3 recipientes; además del contenedor negro normal, cada hogar que forma parte del programa recibe una bolsa reutilizable para papel y una bolsa transparente para otros tipos de reciclables. El programa S@S tiene como objetivo reducir los residuos a los vertederos, establecer una economía de reciclaje con el apoyo y la participación ciudadana (Pikitup, s.f.).



Por otro lado, los países más destacados por número de documentos publicados son: Reino Unido, Países Bajos, y Estados Unidos.

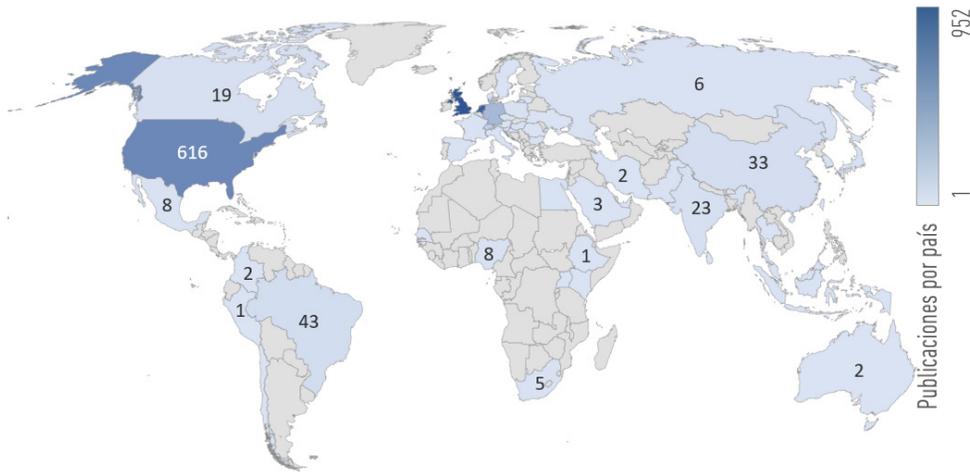


Fig 42. Top países de origen de las instituciones por conteo de documentos. Adaptado de: Lens.org (2020)

En cuanto al comportamiento de las publicaciones en el tiempo, en general, la serie comienza en 1960, y crece relativamente poco alrededor del 1970, luego continúa con una leve recaída y un leve crecimiento, pero mayor crecimiento (punto de inflexión), se da entre los años 2005 y 2006. El año con el mayor número de documentos es el último de la serie, a pesar de que hubo una reducción en el año anterior.

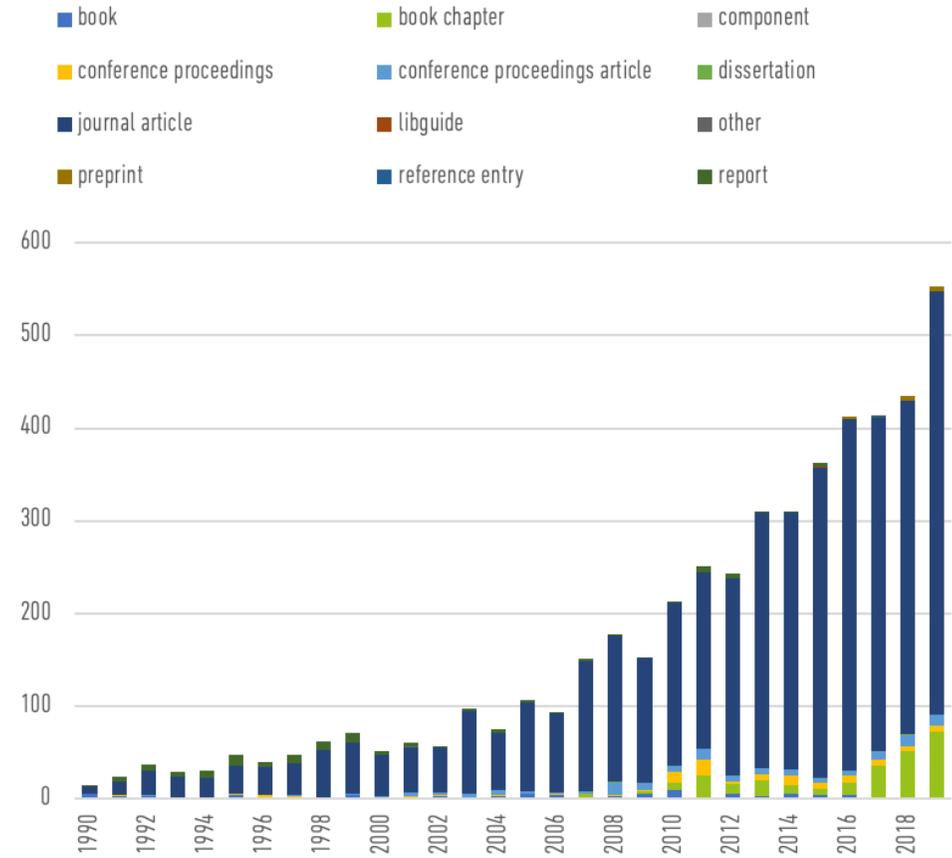


Fig 43. Línea de tiempo de los trabajos académicos, dividida por tipo de publicación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Por otra parte, en cuanto a los autores con más citas (por conteo único), son: Ayhan Dermibas, Antoni Sanchez, y Xavier Font. El primer autor ha trabajado en temas como: manejo de desechos, desechos municipales y digestión anaeróbica. En suma, ha publicado con instituciones como la Universidad King Abdulaziz (Arabia Saudí) y la Universidad de Secuk.

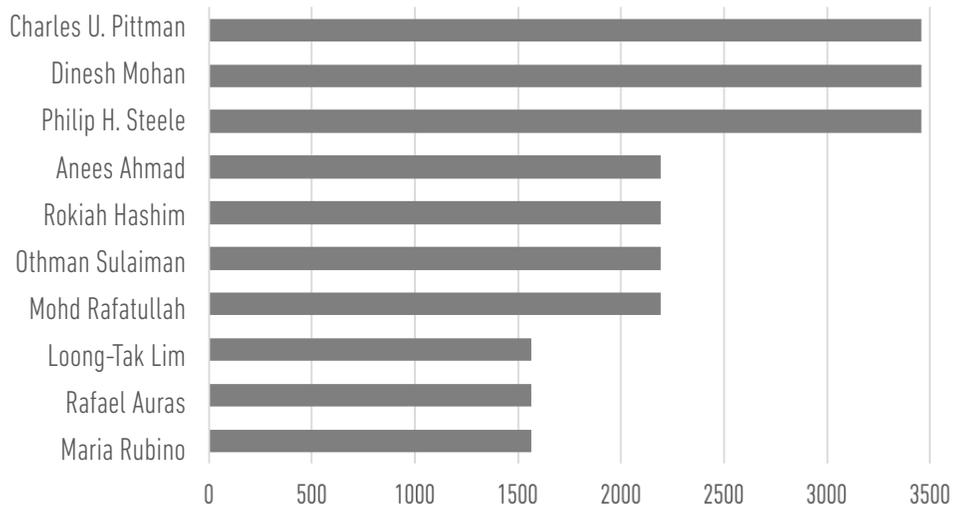


Fig 44. Top de autores por conteo único de citación. Adaptado de: Lens.org (2020)

Las instituciones más activas por tipos de publicación más destacadas se muestran en el siguiente gráfico, donde el tema más importante en cuanto a conteo de documentos es Desechos sólidos municipales, manejo de basuras y química, en donde la institución que más se destaca es la Academia China de Ciencias.

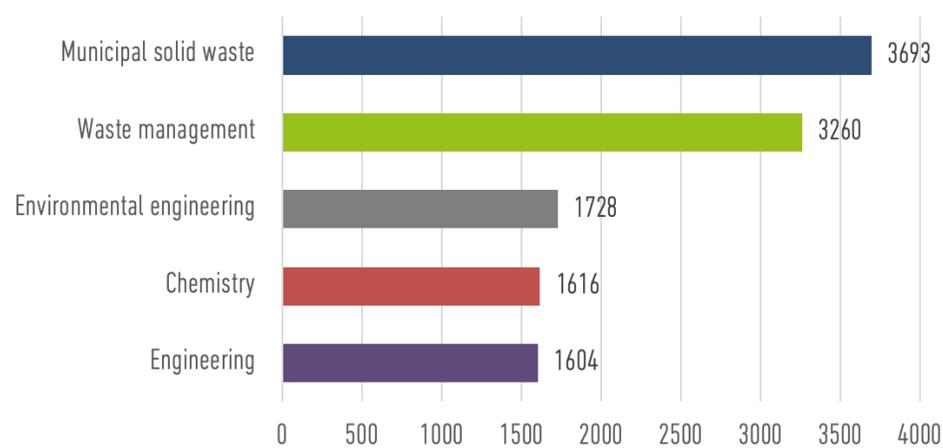


Fig 45. Campos de estudio cubiertos por las universidades más activas. Adaptado de: Lens.org (2020)

En cuanto a las instituciones más destacadas, están las asociadas al gobierno, principalmente por la Academia China de Ciencias, y le sigue la categoría de educación. Las instituciones que trabajan el tema de desechos sólidos municipales son las de educación, instalaciones y las sin ánimo de lucro, las empresas trabajan con manejo de residuos y las de gobierno con química.

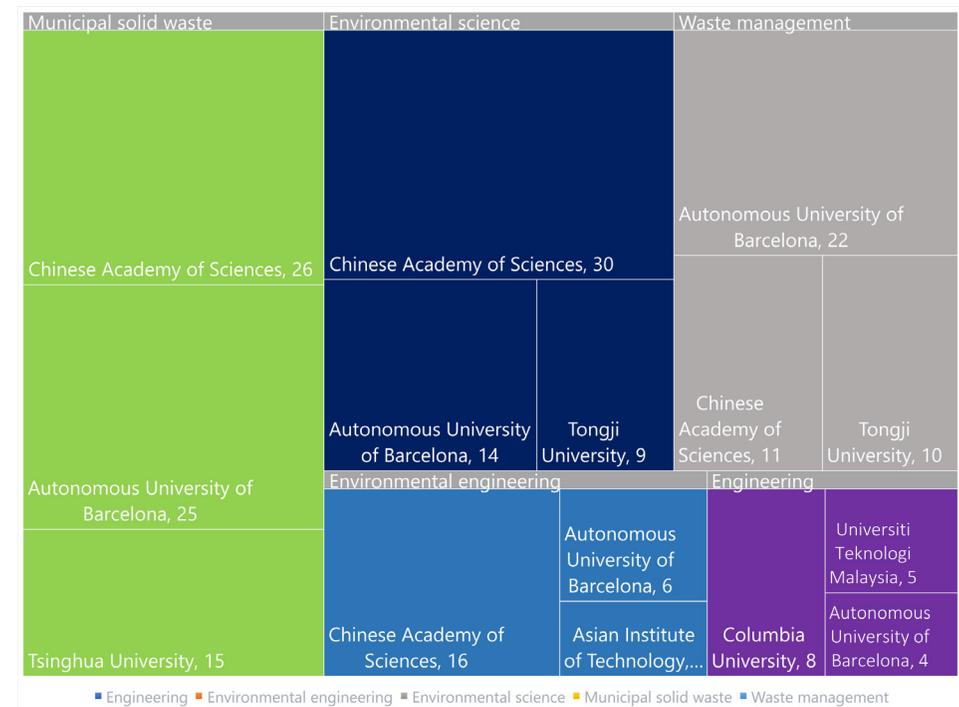


Fig 46. Tipos de instituciones top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org

### 5.6.3. Tendencias en Desarrollo Tecnológico

Una vez analizadas las tendencias teóricas, es necesario expandir y analizar las patentes relevantes a las temáticas, como por ejemplo desde grandes avances en el desarrollo de nuevas tecnologías. La base de datos brindada por la plataforma Lens, en cuanto a patentes y tomando en cuenta la siguiente ecuación de búsqueda, se obtienen las siguientes visualizaciones y conclusiones sobre la misma:

**Palabras clave: Solid waste, Segregation, Separation**

Asimismo, se tuvo en cuenta hacer exclusión de los IPCR<sup>3</sup> A61, C02 y g21 en la ecuación de búsqueda ya que éstos hacen referencia a instrumentos, implementos y procesos médicos, tratamiento de aguas y física nuclear, los cuales generaban que los resultados brindados incluyeran investigaciones poco relevantes y acordes a la misión.

Patents (2,836) = (title:"solid waste" OR abstract:"solid waste" OR claims:"solid waste") AND (title:(separation OR segregation) OR abstract:(separation OR segregation) OR claims:(separation OR segregation)) NOT (classification\_ipcr:(A61\* OR C02\* OR g21\*))



<sup>3</sup> La Clasificación Internacional de Patentes (The International Patent Classification o IPC), prevé un sistema jerárquico de símbolos independientes del idioma para la clasificación de patentes y modelos de utilidad de acuerdo con las diferentes áreas de la tecnología a las que pertenecen. Para mayor información: Wipo.int.

Tomando en cuenta los últimos cuatro años, la evolución de la totalidad de patentes en el tiempo tuvo un comportamiento generalmente creciente, principalmente en el año 2016.

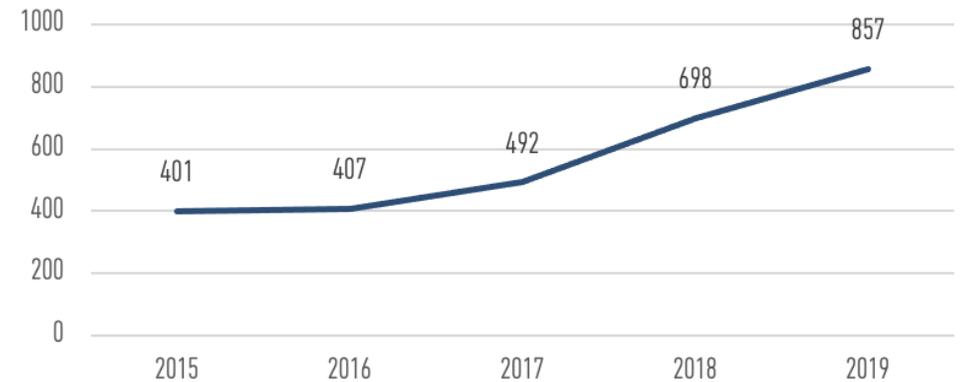


Fig 47. Patentes publicadas en el tiempo. Adaptado de Lens.org (2020)

Por otra parte, respecto a las jurisdicciones más destacadas se encuentran China con una ventaja bastante considerable frente a los demás países, luego, le sigue Estados Unidos.

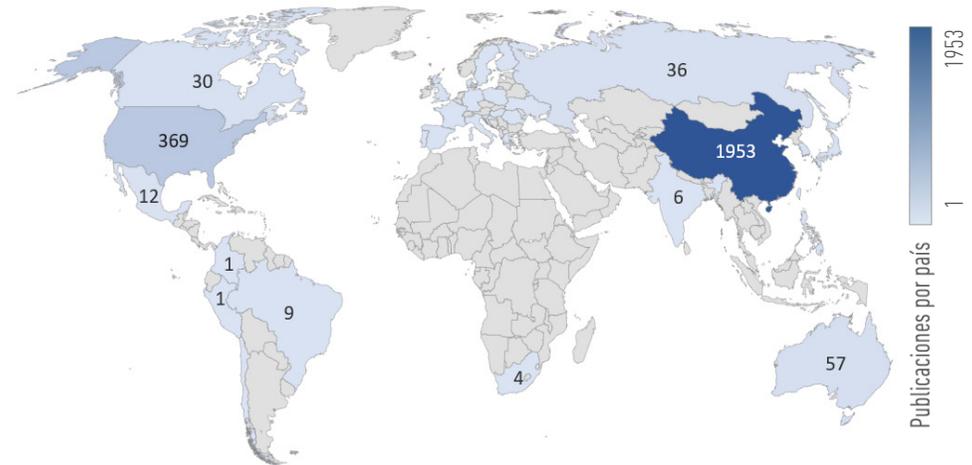


Fig 48. Jurisdicciones Top en el mundo por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Los inventores más destacados son los siguientes: Leo Daniel Michael, Miller Justin Kevin y Burciaga Daniel A. El primer autor ha trabajado en los siguientes tipos de patentes: Destruir desechos sólidos o transformar desechos sólidos en algo útil o inofensivo (B09B3/00), y Gasificación de combustibles granulares o pulverulentos mediante la técnica de Winkler, es decir, por fluidización (C10J3/54), y la institución propietaria asociada es Thermochem Recovery International Inc; el segundo autor también ha trabajado en estas categorías de patentes y la institución propietaria asociada es Thermochem Recovery International Inc; y el tercero las mismas categorías y la misma organización.

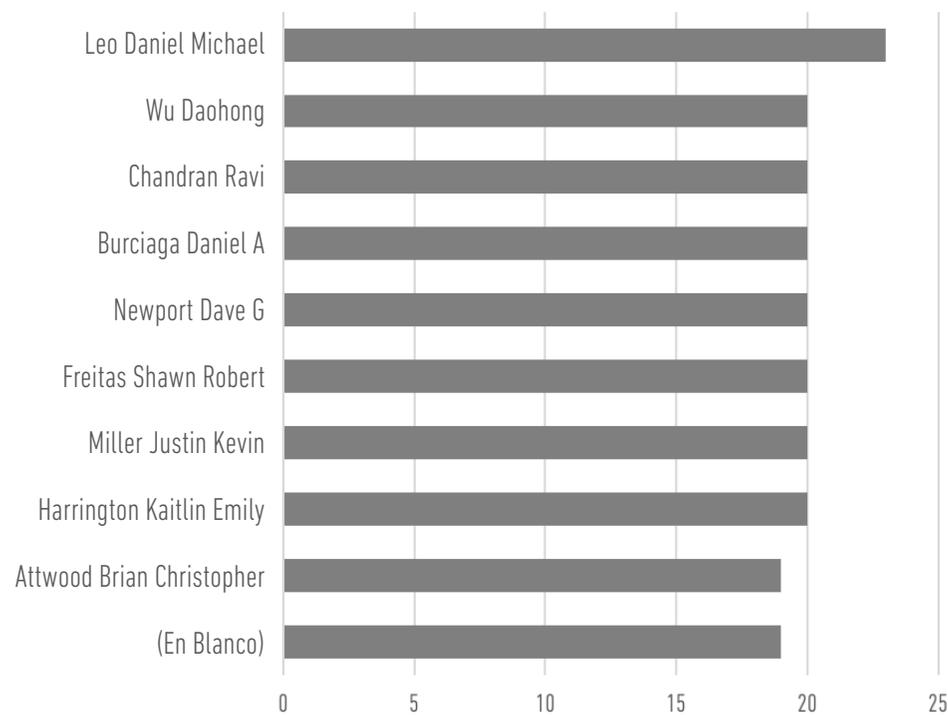


Fig 49. Inventores top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

Finalmente, tomando en cuenta la clasificación IPC R, los tipos de patentes que más se encontraron son: El primer autor, tomando en cuenta los criterios de búsqueda, ha trabajado patentes de los siguientes tipos: Destruir desechos sólidos o transformar desechos sólidos en algo útil o inofensivo (B09B3/00), en lo referente a eliminación de residuos sólidos, se asocia a operaciones no cubiertas por una sola otra subclase o por un solo otro grupo en esta subclase (B09B5/00), y Elaboración de materias primas distintas de minerales, por ejemplo, chatarra, para producir metales no ferrosos o compuestos de los mismos (C22B7/00).



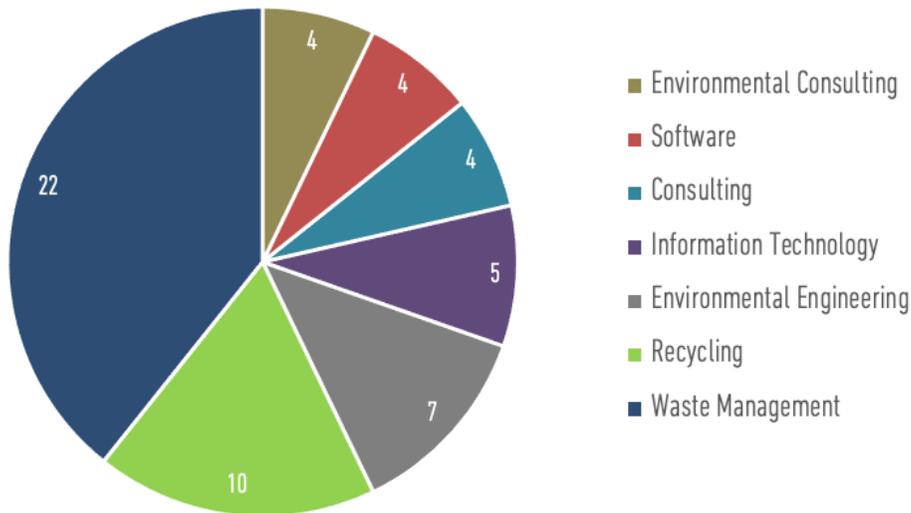
Fig 50. Clasificaciones IPCR top por conteo de documentos. Adaptado de Lens.org (2020)

### 5.2.4. Tendencias en Innovación

Gracias a información obtenida en la base de datos arrojado por Crunchbase, se logró obtener información valiosa para realizar diferentes análisis a partir de los siguientes filtros:

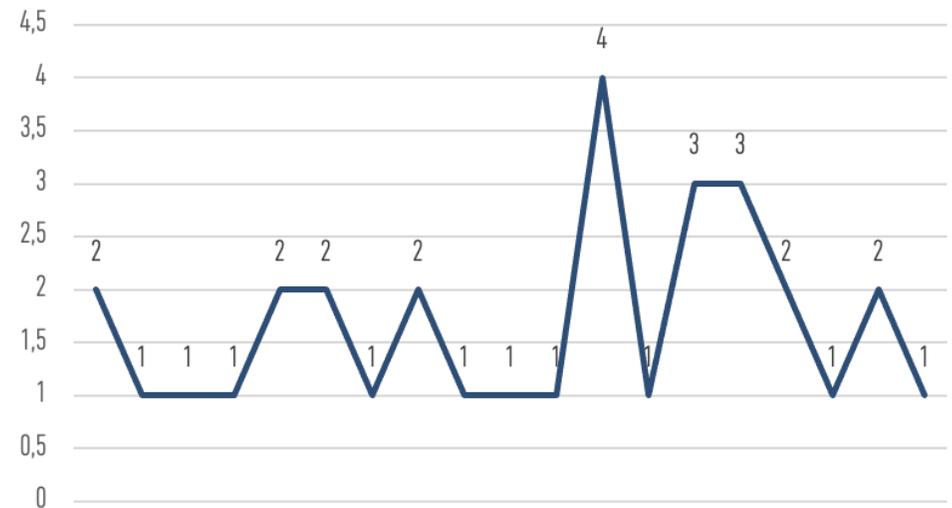
**Palabras claves: Solid waste management, Waste separation, Waste segregation.**

A partir de esta información, se encontró que las empresas relacionadas a la separación en la fuente y el manejo adecuado de residuos sólidos están aumentando poco a poco a través del tiempo. En el top 10 de áreas de sectores con mayor actividad empresarial y de innovación, se encuentran: gestión de residuos, reciclaje, ingeniería ambiental, tecnología de la información, consultoría, consultoría ambiental, entre otras.



**Fig 51.** Top 10 de las industrias con mayor participación en las empresas.  
Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

La dinámica de emprendimiento a través de los años estuvo muy sostenida entre los años 1950 y 1983. Asimismo, tuvo un crecimiento lento en el período 1987 y 2009 sin muchas variaciones. Sin embargo, cerca al 2010 es donde se evidencia un punto de inflexión mostrando el crecimiento a través del tiempo de la creación de empresas. A pesar de evidenciar un pico máximo en este último, a partir del 2015 decreció el número de empresas creadas pasando de 4 a 1 para el 2019.



**Fig 52.** Cantidad de empresas fundadas entre 1960 a 2019.

Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Las startup más llamativas y con mejor rank en la plataforma crunchbase se encuentran en la industria de gestión de residuos y reciclaje, junto con la partición de otras como la robótica y el uso de softwares.

Todas estas se encuentran ubicadas en su etapa inicial (Early Stage Venture) y fueron fundadas a partir del 2007, y han obtenido financiamiento de capital social (Equity Funding Amount) en los años 2015, 2016 y 2019; por ejemplo, ZenRobotics es una empresa finlandesa de alta tecnología especializada en tecnología de reciclaje robótico, su principal producto es ZenRobotics Recycler el cual es un sistema de clasificación de residuos que separa las materias primas de los residuos. ZenRobotics obtuvo un financiamiento de USD 16.957.177 (Equity Funding Amount) en el 2015.

Por otro lado, se encuentra Plataforma Verde la cual ofrece soluciones tecnológicas BaaS (Block-as-a-Service), ofrece una solución de trazabilidad disruptiva para los insumos industriales y la gestión de residuos sólidos. Plataforma Verde a diferencia de ZenRobotics obtuvo una financiación de USD,1500.000 (Equity Funding Amount) para el 2019. Por último, se encuentra Ecowrap, el cual ofrece un canal integrado de punta a punta para la segregación de desechos, monitoreo, recolección, rastreo y reciclaje usando la cadena de bloques; su modelo de negocio incentiva a los generadores de residuos a la segregación de residuos en la fuente. Ecowrap tuvo una última financiación en el 2019 por un monto de USD 14.455 (Equity Funding Amount).

Por otra parte, los inversionistas que más han incursionado en diferentes empresas se muestran en el siguiente top 5 donde encabezan La Agencia Europea para la Pequeña y Mediana Empresa (EASME por sus siglas en inglés) quien gestiona programas programas de la UE en los ámbitos de apoyo a las PYME e innovación, medio ambiente, acción climática, energía y asuntos marítimos. Seguidamente, AIM Smart City es un programa diseñado para identificar, invertir y apoyar a las mejores empresas de nueva creación centradas en hacer de sus ciudades un lugar mejor; AIM es un Acelerador de Socios de Microsoft Ventures.

Asimismo, se encuentra DGF Inversiones el cual es un grupo de inversión líder en Brasil; su enfoque está en inversiones de tipo crecimiento en pequeñas y medianas empresas en Brasil, especialmente en el espacio tecnológico.

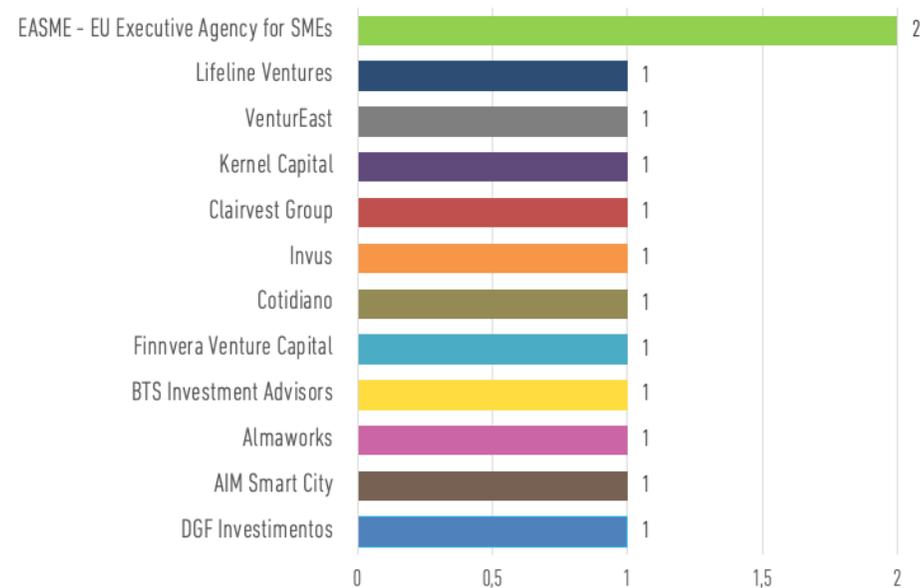


Fig 53. Top 5 inversionistas. Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Finalmente, los países más activos en términos de emprendimiento e innovación se encuentran ubicados, en primer lugar, Estados Unidos con 18 empresas, luego se encuentra India con 12, Brasil y Grecia con 4. En los 4 países nombrados anteriormente, sus industrias top encuentran consistencia en en los filtros proporcionados inicialmente, como la gestión de residuos sólidos. Es importante señalar que, aunque estas industrias son las principales mostradas por la base de datos de crunchbase, existe una gran variedad de empresas cuya finalidad se encuentra relacionada con varias industrias al mismo tiempo.

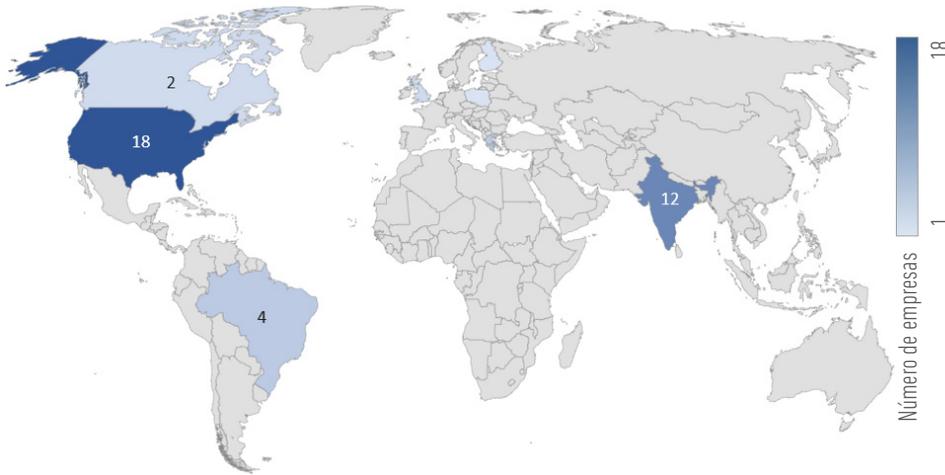


Fig 54. Mapa actividad Empresarial, Fuente: elaboración propia a partir de Crunchbase.

Aunque hasta el momento la plataforma de bases de datos de Crunchbase no cuenta con registros de empresas provenientes de Colombia, sin embargo, se logró obtener información de un país latinoamericano como Brasil; cuenta con una serie de empresas que se están desarrollando en las industrias de gestión de residuos, ingeniería ambiental, consultoría ambiental y reciclaje.

Adicionalmente, Venture Radar (s.f.) destaca las siguientes startups:



**Uzer:** su aplicación móvil permite clasificar fácilmente sus residuos brindando la información correcta; recompensar con cupones y promociones; facilitar compras diarias añadiendo los productos que pone en su papelera en su lista de la compra y conectarla a sus tiendas en línea.



**Tomra Sorting GMBH:** ofrece soluciones para una productividad óptima de los recursos en dos áreas: Soluciones de recogida (venta inversa y recuperación de materiales); Soluciones de clasificación (reciclaje, minería, alimentos y productos especiales).



**EcoBali:** se creó en respuesta a la urgencia de los problemas de gestión de desechos en la isla de Bali; la compañía está operando su propia instalación de clasificación y recuperación de materiales para asegurar que los residuos se gestionen adecuadamente.



**Sadako Technologies:** se centra en la industria de los residuos sólidos municipales; son especialistas en el desarrollo de tecnologías de Inteligencia Artificial y Robótica de última generación para la recuperación completa de los materiales.



**Optisort:** ofrece sistemas para la clasificación inteligente de residuos y reciclables; junto con su equipo y el software no sólo clasifican eficientemente los productos y materiales de desecho, sino que recogen información sobre el material clasificado.

Finalmente, es importante destacar empresas como Bulk Handling Systems que hacen uso de diferentes herramientas como la robótica y la tecnología, con el objetivo de generar avances en aspectos de sostenibilidad; y en el 2020 enseñó su robot bautizado Max-AI, el cual utiliza redes neuronales de varias capas y un sistema de visión que identifica y clasifica los materiales reciclables logra hacer muy eficiente la fase de elección y clasificación de desechos, generando una mejor recuperación de material y eficiencia operativa (Tech That Matters, 2020).



Sistema inteligente de clasificación de basura

### 5.6.5. Tendencias en habilidades requeridas

En la actualidad, hay un creciente énfasis en la reducción de desechos, la protección ambiental y la sostenibilidad, la cual impulsa la necesidad de servicios de gestión de desechos y experiencia en este campo. Los deberes y responsabilidades de los trabajadores involucran el desarrollo de políticas, lineamientos y estándares ambientales (Eco Canada, 2017).

Los trabajos que se presentan en el subsector son multidisciplinarios, ya que los trabajadores pueden tener diferentes conjuntos de habilidades y antecedentes profesionales. Por ejemplo, las ocupaciones se pueden dividir de la siguiente manera:

- Administración
- Ocupaciones profesionales, técnicas y de oficios calificados (ingenieros, tecnologías y especialistas)
- Intermedio y mano de obra (conductores en la gestión de residuos, trabajadores con habilidades en la gestión de residuos y operadores de equipos pesados)

Asimismo, las competencias y habilidades son diversas, ya que se le exige al trabajador que conozca las políticas y regulaciones que afectan la gestión de residuos, así como desarrollar e implementar planes y programas de gestión de residuos, monitoreo de su aplicación, eliminación, y recolectar muestras y datos con fines ambientales (Eco Canada, 2017).

El desarrollo profesional se puede dar en las áreas como (Prospects, 2018):

- |                                  |                                 |
|----------------------------------|---------------------------------|
| ■ Gestión general                | ■ Ciencias ambientales          |
| ■ Habilidades informáticas       | ■ Química y Biología            |
| ■ La gestión del presupuesto     | ■ Geología                      |
| ■ Gestión de recursos y residuos | ■ Ingeniería (ambiental, civil) |
| ■ Residuos peligrosos            | ■ Gestión de vertederos         |
| ■ Legislación sobre residuos     |                                 |

Algunos ejemplos de los empleos de trabajo que tienen demanda para la gestión de residuos sólidos son:

- **Oficial de gestión de residuos:** Un funcionario de gestión de residuos utiliza la legislación, las iniciativas y las políticas, así como la comunicación con los residentes y los ayuntamientos, para diseñar e implementar estrategias para manejar los residuos; organizará y gestionará las instalaciones de eliminación, recogida y reciclaje de residuos. Algunos puestos combinan funciones de reciclaje y gestión de residuos, mientras que otros los dividen en trabajos separados (Prospects, 2018).
- **Oficial de salud ambiental:** son responsables de monitorear y hacer cumplir la legislación sobre salud e higiene, asimismo, investigan los problemas de salud ambiental (Target Jobs, 2020).
- **Oficial de reciclaje:** tienden a trabajar para las autoridades locales (ayuntamientos). Desarrollan e implementan políticas para ayudar a las personas a reciclar más fácilmente, asesoran al público y organizan eventos y programas para promover el reciclaje. Es recomendable que tenga conocimiento en ciencias ambientales, ciencias de la tierra, biología o química (Target Jobs, 2020).

En general, es importante que dentro de los modelos de segregación en la fuente, también se tome en cuenta el papel de los entes gubernamentales y de la ciudadanía con el objetivo de llevar a cabo los proyectos. La recolección y segregación en la fuente puede mejorar mediante una combinación de iniciativas de concientización, incentivos y medidas de cumplimiento para reducir la contaminación que constan de desechos plásticos y orgánicos, y buscar que tanto las personas como las empresas de reciclaje aumenten sus tasas de reciclaje.

The background is a photograph of a library bookshelf, densely packed with books. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. In the upper right corner, there are white geometric lines forming a partial triangle. The text '06' is prominently displayed in the center-right area in a large, white, sans-serif font. Below it, the word 'REFERENCIAS' is written in a smaller, white, sans-serif font. The book spines are visible, with some text like 'LENGUA CASTELLANA', 'HISTORIA DEL HOMBRE', and 'COL·L·LECCIONS' partially legible.

# 06

## REFERENCIAS

## 6. REFERENCIAS

- Accenture. (2020). WINNING IN A CIRCULAR ECONOMY Practical steps for the European chemical industry. Recuperado de [https://www.accenture.com/\\_acnmedia/PDF-117/Accenture-Winning-In-A-Circular-Economy-Executive-Summary.pdf](https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-117/Accenture-Winning-In-A-Circular-Economy-Executive-Summary.pdf)
- Alcaldía de Medellín. (2019a). Seguimiento Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipio de Medellín 2016-2027. Recuperado de [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/MedioAmbiente/Publicaciones/Shared\\_Content/Documentos/2019/SeguimientoPGIRS2019.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/medellin/Temas/MedioAmbiente/Publicaciones/Shared_Content/Documentos/2019/SeguimientoPGIRS2019.pdf)
- Alcaldía de Medellín. (2019b). COMPONENTE: ESTUDIOS DE MERCADO SECTORIALES, EN LÍNEA CON LA POLÍTICA PÚBLICA DE DESARROLLO ECONÓMICO DE MEDELLÍN. Recuperado de <http://www.aceleratuempresa.com.co/web/images/doc/14EconomiaCircular.pdf>
- Alcaldía de Medellín. (2019c). La ciudad cuenta con 1.240 recicladores formalizados. Recuperado de <https://www.medellincuenta.com/?NavigationTarget=navurl://f84abead68790d91f6cd1c733075843e>
- Alcaldía de Medellín. (2020). Perfil Demográfico 2016-2020 Total Medellin. Recuperado de [https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalDelCiudadano\\_2/PlandeDesarrollo\\_0\\_17/IndicadoresyEstadisticas/Shared\\_Content/Documentos/ProyeccionPoblacion2016-2020/Perfil\\_Demografico\\_2016\\_-\\_2020\\_Total\\_Medellin.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportalDelCiudadano_2/PlandeDesarrollo_0_17/IndicadoresyEstadisticas/Shared_Content/Documentos/ProyeccionPoblacion2016-2020/Perfil_Demografico_2016_-_2020_Total_Medellin.pdf)
- Alcaldía de Santiago de Cali. (s.f.). Residuos aprovechables. Retrieved from <https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/140793/residuos-aprovechables/>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). Una apuesta colectiva hacia el aprovechamiento de residuos. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/noticias/elmetropolitano-ambiental/una-apuesta-colectiva-hacia-el-aprovechamiento-de-residuos>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (s.f.). Incentivos tributarios. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/Paginas/consumo-sostenible/incentivos-tributarios.aspx>
- Arora et al. (2018). Circular Economy A business Imperative for India. Government Information Quarterly. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2006.04.004>
- Babazadeh, T., Nadrian, H., Mosaferi, M., & Allahverdipour, H. (2018). Identifying Challenges and Barriers to Participating in the Source Separation of Waste Program in Tabriz, Northwest of Iran: A Qualitative Study from the Citizens' Perspective. Resources, 7(3), 53. <https://doi.org/10.3390/resources7030053>
- Banco Mundial. (2019). GDP (current US\$) - South Africa. Recuperado de <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=ZA>
- Banco Mundial. (2019). Solid Waste Management. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>
- BID. (2019). Liberando la economía circular en América Latina y el Caribe - Negocios Sostenibles. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/bidinvest/es/liberando-la-economia-circular-en-america-latina-y-el-caribe/>
- BID. (2020). Economía circular, ciudades circulares: una alternativa sostenible para América Latina y el Caribe. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/ciudades-circulares-economia-circular-sostenibilidad-urbelac-europa-america-latina-caribe/>
- Bulk Handling Systems. (s.f.). Home - Bulk Handling Systems. Retrieved from <https://www.bulkhandlingsystems.com/>
- CEPS. (2019). Moving towards a circular economy: EU policy framework and current challenges. Recuperado de [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2019/20191104/2-Circular\\_Economy-V.\\_Rizos\\_CEPS.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/timber/meetings/2019/20191104/2-Circular_Economy-V._Rizos_CEPS.pdf)
- CES. (s.f.). Circular Economy Switzerland | Circular Economy Switzerland. Recuperado de <https://circular-economy-switzerland.ch/?lang=en>
- Chen, F., Li, X., Ma, J., Yang, Y., & Liu, G. J. (2018). An exploration of the impacts of compulsory source-separated policy in improving household solidwaste-sorting in pilot megacities, China: A case study of Nanjing. Sustainability (Switzerland), 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051327>
- Chintan Environmental Research and Action Group. (2019). Frequently Asked Questions about Solid Waste. Recuperado de [http://www.chintan-india.org/themes/nexus/assets/images/waste-101/Frequently\\_Asked\\_Questions\\_about\\_Solid\\_Waste.pdf](http://www.chintan-india.org/themes/nexus/assets/images/waste-101/Frequently_Asked_Questions_about_Solid_Waste.pdf)
- Circle Economy. (2017). CIRCULAR JOBS Understanding Employment in the Circular

- Economy in the Netherlands. Recuperado de [https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular\\_jobs.pdf](https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_jobs.pdf)
- Circle Economy. (2020). State of Play and Future Pathways CIRCULAR ECONOMY 2. Recuperado de [https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/5e6897dafa8092a5a678a16e\\_202003010 - J%26S in the circular economy report - 297x210.pdf](https://assets.website-files.com/5d26d80e8836af2d12ed1269/5e6897dafa8092a5a678a16e_202003010 - J%26S in the circular economy report - 297x210.pdf)
  - Ciudad y Condado de Nantucket MA. (2019). Waste Collection/Hauling and Source Separation | Nantucket, MA - Official Website. Retrieved from <https://nantucket-ma.gov/1468/Waste-CollectionHauling-and-Source-Separ#>
  - Climate & Clean Air Coalition. (2015). Sao Paulo waste actions, Retrieved from <https://www.ccacoalition.org/en/activity/sao-paulo-waste-actions>
  - Climate & Clean Air Coalition. (2019). São Paulo tackles organic waste. Recuperado de <https://ccacoalition.org/en/news/são-paulo-tackles-organic-waste>
  - CNBC. (2018). How San Francisco sends less trash to the landfill than any other major U.S. city. Recuperado de <https://www.cnbc.com/2018/07/13/how-san-francisco-became-a-global-leader-in-waste-management.html>
  - Contacto Verde. (2016). Colombia entierra millones de pesos por no reciclar. Recuperado de <https://www.contactoverde.com.co/web/colombia-entierra-millones-de-pesos-por-no-reciclar/>
  - DANE. (2019). Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190822-CNPV-presentacion-Antioquia-Valle-de-Aburra.pdf>
  - Departamento Administrativo de Planeación. (2018). Cantidad de residuos Sólidos Generados y Dispuestos en Jurisdicción de las Autoridades Ambientales del Departamento de Antioquia (toneladas). Recuperado de <http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/3-1-1-cantidad-del-departamento-antioquia-2018>
  - Departamento de Asuntos Ambientales de la República de Sudáfrica. (2012). NATIONAL WASTE INFORMATION BASELINE REPORT. Recuperado de <http://sawic.environment.gov.za/documents/1880.pdf>
  - Departamento de Asuntos Ambientales de la República de Sudáfrica. (2018). South Africa State of Waste Report First draft report. Recuperado de <http://sawic.environment.gov.za/documents/8635.pdf>
  - Departamento de Medio Ambiente de San Francisco. (2019a). ATTENTION. Recuperado de <https://41k4p01v6nzq13r4y42jb9xv-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/01/SFE-letter-FINAL-1.pdf>
  - Departamento de Medio Ambiente de San Francisco. (2010). ZERO WASTE. Recuperado de [https://sfenvironment.org/sites/default/files/editor-uploads/zero\\_waste/sfe\\_zw\\_strategic\\_plan\\_14.pdf](https://sfenvironment.org/sites/default/files/editor-uploads/zero_waste/sfe_zw_strategic_plan_14.pdf)
  - Departamento de Medio Ambiente de San Francisco. (2019b). Zero Waste - Frequently Asked Questions (FAQs). Recuperado de <https://sfenvironment.org/zero-waste-faqs#fantastic-three>
  - DNP. (2018). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017. Recuperado de [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2.\\_disposicion\\_final\\_de\\_residuos\\_solidos\\_-\\_informe\\_2017.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf)
  - Eco Canadá. (2017). Waste Management: Current Job Trends and Future Growth, Retrieved from <https://www.eco.ca/research/report/careers-waste-management/>
  - El Colombiano. (2017). Medellín busca recuperar el 25 % de los residuos sólidos. Recuperado de <https://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin-busca-recuperar-el-25-de-los-residuos-solidos-HC7664687>
  - Ellen MacArthur Foundation. (2019). CITIES AND CIRCULAR ECONOMY FOR FOOD. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Focus-City-São-Paulo-Brazil.pdf>
  - EMPA materials science and technology. (2016). Emissions of airborne pollutants from the municipal solid waste incineration plants of Giubiasco (TI) and Hinwil (ZH) Final Report (12/2015-4/2016). Recuperado de [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/luft/fachinfo-daten/final\\_report\\_mswigiubiascohinwil.pdf.download.pdf/final\\_report\\_mswigiubiascohinwil.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/luft/fachinfo-daten/final_report_mswigiubiascohinwil.pdf.download.pdf/final_report_mswigiubiascohinwil.pdf)
  - Empresas Varias de Medellín - Emvarias. (2019a). Estados financieros y revelaciones al 31 de diciembre de 2019 y 2018. Recuperado de [https://www.emvarias.com.co/Portals/1/Corporativo/Accionistas/informes\\_financieros/REVELACIONES\\_EMVARIAS\\_DICIEMBRE\\_2019\\_APROBADAS.pdf?ver=2020-04-22-134753-903](https://www.emvarias.com.co/Portals/1/Corporativo/Accionistas/informes_financieros/REVELACIONES_EMVARIAS_DICIEMBRE_2019_APROBADAS.pdf?ver=2020-04-22-134753-903)
  - Empresas Varias de Medellín - Emvarias. (s.f.a). Relleno Sanitario La Pradera. Recuperado de <https://www.emvarias.com.co/servicios/home/servicio-publico-de-aseo/relleno-sanitario-la-pradera>

- Empresas Varias de Medellín - Emvarias. (s.f.b). Programas y Proyectos en Ejecución. Recuperado de <https://www.emvarias.com.co/corporativo/home/institucional/programas-y-proyectos-en-ejecucion>
- Empresas Varias de Medellín. (2019b). La Feria de las Flores más amigable con el ambiente de la historia: ¡70 toneladas de residuos aprovechados! Recuperado de <https://www.emvarias.com.co/interna-contenido/artmid/2922/articleid/2139/la-feria-de-las-flores-m225s-amigable-con-el-ambiente-de-la-historia-16170-toneladas-de-residuos-aprovechados>
- Environmental Protection Department. (2018). Source Separation of Domestic Waste | Waste Reduction Website. Retrieved from [https://www.wastereduction.gov.hk/en/household/source\\_intro.htm](https://www.wastereduction.gov.hk/en/household/source_intro.htm)
- ESCAP. (2017). Sustainable Development Benefits of Integrated Waste Management. Recuperado de [https://www.unescap.org/sites/default/files/Sustainable Development Benefits of Waste Management.pdf](https://www.unescap.org/sites/default/files/Sustainable%20Development%20Benefits%20of%20Waste%20Management.pdf)
- Frontier Group. (2018). Moving from Destructive Consumption to a Zero-Waste System Trash in America. Recuperado de [https://uspig.org/sites/pirg/files/reports/US - Trash in America - Final.pdf](https://uspig.org/sites/pirg/files/reports/US%20Trash%20in%20America%20Final.pdf)
- General Kinematics Corporation. (2020). Importance of Education in Source Separation | General Kinematics. Retrieved from <https://www.generalkinematics.com/blog/importance-of-education-in-source-separation/>
- Global Methane Initiative. (2018). 2 MW Waste to Energy Project (Ghazipur, Delhi). Recuperado de [https://www.globalmethane.org/attachments/Ghazipur WTE Project.pdf](https://www.globalmethane.org/attachments/Ghazipur%20WTE%20Project.pdf)
- Gobierno de Risaralda. (s.f.). LA IMPORTANCIA DE LA CLASIFICACION EN LA FUENTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS - Municipio de La Celia. Retrieved from <http://www.lacelia-risaralda.gov.co/noticias/la-importancia-de-la-clasificacion-en-la-fuente-de-los>
- Government of Delhi. (2017). Recommendations for Long Term Action Plan for Solid Waste Management in Delhi. Recuperado de [http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/solid waste management in Delhi.pdf](http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/solid%20waste%20management%20in%20Delhi.pdf)
- Government of National Capital Territory of Delhi. (2019). Report By Dept Of Urban Development. Recuperado de [https://greentribunal.gov.in/sites/default/files/all\\_documents/REPORT BY DEPT OF UD, DELHI IN OA. NO. 519 of 2019 WITH OA NO. 386 of 2019.pdf](https://greentribunal.gov.in/sites/default/files/all_documents/REPORT%20BY%20DEPT%20OF%20UD,%20DELHI%20IN%20OA.%20NO.%20519%20of%202019%20WITH%20OA%20NO.%20386%20of%202019.pdf)
- Gregorio, P. y T. (2018). A systematic literature review of bio, green and circular economy trends in publications in the field of economics and business management. Sustainability (Switzerland), Vol. 10. <https://doi.org/10.3390/su10114232>
- Hindustan Times. (2019). Waste segregation awareness in S Delhi - delhi news - Hindustan Times. Retrieved from <https://www.hindustantimes.com/delhi-news/waste-segregation-awareness-in-s-delhi/story-BVghDkUn76ZyQS9uMFuWMJ.html>
- Hitachi Zosen Inova. (2019). Technology. Recuperado de [http://www.hz-inova.com/cms/en/home/?page\\_id=6](http://www.hz-inova.com/cms/en/home/?page_id=6)
- Hitachi Zosen Inova. (s.f.). Lausanne / Switzerland Energy-from-Waste Plant. Recuperado de [http://www.hz-inova.com/cms/wp-content/uploads/2014/11/hzi\\_ref\\_lausanne-en.pdf](http://www.hz-inova.com/cms/wp-content/uploads/2014/11/hzi_ref_lausanne-en.pdf)
- IBEF. (2020). Industrial Development & Economic Growth In Delhi. Recuperado de <https://www.ibef.org/states/delhi-presentation>
- ICRIER. (2018). Solid Waste Management in India An Assessment of Resource Recovery and Environmental Impact. Recuperado de [https://icrier.org/pdf/Working\\_Paper\\_356.pdf](https://icrier.org/pdf/Working_Paper_356.pdf)
- ICRIER. (2019). SOLID WASTE MANAGEMENT IN INDIA. Recuperado de [http://icrier.org/pdf/4-Jan-2019/Utkarsh\\_Patel-SWM\\_in\\_India.pdf](http://icrier.org/pdf/4-Jan-2019/Utkarsh_Patel-SWM_in_India.pdf)
- IL&FS Environment. (2017). Waste to Energy Plant, Ghazipur. Recuperado de <https://www.ilfsindia.com/our-work/environment/waste-to-energy-plant-ghazipur/>
- IndiaCSR. (2020). Circular Economy: Indianoil, NTPC and SDMC partner to generate electricity from Municipal Waste. Recuperado de <https://indiacsr.in/circular-economy-indianoil-ntpc-and-sdmc-partner-to-generate-electricity-from-municipal-waste/>
- International Solid Waste Association (ISWA). (s.f.). EVALUATION AND RECOMMENDATION REPORT OF THE PILOT COMPOSTING PLANT IN THE LAPA DISTRICT OF THE CITY OF SAO PAULO. Recuperado de [https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/files/assessment\\_lapa\\_composting\\_plant-\\_sao\\_paulo.pdf](https://www.waste.ccacoalition.org/sites/default/files/files/assessment_lapa_composting_plant-_sao_paulo.pdf)
- Joburg. (2011). City of Johannesburg Integrated Waste Management Plan. Recuperado de <http://www.pikitup.co.za/wp-content/uploads/2015/10/City-of-Joburg-Integrated-Waste-Management-Plan-2011.pdf>
- Joburg. (2018). Pikitup. Recuperado de [https://www.joburg.org.za/departments\\_/Pages/MOEs/Pikitup.aspx](https://www.joburg.org.za/departments_/Pages/MOEs/Pikitup.aspx)

- Joburg. (2019). Informe anual de la ciudad de Johannesburgo. Recuperado de <https://bit.ly/3tRR8j9>
- Kukoyi et al. (2017). Waste Quantification at the Johannesburg Market for the City of Johannesburg Waste to Energy Programme. Recuperado de <https://bit.ly/3aZMA1x>
- Lens. (n.d.). The Lens - Free & Open Patent and Scholarly Search. Retrieved September 4, 2020, from <https://www.lens.org/>
- Liz at Lancaster. (2019). Get to know and work with your local recyclers | Liz at Lancaster Guest House Blog. Recuperado de <https://bit.ly/3rN95NT>
- Macrotrends. (2020). Johannesburg, South Africa Metro Area Population 1950-2020. Recuperado de <https://www.macrotrends.net/cities/22486/johannesburg/population>
- MDPI. (2018). Municipal solid waste management from the experience of São Leopoldo/ Brazil and Zurich/Switzerland. Sustainability (Switzerland), 10(10). <https://doi.org/10.3390/su10103716>
- Medellín Cómo Vamos. (2019). Informe de calidad de vida de Medellín 2018. Recuperado de <https://bit.ly/2Z8fdnP>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Gobierno unifica el código de colores para la separación de residuos en la fuente a nivel nacional, Retrieved from <https://bit.ly/3tR5zUA>
- Namaste Switzerland. (2019). Waste Disposal and Recycling in Switzerland - Namaste Switzerland. Retrieved from <https://bit.ly/2LJqt6P>
- NRDC. (2017). Food Waste Case Study: Empower Cities To Prevent, Rescue, and Recycle. Recuperado de <https://on.nrdc.org/3af76fj>
- OECD. (2018). Business Models for the Circular Economy Opportunities and Challenges from a Policy Perspective RE-CIRCLE Resource Efficiency & Circular Economy Project. Recuperado de <https://bit.ly/378fU4Q>
- OECD. (2020). Regional Statistics. Recuperado de <https://bit.ly/2MXEVIY>
- Oficina Federal de Medio Ambiente (FOEN). (2018). Waste and raw materials: In brief. Recuperado de <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/waste/in-brief.html>
- ONU Medio Ambiente. (2019). Taller Regional: Instrumentos para la implementación efectiva y coherente de la dimensión ambiental de la agenda de desarrollo Caso 4: RESIDUOS. Recuperado de <https://bit.ly/2MOoheC>
- OrangeSiliconValley. (2017). How IoT technology could solve San Francisco's waste problem. Recuperado de <https://bit.ly/3qigKn3>
- Pikitup. (2018). WASTE MINIMISATION INITIATIVES. Recuperado de <https://bit.ly/3rPXT3k>
- Pikitup. (s.f.). Separation@source -. Recuperado de <https://bit.ly/3rObDeC>
- Polzer & Persson. (2016). MSW Management in São Paulo City and the National Policy of SolidWaste. <https://doi.org/10.2174/1876400201609010001>
- Population City. (2015). Delhi · Población. Recuperado de <http://poblacion.population.city/india/delhi/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). Africa Waste Management. Recuperado de <https://bit.ly/2OzFR6X>
- Prospects. (2018). Waste management officer job profile, Retrieved from <https://www.prospects.ac.uk/job-profiles/waste-management-officer>
- PWC. (2019). The road to circularity. Recuperado de <https://www.pwc.de/de/nachhaltigkeit/pwc-circular-economy-study-2019.pdf>
- Rasmeni y Madyira. (2019). A Review of the Current Municipal Solid Waste Management Practices in Johannesburg City Townships. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.052>
- Razali, F., Weng Wai, C., Daud, Z., & Hon Choong, C. (2017). ACCEPTANCE OF WASTE SEPARATION AT SOURCE PRACTICE AMONG HOUSEHOLDS: A LITERATURE REVIEW. In International Journal of Real Estate Studies (Vol. 11). Retrieved from <https://bit.ly/2MZIUWK>
- Recology Waste Zero. (2020). Environment & Innovation - Recology. Recuperado de <https://www.recolgy.com/environment-innovation/#resource-recovery>
- Recology. (2019). Sustainability at Recology. Recuperado de <https://bit.ly/2N0x1P9>
- Recology. (s.f.). Recycling Legislation | San Francisco Zero waste initiatives. Retrieved from <https://www.recolgy.com/recology-san-francisco/recycling-legislation/>
- Research, I. J. of S. & E. (2019). Challenges in Municipal Solid Waste Management in India. Recuperado de <https://bit.ly/2NpRWeb>
- Revista Brasileira de Energias Renováveis. (2018). Evaluation Of The Elemental Composition Of Municipal Solid Waste Bottom Ash: A New Methodology For Sample Preparation. Recuperado de <https://bit.ly/3pgDhil>

- SF Environment. (s.f.). Recycling & Composting in San Francisco - FAQs | sfenvironment.org - Our Home. Our City. Our Planet. Retrieved from <https://bit.ly/378D8bb>
- sf environment. (s.f.). Zero Waste - Frequently Asked Questions (FAQs) | sfenvironment.org - Our Home. Our City. Our Planet. Recuperado de <https://bit.ly/3d7Vmx9>
- Social Circular Economy. (2018). SOCIAL CIRCULAR ECONOMY OPPORTUNITIES FOR PEOPLE, PLANET AND PROFIT. Recuperado de <https://bit.ly/39fNnul>
- Statista. (2019). Ingresos per cápita de las ciudades más pobladas de Estados Unidos 2017. Recuperado de <https://bit.ly/3qfgXax>
- Superintendencia de servicios domiciliarios. (2019). INFORME DE SEGUIMIENTO A SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL. Recuperado de <https://bit.ly/2OwMK98>
- Switzerland Confederation. (2018). Recycling, The Swiss are champion waste recyclers. Recuperado de <https://bit.ly/3tPbPFA>
- TARGETjobs. (2020). Environmental health officer: job description, Retrieved from <https://bit.ly/2N1fRkj>
- Tech That Matters. (2020). This Robot Uses Artificial Intelligence With Deep Learning To Recycle Better – Tech That Matters. Retrieved from <https://bit.ly/3795WQK>
- The Swiss Confederation. (2011). National Reporting to CSD 18/19 by Switzerland – Waste Management. Recuperado de <https://bit.ly/3qmi3la>
- The University of Virginia. (2016). Mapping Delhi Landfills. Recuperado de <http://www.yamunariverproject.org/mapping-delhi-landfills.html>
- The Wire. (2017). As Delhi Prepares to Segregate Its Waste at Source, Lessons From Other Such Efforts. Retrieved from <https://bit.ly/2LJ0QTG>
- Tsheleza, Ndhleve, Kabiti, M. & N. (2019). Vulnerability of growing cities to solid waste-related environmental hazards: The case of Mthatha, South Africa. *Jambá Journal of Disaster Risk Studies*, 11(1). <https://doi.org/10.4102/jamba.v11i1.632>
- UN Environment. (2017). Objetivos de Desarrollo Sostenible y Gestión de Residuos. Recuperado de <https://bit.ly/3dk2VRF>
- Universidad Central del Ecuador. (2018). La Economía Circular Como Factor De Desarrollo Sustentable Del Sector Productivo Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6828555.pdf>
- Universidad de Berna. (2017). Optimized Metal Recovery from Fly Ash from Municipal Solid Waste Incineration. Recuperado de [https://boris.unibe.ch/110441/2/17weibel\\_g.pdf](https://boris.unibe.ch/110441/2/17weibel_g.pdf)
- Universidad de Columbia. (2016). Legal aspects of introducing waste-to-energy (WTE) technology in Sao Paulo State of Brazil: The case studies of URE Barueri and city of Sao Paulo. Recuperado de <https://bit.ly/3pgQ3Or>
- Universidad del Rosario. (2019). Economía circular como alternativa sostenible para el desarrollo productivo de las industrias. Recuperado de <https://bit.ly/2LvrcYV>
- University of Delhi. (2019). Study on municipal solid waste management and challenges faced in Indian metropolitan cities. In *International Journal of Home Science* (Vol. 5). Recuperado de [www.homesciencejournal.com](http://www.homesciencejournal.com)
- VentureRadar. (s.f.). Top Waste sorting companies | VentureRadar. Retrieved September 4, 2020, from [https://www.ventureradar.com/keyword/Waste sorting](https://www.ventureradar.com/keyword/Waste%20sorting)
- Verisk Maplecroft. (2019). Changing the perspective on risk Waste Generation and Recycling Indices. Recuperado de <https://bit.ly/3jKy41r>
- WEF. (2018). Circular Economy in Cities Evolving the model for a sustainable urban future. Recuperado de <https://bit.ly/3d8GmPA>
- World Bank Group. (2018b). Integrated Solid Waste Management and Carbon Finance Project. Recuperado de <https://bit.ly/3d3ueiR>
- World Bank. (2018a). What a Waste Global Database. Recuperado de <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/what-waste-global-database>
- World Population Review. (2020). Sao Paulo Population 2020 (Demographics, Maps, Graphs). Recuperado de <https://bit.ly/2LQWpew>
- Yukalang, N., Clarke, B., & Ross, K. (2018). Solid waste management solutions for a rapidly urbanizing area in Thailand, 15(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph15071302>
- Zero Waste California. (2017). Why Zero Waste? Recuperado de <https://zerowastecalifornia.org/2017/08/10/why-zero-waste/>
- Zero Waste Energy (ZWE). (2019). Benefits of SMARTFERM in South San Francisco. Recuperado de <https://bit.ly/2OGFWWx+medicina+personalizada+del+c%3Fncer>
- Zero Waste Switzerland. (2019). ZeroWaste Switzerland. <https://zerowasteswitzerland.ch/>. Recuperado de <https://zerowasteswitzerland.ch/en/>

# OBSEVATORIO CT+i

ÁREA DE OPORTUNIDAD: RESIDUOS SÓLIDOS

OPERA :

ruta<sup>n</sup>  
MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

