



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Bogotá



maestría  
en gestión  
ambiental  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

**MODELO DE GESTIÓN DE PLÁSTICO TIPO PET EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ  
PARA SU REUTILIZACIÓN Y TRANSFORMACIÓN A FIBRAS O MATERIALES  
DE USO TEXTIL**

**MARIA PAULA SALCEDO REINA**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA**

**FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**2021**



## **APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR PARA LA REVISIÓN DEL PROYECTO – BECA ADAPTO**

Como director del proyecto de grado y con la revisión del documento aquí presentado, apruebo la presentación de este documento en la convocatoria ADAPTO al considerar que la información cumple al trabajo desarrollado por la estudiante Maria Paula Salcedo.

MSc. Willmar Ricardo Rugeles Joya

Director de departamento de Diseño



## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 CONTEXTO**

La contaminación plástica ha ido aumentando por el rápido crecimiento en la producción y uso del plástico combinado con los modelos económicos lineales que no tienen en cuenta las externalidades como lo son los residuos. Así mismo, una inadecuada gestión de residuos, que no tiene la capacidad suficiente para eliminar o reciclar residuos plásticos de forma segura, resulta en la contaminación del medio ambiente (Lau et al., 2020). De acuerdo con (Geyer et al., 2017) se estima que entre 1950 y 2015, la generación de plásticos primarios y reciclados fue de 6300 Mt, por lo que si no se tiene una adecuada gestión de dichos residuos, la generación de plástico se duplicara para el año 2050 (Lau et al., 2020).

Para el manejo de los residuos plásticos y reducción de los impactos generados se han considerado estrategias de dos tipos i) pre-consumo, la cual hace referencia a la reducción de la demanda, y ii) posconsumo en la cual se realizan actividades de recolección y reciclaje. Sin embargo, una de las grandes limitaciones al momento de realizar las actividades relacionadas al posconsumo, es la gran diversidad de polímeros que existen en el mercado, especialmente en los países donde los servicios de recolección de desechos son proporcionados de manera informal (Lau et al., 2020).

Como evidencia (Bataineh, 2020) en su artículo “Life-cycle Assessment of recycling postconsumer high-density polyethylene and polyethylene terephthalate”, el uso de plástico reciclado puede significar una reducción de los impactos ambientales generados por la fabricación de plástico virgen, como lo son la reducción del consumo de combustibles fósiles, la reducción de la energía y de residuos sólidos urbanos, la reducción de las emisiones de



dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y dióxido de azufre, impactos que se minimizan por medio de la disminución o limitación de actividades de explotación, extracción y transporte de gas natural y petróleo.

Por otro lado, el sector textil ha sido una de las industrias más largas y complejas de los sectores productivos existentes por ser un sector fragmentado y heterogéneo con un gran número de subsectores, este sector ha utilizado dos tipos de fibras: fibras naturales y fibras sintéticas, las primeras son todas aquellas de origen natural que requieren tratamientos de purificación, limpieza e hilatura, mientras que las segundas son todas aquellas fibras artificiales generadas a partir de procesos de transformación química (Tecnalia, 2017); estas últimas, como menciona (PERUGACHI, 2018) se han convertido en las fibras con mayor uso para la fabricación de ropa en el mundo, situación que se inicia a partir de 1947, año en que se concretó un acuerdo en el cual la sociedad empezó a explotar, desarrollar y producir polímeros y fibras de poliéster producidas con petróleo.

Este hecho ha generado que la industria de la moda sea un gran aportante de impactos ambientales negativos en todo el planeta, creyéndose que es el segundo sector más contaminante después de la industria del petróleo, situación que se relaciona por el alto y desmesurado consumo de recursos no renovables, a las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas a la atmosfera y a los vertimientos hídricos (Jacometti, 2019).

Es por esto que al tener dos problemas evidenciados, por un lado la generación de plástico de un solo uso, el cual no ha tenido una adecuada gestión y por el otro, el aumento del uso de fibras sintéticas para la fabricación de ropa la cual ha provocado alto grado de contaminación ambiental, se decide utilizar los residuos plásticos posconsumo para la transformación a fibras sintéticas, esto con el fin de disminuir tanto los impactos provocados



por la generación de plásticos vírgenes, como la fabricación de fibras sintéticas con materiales vírgenes.

## **1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo pueden gestionarse residuos derivados de botellas de plástico en la ciudad de Bogotá para lograr su reutilización y transformación a fibras o materiales de uso textil?

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

De acuerdo con (Geyer, Jambeck, & Law, 2017) la producción de plástico, a partir de la década de 1950, ha presentado un rápido crecimiento superando a la mayoría de los materiales artificiales, principalmente en el mercado del embalaje de un solo uso. Así mismo, se estima que de los 6.300 millones de toneladas métricas de residuos plásticos producidos durante 1950 a 2015, tan solo el 10% de dichos residuos se han reciclado a nivel mundial (Geyer, Jambeck, & Law, 2017). Por otro lado, Colombia tiene un estimado de generación de residuos plásticos posconsumo de 1.401.737 Ton/año (Tecnalia , 2017), de los cuales solo el 20% son aprovechados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2019).

Esta generación de plástico a nivel mundial ha provocado varios impactos negativos al medio ambiente como lo es la contaminación de plástico en los océanos, que de acuerdo con Plastic Oceans Foundation (2018), más de 8 millones de toneladas de plástico de todo el mundo se desechan anualmente en los océanos, afectando la vida marina (Van Rensburg, Nkomo, & Dube, 2020). Así mismo, la producción de plástico se ha convertido en la fuente más importante y de rápido crecimiento de emisiones industriales de gases de efecto invernadero, y la mayoría de sus impactos directos sobre el clima ocurren después del final de la vida útil del plástico (Shen, y otros, 2020).



Es por estas razones que actualmente el reciclaje ha sido uno de los métodos más utilizados para gestionar la mayoría de los residuos plásticos (Shen, y otros, 2020), y que Colombia, por medio de la Estrategia Nacional de Economía circular, buscar revertir la tendencia del aumento de la extracción de materiales para fabricación de plástico y así poder cerrar el ciclo de materiales (Tecnalia , 2017), por lo cual, ha realizado diferentes actividades para el reciclaje de plástico, especialmente el plástico tipo polietilentereftalato (PET), sin embargo, este tipo de plástico tiene actualmente una demanda superior a las cantidades que recicla el país, por lo que debe importar un gran porcentaje del mismo (Tecnalia , 2017).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo de gestión de plástico tipo PET en la ciudad de Bogotá para su reutilización y transformación a fibras o materiales de uso textil.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar como se encuentra la gestión de la recolección, reutilización y transformación de los residuos plásticos tipo PET en la ciudad de Bogotá.
2. Plantear un modelo de gestión de plástico tipo PET para la reutilización y transformación a fibra textil.
3. Estimar la viabilidad del modelo de gestión por medio de un análisis costo – beneficio.

## **3. MARCO REFERENCIAL**

### **3.1 MARCO CONCEPTUAL**

**Economía circular:** La economía circular (EC) nace en los años 90 a partir del estudio de la ecología industrial, la cual busca promover un camino para integrar la sostenibilidad



ambiental y social al desarrollo económico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). De igual forma busca reemplazar el concepto de “fin de vida” por restauración y un cambio hacia el uso de la energía renovable, eliminar el uso de químicos tóxicos y apuntar a la eliminación de desechos (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

La EC se basa en cuatro conceptos básicos los cuales, si se desarrollan correctamente, logran aumentar la productividad de los materiales en cada sistema, el primer concepto es el poder del círculo interno el cual busca minimizar el uso de material, el segundo es el poder de hacer círculos más largos que busca maximizar el número de ciclos consecutivos y/o de tiempo en cada ciclo, el tercer concepto es el poder del uso en cascada que se refiere a la diversificación de la reutilización a lo largo de la cadena de valor, sustituyendo la entrada de materias vírgenes, finalmente el cuarto concepto es el poder de los círculos puros en donde se hace referencia a que los flujos de materiales no contaminados aumenten la eficiencia de recolección y redistribución al tiempo que mantienen la calidad, aumentando la longevidad del producto (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

**Responsabilidad Extendida del Productor:** La figura de responsabilidad extendida del productor es un esquema dentro de la gestión integral de residuos sólidos, la cual tiene como objetivo principal la disminución de los residuos y la reducción del consumo de recursos naturales y económicos, esta se busca desarrollar a través del diseño eficiente del producto y la gestión que logra que el residuo retorne al productor. Este es el mecanismo por excelencia para la gestión integral de residuos y para su aprovechamiento dentro de un sistema de economía circular, induciendo a la reducción de disposición de los residuos en los rellenos sanitarios y las emisiones de gases de efecto invernadero (Fernández Ortiz, 2018).



**Gestión Integral de Residuos Sólidos:** Los residuos no peligrosos son todos aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de sus actividades que no representan un peligro para la salud humana y el medio ambiente. Estos residuos incluyen los urbanos y municipales, los residuos inertes y los residuos especiales no peligrosos, cada uno de estos tipos de residuos producen impactos diferentes al medio ambiente y a la salud, por lo que la gestión se realiza por flujo de residuos. En Colombia, se generó la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en el año 1997, en la cual se definieron metas de reducción tanto de residuos como de impactos; convirtiéndose así en el principal orientador de acciones ambientales en materia de residuos sólido, dicho esto se establecieron los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PFIRS) denominados como instrumentos de planeación municipal o regional, que buscan garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos y la prestación del servicio de aseo (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

**Diseño sostenible:** Se denomina diseño para la sostenibilidad (D4S) a las industrias que toman preocupaciones ambientales y sociales como un elemento clave en su estrategia de innovación de productos a largo plazo. Este es un instrumento útil para las empresas y gobiernos que buscan mecanismos para disminuir problemas ambientales como cambio climático, contaminación, pérdida de biodiversidad y problemas sociales como la pobreza, la salud, la seguridad, entre otras. Esto implica que las compañías incorporen dichos factores en el desarrollo de productos durante el ciclo de vida del producto, durante la cadena de suministro y con respecto a sus entornos socioambientales. El DS4 va más allá de como producir un producto ecológico ya que incluye la búsqueda de satisfacción de las necesidades



de los consumidores de manera más sostenible a un nivel sistemático (Delft University of Technology, 2007).

### **3.2 ESTADO DEL ARTE**

Ante los fuertes aumentos de la variabilidad económica mundial y la explosiva demanda de materias primas y recursos naturales para sustentar el crecimiento poblacional en el mundo, se está generando la necesidad de cambiar el modelo económico lineal que se tiene. Para ello en todo el mundo, las empresas han buscado la forma de reutilizar productos o sus componentes y restaurar insumos de materiales, energía y mano de obra, logrando así una transformación a una economía circular (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

La economía circular es conceptualmente holística, restauradora y regenerativa, ya que proporciona productos, componentes y materiales para que mantengan su valor y su utilidad de modo permanente a lo largo de todo el ciclo de producción (Instituto Técnico Español de Limpieza). Esta economía presenta sus escuelas de pensamiento desde los años 70, sin embargo, cobraron vida en la década de los 90, inicialmente Walter Stahel empieza a hablar en 1976 sobre la economía de servicios o economía del rendimiento de Walter Stahel, seguido se presentó la filosofía de diseño de William McDonough y Michael Braungart, más conocida como “cradle to cradle” (de la cuna a la cuna), una filosofía de diseño que compara los procesos industriales y comerciales con un proceso de metabolismo biológico, donde los desechos equivalen a nutrientes que pueden ser recuperados y reutilizados.

Por otro lado, se presenta la biomímesis articulada por Janine Benyus, ella invita a estudiar los fenómenos de la naturaleza con el fin de encontrar soluciones a problemas humanos, luego se presentan Reid Lifset y Thomas Graedel con la ecología industrial, seguido por el capitalismo natural de Amory y Hunter Lovins y Paul Hawken y el enfoque de sistemas de



economía azul de Gunter Pauli. Finalmente, la economía circular se consolida en el año 2009 con la deportista de elite británica Ellen MacArthur, quien fundo la “Ellen MacArthur Foundation” para trabajar con empresas y así acelerar la transición a un nuevo tipo de economía (Ellen Macarthur Foundation).

### **3.3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.3.1 Identificación y caracterización de los materiales**

Para el desarrollo del presente proyecto y en cumplimiento del primero objetivo planteado, es importante analizar los diferentes tipos de materiales y residuos plásticos que se pueden encontrar en la vida cotidiana, así como identificar cuál de ellos tiene las características más viables para la recolección y transformación a fibra o material textil.

Inicialmente, los materiales plásticos están constituidos por monómeros de carbono e hidrogeno, los cuales constituyen un polímero, clasificándose a nivel mundial en tres grandes tipos, los primeros hacen referencia a los termoplásticos, los segundos son los termoestables y los terceros los elastómeros. Los termoplásticos son aquellos que no sufren cambios en su estructura química en el momento que se ponen en contacto con el calor, los termoestables al someterlos al calor pierden su forma y presentan un cambio químico, por otro lado, los elastómeros son aquellos que pueden deformarse al aplicar algún tipo de fuerza sobre él y volver a su forma original cuando cesa la fuerza (Universidad Politecnica de Valencia).

Uno de los principales residuos plásticos y con mayor generación a nivel mundial es el Polietileno de Tereftalato – PET, este es un polímero plástico el cual es obtenido mediante el proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol, polímero que se considera con alto grado de cristalinidad y termoplástico, este polímero se compone de 64% de petróleo, 23% de derivados de gas natural y 13% de aire (Bolaños Zea, 2019). Es importante

mencionar que el PET tiene como ventaja, la posibilidad de ser usado como hilo poliéster, el cual es uno de los materiales más usados en el mundo para la fabricación de fibras textiles debido a sus excelentes cualidades como lo son su alta resistencia a la deformación y su estabilidad dimensional (García Sánchez, 2017).

De acuerdo con (da Costa et al., 2020), a nivel mundial se vienen produciendo aproximadamente 50 millones de toneladas de este tipo de plástico, el cual tiene una demanda media mundial de 2.67 kg de PET por persona. En Colombia, para el año 2015, se consumieron 163.000 toneladas de PET, siendo el 86% de esta resina, importada (Tecnalia, 2017).

Con respecto a dichas resinas importadas en Colombia, (Sugawara & Nikaido, 2014) menciona que los plásticos en formas primarias han representado el 30% de los valores totales de estos importados, por lo que un gran porcentaje de las materias primas utilizadas para los polímeros y resinas fabricadas en el país son de origen extranjero. De igual forma, establece que las importaciones de productos plásticos pasaron de 851,4 millones de dólares en 2017 a 958,7 en 2018 y a 975,1 en 2019, distribuyendo estos valores en 54% en formas básicas de plástico (pellets) y el 46% restante en artículos de plástico diversos (nuevos productos).

**Tabla 1 Valor de las importaciones de productos plástico en Colombia**

<b>AÑO</b>	<b>VALOR (millones)</b>
2017	USD \$851,4
2018	USD \$958,7
2019	USD \$975,1

*Fuente:* (Sugawara & Nikaido, 2014)



Por otro lado, se encuentra el nylon, este material es una poliamida que posee alta cristalinidad y buenas propiedades térmicas y mecánicas, las cuales no se degradan (Pérez Rodríguez et al., 2019) y permiten su aplicación como termoplásticos y fibras tanto cortas como hilos (Elgegren et al., 2012). A nivel mundial, la fibra de nylon reciclado proviene de residuos de fibras postindustriales, hilo recogido de fibra de hilado, desechos de las fábricas de tejidos y desechos de redes de pesca industrial, siendo estos residuos recolectados para procesarlos y crear nueva fibra de nylon, en este caso nylon reciclado.

De acuerdo con (Elgegren et al., 2012), en el año 2010 a nivel mundial, la producción de fibras de nylon fue de 3,6 millones de toneladas el cual presentó un crecimiento anual de 2,5%. En la mayoría de los casos, este material es reciclado para convertirlo en nuevo nylon, por medio de procesos de regeneración y purificación radical, alcanzando así la pureza original, dándole las características de un nylon virgen (Blanco, 2019).

La Universidad Piloto de Colombia, en compañía de Acoplásticos realizó un informe técnico denominado “*Perfilar 200 empresas transformadoras de plástico posconsumo en Bogotá*” el cual fue realizado en el año 2019, en el se identificó que tan solo el 3% de las empresas del estudio realizan transformación de Nylon, lo que corresponde a solo 5 empresas de esas 200 que se analizaron; y las cuales transforman 2,6 toneladas de nylon al mes, este nylon transformado está destinado en su mayoría a la industria textil, seguido por los rodamientos, engranajes, entre otros productos.

### **3.3.2 Mercado del plástico PET**

De acuerdo con (García Sánchez, 2017), para el año 2013, a nivel global se consumieron 15,4 millones de toneladas de envases PET, siendo las botellas PET para bebidas el 80% de las ventas totales en 12,5 millones de toneladas. Este mismo año, el agua embotellada fue la



categoría con más ventas creciendo un 7,3% y alcanzando así 5,45 millones de toneladas, mientras que las botellas de PET para bebidas carbonatadas tan solo aumentaron un 1,8%, es decir 5,17 millones de toneladas.

La industria de bebidas en la India se encuentra dominada por las botellas PET, consumiendo aproximadamente 11 kilogramos de plástico por año, en comparación con los 109 kilogramos que consume un estadounidense promedio, de igual forma es importante mencionar que en Estados Unidos para el año 2017 se consumió un volumen total de agua embotellada de 13.700 millones de galones, representando un aumento de 7,4% con respecto al año 2016 (Editor Ialimentos, 2020).

Por otro lado, se estima que Colombia consume 150.000 toneladas de botellas PET al año, de lo que solo se recicla el 30%, es decir que de cada 10 botellas plásticas que salen al mercado, solo el 2,5 o 3 se reciclan (Dinero, 2019). Acoplasticos en su informe 53, “Plásticos en Colombia 2020-2021”, evidencia como en la región de Antioquia y de Bogotá, así como sus alrededores, cuentan con una capacidad de transformar 13.584,6 Toneladas al mes de residuos plásticos, significando así que cerca de 163.015,4 Ton/año se estén dejando de disponer en los rellenos sanitarios de ambas regiones (Acoplasticos, 2020).

La Universidad Piloto de Colombia, en su informe técnico denominado “*Perfilar 200 empresas transformadoras de plástico posconsumo en Bogotá*” identifico que 37 empresas realizan transformación de materiales PET en la ciudad de Bogotá, equivalente al 19% de las 200 empresas perfiladas. Así mismo establecieron que se transforman 2.317 toneladas de plástico tipo PET al mes, las cuales son destinadas a la creación de envases y empaques, a fibras textiles y al sector electrónico (Abaunza et al., 2019). Estas empresas han venido presentando dos actividades enfocadas a la disminución de plástico, una de ellas es la



transformación de materias primas y la otra es la transformación a productos finales, actividades que son representativas ya que la primera se realiza en un 42% de las empresas, mientras que la segunda se realiza en un 58% de las empresas.

### **3.3.3 Cadena de producción del plástico**

Con el fin de poder identificar los puntos de quiebre de las actividades de recolección y transformación de residuos plásticos, especialmente las botellas PET, es importante describir todo el proceso de producción de plástico, desde la extracción de petróleo, hasta la disposición final de la botella.

Como primer paso se realiza la extracción de las materias primas, en este caso el petróleo, carbón y gas natural por medio de bombas hidráulicas, estos son enviados a diferentes empresas en las que realizan el proceso de refinación. Este segundo paso se realiza con el fin de filtrar y refinar el petróleo, removiendo todas aquellas impurezas que trae; este proceso comienza con el envío del petróleo crudo a un horno a través de un precalentador el cual tiene la función de hervirlo, luego pasa a una unidad de destilación la cual permite lograr descomponer el petróleo en diferentes compuestos, como lo son el asfalto, aceites lubricantes, gasolina diésel, queroseno, nafta, gas líquido de petróleo, entre otros (Collectors, 2020).

La fabricación de todo tipo de plástico, no solo los envases y empaque, representan aproximadamente el 6% del consumo mundial de petróleo, con lo que se proyecta que al año 2050, con el aumento progresivo del consumo del plástico, represente el 20% del consumo total del petróleo y el 15% del presupuesto anual mundial de carbono (Greenpeace, 2018).

La nafta es uno de los subproductos del refinamiento del petróleo con mayor uso en el proceso del plástico, ya que con esta se es posible la producción del etano. Para poder producirlo, la



nafta es enviada a un centro de craqueo de nafta, en donde se calienta a aproximadamente 800°C mediante uso de craqueadores de vapor, luego pasa al proceso de enfriamiento, descomponiéndose en hidrocarburos, para poder comprimirla y refinarla. Como resultado de este proceso se obtiene etileno, propileno, butano, entre otras sustancias que se consideran de gran importancia para la producción de productos plásticos.

Seguidamente se tiene la producción de etano, en donde se convierte en polietileno por un proceso de polimerización. Situación que ocurre al comprimir el etano, luego pasarlo a enfriamiento para que quede un poco más denso, casi líquido, seguido se pasa a la cámara de reacción, en donde por medio de sustancias indicadoras de reacción se produce la polimerización. Esta nueva sustancia es traspasada a una cámara en la que se le agregan antioxidantes y estabilizadores.

Finalmente, el polietileno se introduce en una extrusora, la cual tienen como función convertir el polietileno en cuerdas, las cuales se pasan a través de un molino para convertirla en Pellets o gránulos más pequeños de polietileno.

Una vez se obtienen los Pellets de PET, son introducidos a una mezcladora, en la que algunas veces mezclan el PET virgen con el PET reciclado, seguidamente es transportado a una máquina de inyección de plástico que calienta los pellets hasta alcanzar los 315°C, generando que la materia prima seca que sale de este calentamiento, se funde en un plástico líquido, espeso y pegajoso el cual es introducido a presión en un molde (molde que depende de la empresa que esté produciendo las botellas) formando así piezas de plástico denominadas preformas.

Las preformas moldeadas se endurecen en segundos por un sistema de refrigeración integrado en el molde, luego son transportadas a una máquina denominada “moldeo”, en esta máquina se calientan las preformas para volver el plástico maleable y permitir la modificación de su forma, por medio de una barra insertada en su interior, se alarga la preforma, introduciendo aire a altas presiones. Finalmente, se introduce agua fría para enfriar y fijar el plástico en segundos.

### **3.3.4 Importancia de lograr la transición a la economía circular**

A nivel mundial, los plásticos se han convertido en el material de carga más importante de la economía moderna, en la cual se combinan las diferentes funcionalidades que prestan, con el bajo costo que tienen, provocando así que su uso se esté multiplicando cada vez más. Debido a esta situación, se ha pensado en una nueva economía de los plásticos, la cual ve el plástico como un flujo de material global eficaz, que se encuentra alineado con los principios de economía circular, siendo esta, la nueva metodología que las empresas están implementando para mejorar ambiental y socialmente (Ellen Macarthur Foundation, 2016).

La economía circular ha venido permitiendo que las empresas sean más eficientes, por medio de la optimización de las cadenas o redes de valor, las cuales se han creado por medio de la implementación de nuevos productos o servicios con dicho enfoque (Forum for de future, 2015). Seguir un modelo de economía circular permite que una empresa mejore su capacidad para predecir su futuro y poder posicionarse en un mayor crecimiento, en el cual se puede logra tanto la disminución de costos y riesgos como aumentar ingresos y ganancias (Council, 2016).

De acuerdo con (Council, 2016), las principales acciones que debe realizar una empresa para iniciar con la transición hacia la economía circular es por medio de:



1. Determinar todos los insumos físicos, inventariar los productos químicos y materiales, así como evaluar la naturaleza y el volumen de los desechos generados, esto con el fin de determinar si son útiles para otras actividades de la misma empresa y en caso contrario poder monetizarlos.
2. Identificar todos aquellos materiales, generados en la empresa, que terminan en el relleno sanitario para poder evidenciar su funcionalidad en otras actividades, asignándoles un costo de insumo como materia prima y un costo de disposición dependiendo del caso encontrado.
3. Así mismo, es importante tener en cuenta que para poder desarrollar planes de reutilización de materiales y que sea viable en el futuro, es fundamental tener suficiente volumen de dicho material y alta pureza, así mismo es de suma importancia tener una buena comunicación y colaboración entre los diferentes stakeholders del proceso productivo, ya sean otras empresas, proveedores, clientes, transportadores, recicladores, entre otros.

Teniendo en cuenta lo anterior y evidenciando la situación actual, Colombia en el año 2018 se posiciona como el país pionero de América Latina en la implementación de la economía circular por medio de la política de mismo nombre, dicha estrategia busca avanzar en la transformación de las cadenas de producción y consumo, a través del cierre de ciclos de materiales, agua y energía y en nuevos modelos de negocio; con lo que espera poder reducir la extracción de materias primas, de residuos y emisiones, así como poder aumentar el uso de fuentes de energía renovables y la conservación y uso eficiente del agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Por medio de la implementación de dicha política, el país en el año 2019 instalo la Mesa de Información de Economía Circular, la cual es vista



como insumo clave para la identificación, el fortalecimiento y la generación de información relevante y oportuna, así mismo esta fue necesaria para poder tomar decisiones y poder evaluar el avance frente a la Política de Economía circular (DANE, 2020).

El país, desde la implementación de la política, ha puesto en marcha un Sistema de Información de Economía Circular – SIEC, el cual es una herramienta que permite verificar el tránsito del modelo lineal a la circular, por medio de la recopilación, consolidación y difusión de información estadística relacionada al tema. En este sistema pone en consideración una serie de indicadores clasificados en 4 categorías: i) Extracción de activos ambientales, ii) Producción de bienes y servicios, iii) Consumo y uso, y iv) Cierre y optimización en los ciclos de vida de los materiales y productos (DANE, 2020).

Por medio de estas categorías, el DANE ha venido evaluando el avance en el que se encuentra Colombia con la transición hacia la economía circular, demostrando que por medio de indicadores como lo es la productividad hídrica en la industria manufacturera se ha incrementado el valor agregado de empresas ubicadas en diferentes sectores económicos, las cuales para el año 2015 se encontraban en 300 mil pesos sobre consumo de metro cúbico y pasaron en el año 2018 a 318 mil pesos sobre consumo de metro cúbico (DANE, 2020).

Así mismo, el indicador correspondiente al flujo de residuos sólidos hacia el ambiente, el cual presenta la cantidad de materiales que se utilizan en la economía y que luego son dispuestos en el ambiente, y que, a pesar de ser gestionados, son dispuestos en cuerpos de agua, botaderos a cielo abierto, quemados a cielo abierto o celdas transitorias. Este indicador muestra que en el periodo comprendido entre 2012 a 2018, la tendencia fue la disminución del 52% en los flujos que salen de la economía hacia el ambiente, significando que para el año 2018 el total de toneladas dispuestas fuera de 252.819; esta disminución demuestra que,



a pesar de que la generación de residuos viene con una tendencia creciente, la gestión de estos tiende a ser más eficiente (DANE, 2020).

Otro de los indicadores que presenta el DANE en su informe de reporte, es la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos generados, el cual muestra la relación entre los residuos utilizados reincorporados a los procesos de producción a través del reciclaje o la reutilización, con relación a la oferta total de residuos sólidos la cual para el año 2018 fue de 24,9 millones de toneladas; este indicador, desde el año 2012 viene aumentando, pasando de 7,5% a 11,1% en el año 2018 (DANE, 2020).

### **3.4 MARCO NORMATIVO**

#### **3.4.1 Escala Internacional**

En el año 1972, por medio de una Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano realizada en la ciudad de Estocolmo, Suecia; se lleva a cabo la Primera Cumbre para la Tierra, adoptando así el Convenio de Estocolmo en el cual se declararon 26 principios para la conservación y mejora del medio humano y un plan de acción que contenía recomendaciones para la acción medioambiental internacional. Uno de sus apartados mencionaba la identificación y control de contaminantes, así como planteo por primera vez el tema de cambio climático, situación que advirtió a los gobiernos a tomar en consideración todas aquellas actividades que pudieran provocar el cambio climático (Organización de las Naciones Unidas -ONU, 2020). Este convenio se consideró como el primer cuerpo de legislación para cuestiones internacionales relativas al medio ambiente, situación que permitió que países como Colombia lo adoptara dentro de su legislación.

A principios de la década de los ochenta se empieza a hablar sobre el desarrollo y el vínculo que se está presentando con el medio ambiente, por lo que la Asamblea General de las



Naciones Unidas, estableció en el año 1983 la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, la cual publica en el año 1987 el Informe Brundtland titulado “Nuestro Futuro Común”, en el cual se menciona la necesidad de encontrar formas de desarrollo económico sin aumentar la degradación de los recursos naturales ni daños en el medio ambiente. Este informe fue la base para que la Asamblea General de las Naciones Unidas convocara a la Cumbre sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, más conocida como “Cumbre de la tierra” celebrada en Río de Janeiro en el año 1992 (Red de Justicia Ambiental, 2012).

La Cumbre de la Tierra tuvo como objetivo introducir un plan para la acción internacional en temas de medio ambiente y desarrollo; de igual forma centro la atención mundial en la idea de que los problemas medioambientales del planeta estaban relacionados estrechamente con las condiciones económicas y sociales. En esta cumbre se adoptaron tres acuerdos, el primero hace referencia a la Agenda 21, la cual fue un plan de acción a desarrollar durante los años 90 con estrategias y programas para detener e invertir los efectos de la degradación ambiental y para promover el desarrollo sostenible en todos los países; como segundo acuerdo se obtuvo la Declaración de Río en el cual se integraron 27 principios interrelacionados entre si que establecen las bases para llegar a un desarrollo sostenible y finalmente el tercer acuerdo fue la declaración de principios forestales la cual contenía la Política Internacional para la protección, administración y el uso sostenible de los recursos forestales mundiales (Departamento de Acción Climática Alimentación y Agenda Rural, 2009).

Uno de los temas tratados en la Cumbre de Río fue el Cambio Climático, tema que empezó a ser controversial en todo el mundo y dio paso a que en el año 1997 se celebra el Protocolo de Kyoto, este pone en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre



el Cambio Climático, comprometiendo a los países industrializados a limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de la adopción de políticas y medidas de mitigación (United Nations Climate Change, 2014).

Por otro lado, para el año 2000 y en cumplimiento con los acuerdos pactados en la Cumbre de Río se llevó a cabo una asamblea con los líderes del mundo, quienes se reunieron en la sede de las Naciones Unidas en la ciudad de Nueva York para adoptar la Declaración del Milenio, en esta se asumieron compromisos para reducir la pobreza extrema, así como se establecieron ocho objetivos, denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio – ODM, los cuales contaban con un plazo de cumplimiento limite al año 2015 (Robles Llamazares, 2006). Para este año, el mundo ya había dado cumplimiento al primer objetivo reduciendo las tasas mundiales de pobreza extrema y hambre a la mitad, sin embargo los demás objetivos fueron desiguales e incumplidos (Sustainable Development Goals Fund, 2015).

Para la revisión del cumplimiento de los objetivos y poder identificar el avance al cual llego el mundo, en el año 2015 se realizó la Asamblea General de la ONU, quien propone y adopta nuevos objetivos, más conocidos como los “Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS”, estos buscan construir un mundo sostenible en el que se valore por igual la sostenibilidad del medio ambiente, la inclusión social y el desarrollo económico (Sustainable Development Goals Fund, 2015), de igual forma constituyen un compromiso que busca enfrentar los problemas más urgentes a los que se enfrenta el mundo y su característica principal es que dichos objetivos se encuentran interrelacionados, lo que significa que el éxito de uno afecta a los otros (Unidas), 2015).



### **3.4.2 Escala Nacional**

En Colombia el tema ambiental se empieza a tratar desde el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto – Ley 2811 de 1974), el cual se formalizó por los principios establecidos en la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano de 1972; logrando así que Colombia reforzara la legislación vigente y permitiera un aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables y la conservación ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Este código tiene como objetivos i) la preservación y restauración del ambiente, la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, así mismo ii) prevenir y controlar los efectos nocivos de la explotación de los recursos naturales no renovables sobre los demás recursos y finalmente iii) regular la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la administración pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables (Presidencia de la República de Colombia, 1974).

Una vez puesto en marcha el código de recursos naturales, se traspasa el tema ambiental a la Constitución política del año 1991, específicamente en su artículo 8, el cual establece que es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación, así como en su capítulo 3 menciona los derechos colectivos y del ambiente, principalmente en el artículo 79 el cual menciona que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano (Asamblea Nacional Constituyente, 1991).

Posteriormente, aquellos lineamientos establecidos en la constitución de 1991 fueron desarrollados por la Ley 99 de 1993, la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SIMA y se distan otras



disposiciones. Esta ley cuenta con 14 principios ambientales que definen un ordenamiento ambiental territorial, así como le atribuye al Estado la función de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables (Congreso de Colombia, 1993).

Pasado un año desde la expedición de la ley orgánica ambiental, el país se empieza a preocupar por los problemas ambientales y de servicios públicos que se venían ocasionando, por lo que se crea la Ley 142 de 1994 la cual establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, esta ley aplica a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía pública y telefonía local, así mismo establece que es responsabilidad de los municipios asegurar que se presente el servicio público de aseo de modo eficiente y continuo, sin poner en peligro la salud de los ciudadanos (Senado de la Republica, 1994).

Para el año 1997 se crea la Política Nacional de Producción Más Limpia, la cual establece la aplicación de mejores prácticas ambientales en todas las fases del ciclo de vida de un producto, adicionalmente, esta política busca prevenir la contaminación en su punto de origen y no evitarla una vez ya está generada; así como la minimización y aprovechamiento de todos aquellos residuos que se pueden generar en la producción (Ministerio de Medio Ambiente, 1997).

Esta política se toma como estrategia base para que el Estado pueda promover y enlazar el mejoramiento ambiental y la transformación productiva a la competitividad empresarial, por lo que deciden en el año 2010 crear la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible que se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo, ayudando a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los



bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, con el fin de mantener la competitividad empresarial y una buena calidad de vida (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial, 2010).

Mas adelante y teniendo en cuenta lo reglamentado por la Ley 142 de 1994, se crea el Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013, el cual reglamenta la prestación del servicio público de aseo y tiene algunos principios básicos como la prestación eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura, garantizar la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de la prestación, desarrollar una cultura de la no basura, fomentar el aprovechamiento, entre otros, que son fundamentales para que el servicio de aseo sea de calidad y se realice en el marco de la gestión integral de los residuos sólidos (Decreto 2981 de 2013, 2013). Atendiendo este Decreto, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, decreta la Resolución 754 del 25 de noviembre de 2014, en la cual adopta una metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual deberá ser implementada por todos los municipios, distritos y esquemas asociativos territoriales (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2014).

Posteriormente, el Decreto 596 del 11 de abril de 2016, define el esquema operativo de la actividad de aprovechamiento y la transitoriedad para el cumplimiento de las obligaciones que deben atender los recicladores de oficios y las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento en el servicio público de aseo (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2016).



Por otro lado, el Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES junto con el Departamento Nacional de Planeación publican el documento CONPES 3874 del 2016 – Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, este documento busca avanzar hacia una economía circular basada en la gestión de residuos sólidos por medio de cuatro ejes estratégicos, el primero busca adoptar medidas encaminadas hacia i) la prevención en la generación de residuos, ii) la minimización de los residuos que van a sitios de disposición final, iii) la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos y iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero; el segundo eje estratégico busca mejorar la cultura ciudadana, la educación y la innovación en gestión integral de residuos sólidos; el tercer eje proponer roles específicos para las entidades que lideran las actividades correspondientes a los residuos sólidos y finalmente el cuarto eje desarrolla acciones para mejorar el monitoreo, verificación y divulgación de la información relacionada a la gestión integral de residuos sólidos (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016).

Así mismo, en el año 2018 se formuló el documento CONPES 3918 – Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, el cual presenta indicadores y metas para el seguimiento a la implementación de los ODS, sus respectivos responsables, el plan de fortalecimiento estadístico necesario para fortalecer los sistemas de información, la estrategia de territorialización de los ODS y los lineamientos para la interlocución con actores no gubernamentales (CONPES 3918, 2018). Es importante mencionar que el presente proyecto está enfocado al cumplimiento de los ODS 11 Ciudades y Comunidades sostenibles, el cual busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles; así como en el ODS 12



Producción y consumo responsable el cual quiere garantizar modalidades de consumo y producción sostenible.

Este mismo año, se expide el documento CONPES 3934 – Política de Crecimiento Verde que establece la exploración de nuevas fuentes de crecimiento que sean sostenibles para el país, esta política busca, por medio de 5 ejes estratégicos, generar nuevas oportunidades económicas que permitan diversificar la economía a partir de la producción de bienes y servicios basados en el uso sostenible del capital natural, mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos, y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas, promover la generación y el fortalecimiento del capital humano para afrontar los nuevos retos de conocimiento y experiencia que genera el crecimiento verde, establecer acciones estratégicas en materia de ciencia, tecnológica e innovación y finalmente las acciones para asegurar una coordinación y articulación interinstitucional requeridas para la implementación de la política (CONPES 3934, 2018).

Teniendo en cuenta las directrices establecidas en la normatividad mencionada anteriormente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expide la Resolución 1407 del 26 de julio del 2018, en la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones; esta resolución establece a los productores la obligación de formular, implementar y mantener actualizado un Plan de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques en el cual se fomente el aprovechamiento (MinAmbiente, 2018).

Finalmente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible plantea la Estrategia Nacional de Economía Circular, la cual propende por un nuevo modelo de desarrollo económico que



incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, todo esto con el fin de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales y reducir la huella hídrica y de carbono en el país (Gobierno de la Republica de Colombia, 2019).

### **3.4.3 Escala Local**

La ciudad de Bogotá, en el año 2006 implementa el Decreto 312 del 15 de agosto, en el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital y así poder planificar y reglamentar el sistema de saneamiento básico de la ciudad, el cual aplica a todas las personas que generan, reciclan y aprovechan residuos sólidos ordinarios y especiales y a las entidades públicas o privadas y organizaciones comunitarias o cooperativas que se encuentren vinculadas a la prestación del servicio público de aseo. Este decreto tiene como objetivos incorporar una cultura de minimización y separación en la fuente de los residuos, lograr eficiencia, competitividad y productividad en la prestación del servicio de aseo, articular regionalmente las infraestructuras de disposición final y tratamiento y las macro rutas de transporte, entre otros (Decreto 312 de 2006, 2006).

Por otro lado, la alcaldía de Bogotá expide el Decreto 495 del 11 de noviembre del 2016 en el cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS del Distrito Capital con un horizonte de 12 años, este es considerado un instrumento de planeación distrital el cual contiene los objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos para el manejo de los residuos sólidos y está basado en la Política de Gestión Integral de los mismos (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2016).



## **4. ÁREA DE ESTUDIO**

### **4.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO Y BIOFÍSICO**

El presente trabajo se plantea desarrollar en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia, enmarcado en las becas ADAPTO, convenio entre la Pontificia Universidad Javeriana y la Universidad de Montréal.

La Ciudad de Bogotá para el año 2018 contaba con una población total de 7.412.566 habitantes, y actualmente para el año 2021, según las proyecciones realizadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, presenta una población de 7.834.167 habitantes (DANE, 2019). Esta ciudad se encuentra ubicada en el altiplano de La Sabana de Bogotá en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos a una altitud de 2600 m.s.n.m., dividida en 20 localidades (Hernandez Peña & Vargas Cuervo, 2012).

Bogotá tiene una generación de residuos actual de 7.500 toneladas al día, de los cuales se ha logrado aprovechar aproximadamente 1.200 toneladas equivalentes al 16% de los residuos generados en la ciudad (Aguilar, 2018). De acuerdo con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP, cada habitante de Bogotá produce en promedio 0,32 kilogramos diariamente de residuos sólidos residenciales, en los que el 16,88% pertenecen a los plásticos especialmente botellas PET, las cuales se clasifican en PET transparente (31.331 kg), PET ámbar (2.106 kg) y PET verde (1.748 kg) (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2012).

El desarrollo del proyecto tendrá en cuenta las empresas y/o asociaciones recicladoras, fundaciones, empresas recolectoras de residuos aprovechables, empresas transformadoras y empresas que dentro de sus ventas cuentan con líneas ecológicas, es decir que utilizan fibras



o materiales textiles en sus prendas. Es importante aclarar que muchas de las empresas contactadas no aportaron información o no estaban interesadas en el desarrollo del proyecto.

## **4.2 CONTEXTO PRODUCTIVO DE LAS BOTELLAS Y FIBRAS PLÁSTICAS**

Para iniciar el contexto productivo se presentan algunas marcas o empresas reconocidas a nivel mundial que cuentan con el proceso de recolección y transformación de botellas PET y posterior venta de fibras textiles, creadas a partir del plástico PET reciclado.

### **4.2.1 Transformación de botellas PET en el mundo**

Estados Unidos es considerado como uno de los países más consumistas de plástico en el mundo, por lo que diferentes empresas han empezado a preocuparse por las acciones negativas que está trayendo al medio ambiente dicha situación, es por ello por lo que empresas como Unifi han creado diferentes programas de tecnología que han sido beneficiosas para el medio ambiente y que han solucionado problemas con la generación de residuos.

Esta empresa, ubicada en Carolina del Norte en Estados Unidos, se ha ido considerando como el proveedor global de textiles y uno de los principales innovadores del mundo en la fabricación de fibras sintéticas y recicladas de alto rendimiento; cosa que ha logrado por medio de una tecnología patentada denominada REPREVE<sup>®</sup>, esta ha permitido la transformación de más de 10 mil millones de botellas plásticas a fibras textiles recicladas (UNIFI, n.d.). La fibra REPREVE<sup>®</sup> es considerada de rendimiento ecológico con verificación U TRUST<sup>®</sup>, es decir, que brinda a los clientes que usan estas fibras el más alto nivel de transparencia, así mismo las fibras contienen FiberPrint<sup>®</sup> considerada como una tecnología trazadora patentada que se utiliza para analizar y validar las afirmaciones y la composición del contenido de las fibras (UNIFI, n.d.).



Esta empresa trabaja con comunidades e instalaciones de recuperadores de materiales reciclados, así mismo con empresas productoras de botellas y lugares para eventos como estadios y salas para concierto, lugares en los que recoge todo el material reciclado y lo dispone en su planta de procesamiento, logrando procesar más de 2.200 millones de botellas PET cada año, para luego convertirlas a fibra reciclada.

Una vez ingresan las botellas a la fábrica, allí son clasificadas, luego pasan a una línea de lavado, en la que separan las etiquetas y tapas de las botellas, para poder triturar las botellas en escamas, una vez presentan esta forma, son revisadas por última vez para garantizar que las impurezas sean eliminadas y que el color y el tamaño sean los adecuados. Dichas escamas se transportan a otro centro de reciclaje en donde se granulan para formar lo que la empresa denomina como “chip”, este insumo es mezclado y fundido en un polímero líquido, el cual es expulsado a través de pequeñas aberturas en una hilera, allí se crean los filamentos continuos que forman la fibra REPREVE<sup>®</sup>, esta finalmente se convierte en hilo a través de máquinas de hilado y la texturización con chorro de aire (UNIFI, n.d.).

Estos hilos presentan características sostenibles como lo es el teñido en solución el cual no requiere agua, cuenta con tecnologías que absorben la humedad y regulación térmica, imitan tanto el aspecto como la sensación de fibras naturales y son fibras que conservan el agua, la energía y utilizan menos recursos naturales para su fabricación (UNIFI, n.d.).

**Figura 1. Proceso desarrollado por la empresa UNIFI, con su tecnología REPREEVE®**



*Fuente: (Texscope, 2020)*

Por otro lado, en Europa se encuentra la empresa Green Fiber ubicada en Rumanía, la cual se encarga de recuperar y transformar residuos en recursos en toda Europa, especialmente en la Europa central y oriental; esta empresa tiene como fundamento la naturaleza, pues tienen como creencia que todo lo que nos rodea está en continua transformación y dicha transformación es su inspiración para remodelar las cosas que han cumplido con su propósito y crear nuevas mediante los mismos materiales (GreenGroup, 2017).

Esta empresa cuenta con la primera certificación en Europa de Gold Standard “Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del reciclaje PET”, certificación que fue adquirida por el proyecto del reciclaje de residuos PET, logrando una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que son generadas por la creación de productos plásticos con insumos vírgenes, así mismo este proyecto está encaminado al progreso de muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Por medio de este proyecto han logrado una reducción media anual de emisiones de GEI de 45380 toneladas CO<sub>2</sub>/año (GreenGroup, 2017).



En países como Taiwan, se han encontrado un alto número de empresas que se encargan de desarrollar tecnologías para la transformación de botellas PET a fibras textiles de alta calidad, una de ellas es la empresa Super Textile Corp, la cual recibió una certificación de material reciclado, emitida por la TUV Rheinland Group, esta certificación fue dada debido a que las fibras de la empresa son livianas, de secado rápido y fabricados completamente con materiales reciclados (Taiwan Today, 2010).

El proceso de producción realizado por la empresa inicia con la recolección de botellas usadas las cuales son llevadas a la fábrica en la cual se le retira tanto la tapa con la etiqueta, seguidamente se realiza el proceso de lavado y clasificado por colores, una vez se tienen las botellas separadas por colores, son transportadas para procesarlas en trozos de hojaldre y finalmente estos pequeños trozos son convertidos en hilos (Taiwan Today, 2010). Esta empresa al separar las botellas por colores, utilizan las botellas verdes para la fabricación de telas verdes, sin la utilización de tintes, reduciendo así las emisiones de carbono; uno de los productos textiles más importantes para esta empresa son las mantas de las organizaciones budistas Tzu Chi, a quienes les han distribuido más de 1 millón de mantas y por medio de estas han utilizado aproximadamente 78 millones de botellas plásticas recicladas desde el año 2006 (Taiwan Today, 2010).

**Figura 2. Certificación Internacional “Global Recycled Standard” de la empresa Super Textile Corp**



*Fuente: (Taiwan Today, 2010).*

## 5. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación para el proyecto es de **tipo cualitativo**, ya que se realizará durante todo el desarrollo del proyecto una revisión literaria, con ella se establecerán los stakeholders que aportan información que permite guiar el proyecto por el camino adecuado, una vez identificados los stakeholders se realizarán diferentes técnicas como lo son las entrevistas, los interrogantes, evaluación de experiencias personales, entre otros, esto con el fin de obtener información más detallada sobre el manejo de residuos plásticos y datos pertinentes sobre la gestión de los mismos para el desarrollo del proyecto.

Es pertinente mencionar que en el enfoque cualitativo se plantea el problema, pero no sigue un proceso definido claramente, sus planteamientos iniciales no son tan específicos y la



pregunta puede ir variando de acuerdo con la información que se vaya recolectando con los stakeholders (Hernández Sampieri, 2014).

Por otro lado, la investigación del proyecto tendrá un **alcance correlacional**, esto debido a que el proyecto busca determinar cómo se pueden comportar los conceptos o variables conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas, que en el caso de la presente investigación serán los residuos plásticos y las fibras textiles.

Para el desarrollo del proyecto, se plantean tres fases cada una con actividades y métodos de análisis que se describen a continuación:

**Fase conceptual o de preparatoria:** en esta fase se desarrollará la revisión documental de información secundaria, esto con el fin de identificar los stakeholders por medio del análisis de información, en esta fase se espera establecer que actores serán los más importantes para poder desarrollar el proyecto, con cuales se podrá contar para proporcionar información adicional que sea relevante al proyecto y así poder establecer la delimitación del objeto de estudio. Así mismo esta fase proporcionará casos de éxito relacionados al proyecto en diferentes partes del mundo, así como contextos y estrategias que puedan ser aplicables al territorio.

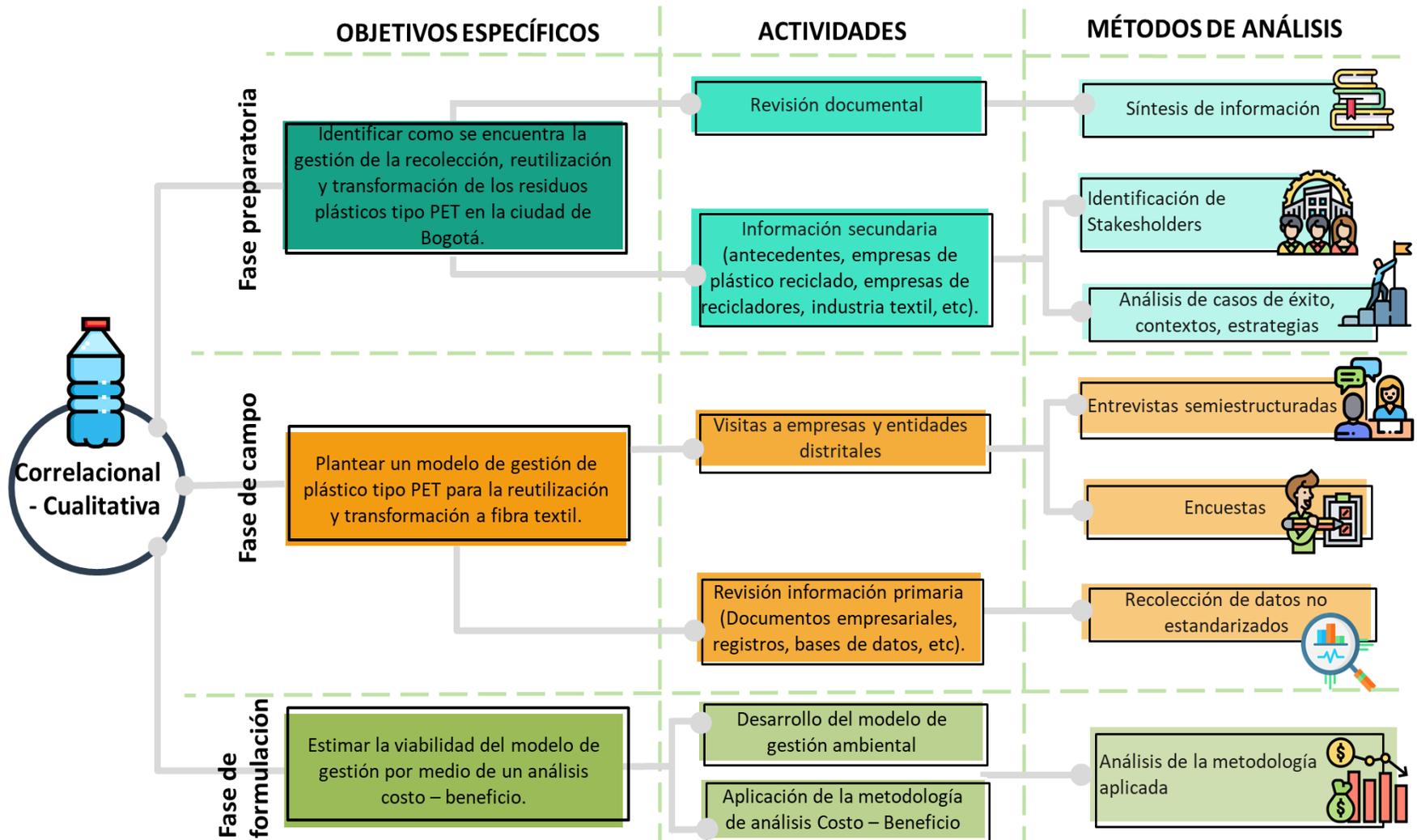
**Fase de campo:** Esta fase busca obtener información pertinente para el desarrollo del plan de gestión, por medio de entrevistas semiestructuradas y encuestas a los actores identificados en la fase anterior. Igualmente, una vez se realicen dichas actividades, se espera contar con datos proporcionados por los stakeholders, ya sean bases de datos propias, registros, documentos empresariales, con el fin de hacer un análisis de datos no estandarizados que sean insumos claves para el modelo de gestión.



**Fase de formulación:** Finalmente, esta fase busca realizar el modelo de gestión de plástico tipo PET para la reutilización y transformación a fibra o materiales textiles, por medio del análisis que se realice en cada una de las fases anteriores y así poder aplicar la metodología de análisis costo beneficio. Esta metodología busca cuantificar tanto los costos, como los beneficios que trae el proyecto a nivel social, económico y ambiental, para así establecer la viabilidad de este.

A continuación, se presenta el diagrama metodológico:

Figura 3. Diagrama de flujo metodológico



Fuente: Autor, 2021

## **5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS**

Dentro de las actividades a desarrollar en el proyecto se estableció la búsqueda de empresas ubicadas en Bogotá que realizarán algún proceso de transformación y/o aprovechamiento de polímeros, especialmente con materiales plásticos de tipo PET, para ello se solicitó a la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas - Acoplásticos, por medio de correo electrónico, una base de datos con aquellas empresas que se encuentren registradas y que realicen transformación de plásticos en la ciudad de Bogotá, para lo que dicha asociación respondió con el Directorio Colombiano de reciclaje de Residuos Plásticos, así como con una base de datos de 13 empresas que se encuentran realizando procesos de transformación de materiales plásticos tipo PET de posconsumo.

Inicialmente, se establece contacto con las empresas que se encuentran dentro de la base de datos enviada por acoplásticos, para eso se envía una carta de presentación a dichas empresas (Ver anexo), en la que se les solicita la posibilidad de agendar una entrevista virtual, esto con el fin de saber cómo son sus cadenas de producción, desde que ingresan los materiales posconsumo, hasta que los transforman en nuevos productos o los dejan como materia prima para ser vendida a otras empresas.

Por otro lado, se revisa el Directorio Colombiano de Reciclaje de Residuos Plásticos 2019-2020, en el cual se identifican todas aquellas empresas recicladoras que recolectan, compran, seleccionan, clasifican, empaican, transportan o comercializan residuos plásticos de tipo PET en la ciudad de Bogotá, obteniendo como resultado una base de datos de 48 empresas (Ver anexo). Esta base de datos está dividida en dos secciones, la primera es fuente de uso, en la que se tiene posindustrial, posconsumo e importación, mientras que la otra parte se presentan los procesos que

realiza la empresa, dentro de los cuales se encuentran: recolección, compra, selección, acondicionamiento, clasificación, empaque, transporte, comercialización y exportación.

Con el fin de recolectar información más detallada de la cadena de producción de dichas empresas y así poder entender el estado actual en que se encuentra el proceso de recolección y transformación de plástico tipo PET en Bogotá, la base de datos fue filtrada por fuente de uso posconsumo y en los procesos se seleccionaron todas aquellas que realizan los procesos de recolección y compra de material plástico, dando un total de 16 empresas, a las cuales se les envía una carta de presentación y así mismo, solicitando una entrevista virtual de un tiempo no mayor a 30 minutos.

De las 29 empresas a las que se les envió la carta de presentación, tan solo 3 empresas aceptaron la reunión virtual, sin embargo, a lo largo de las entrevistas nos fueron comentando acerca de aliados o empresas a las cuales venden o compran los materiales, por lo que algunos ofrecieron la información de contacto para poder realizar una comunicación. Con estos contactos otras 3 empresas aceptaron desarrollar la entrevista por medio de videoconferencia.

Las entrevistas constaban de 14 preguntas en las que se preguntaba cómo era el proceso que realizaban en la empresa, si contaban o no con algún tipo de residuo en su proceso y el manejo que le daban a este, como realizaban el acopio de las materias primas, cuáles eran sus mayores retos en la industria, entre otras, las cuales se pueden observar en el anexo Formato de encuesta.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 TRANSFORMACIÓN DE BOTELLAS PET - CADENA DE PRODUCCIÓN EN BOGOTÁ

De acuerdo con la búsqueda de información realizada y con la información recolectada en las entrevistas desarrolladas a las empresas, la cadena local de transformación de plástico se encuentra actualmente de la siguiente manera:

Como primera medida se encuentran las botellas PET posconsumo las cuales son desechadas por el consumidor, una vez desechada la botella, entran tres actores principales, los recicladores informales, las asociaciones de recicladoras y las empresas recicladoras.

Los recicladores informales son todas aquellas personas que no están asociados a alguna empresa o fundación, y recolectan por si mismos las botellas en los diferentes barrios de Bogotá, estas personas recolectan un bajo numero de botellas y las llevan ya sea a las empresas y asociaciones de recicladores o a las bodegas para su posterior venta.

Por otro lado, se encuentran las asociaciones y empresas recicladoras estas ya se encuentran registradas ante la Cámara de Comercio de Bogotá o ante Acoplásticos, son organizaciones que se encargan tanto de comprar el material de los recicladores informales, como la recolección de las botellas por parte de ellos mismos. Así mismo estas empresas reciben botellas ya sea de fundaciones, organizaciones, otras empresas, centros comerciales, colegio o universidades y demás instituciones, con las cuales logran alto número de botellas recicladas para su posterior paso, la venta o la compactación. La diferencia entre las asociaciones y las empresas es que las asociaciones muchas veces no cuentan con una bodega para el acopio y compactación de los materiales, por lo que tienen que pasar por dicho intermediario para lograr la compactación,

mientras que las empresas cuentan con sus propios espacios y maquinaria adecuada y no requieren de las bodegas en sus procesos.

Los “Bodegueros” son estas personas que cuenta con establecimiento o espacio en la ciudad de Bogotá o en los municipios aledaños de la Sabana, estos reciben el material plástico para su compactación y así poder vender en mayor cantidad a las empresas transformadoras, estas personas reciben los materiales plásticos (PET en este caso) de diferentes formas entre las que se encuentran: limpios, clasificados por colores, sin tapa ni etiqueta, o sin ningún tipo de alistamiento.

Seguidamente se encuentran las empresas transformadoras, estas compran los materiales plásticos o cuentan con bodegas en las que ya tienen almacenado y organizado el material, estas empresas transforman los materiales en dos tipos: i) materias primas, dentro de las cuales se consideran los pellets y las escamas, mientras que por el otro lado ii) se presentan la transformación de estas botellas a productos finales como envases y empaques, mobiliario, estibas de plástico, entre otros materiales, los cuales son comercializados y son el eslabón final de estas.

Para las empresas transformadoras que generan nuevas materias primas, estas son vendidas a otras empresas, las cuales no realizan el proceso de recolección o transformación de botellas PET a pellets o escamas, pero si generan ya sea nuevos productos plásticos o en el caso de la cadena analizada para el proyecto, la creación de fibras o materiales plásticos.

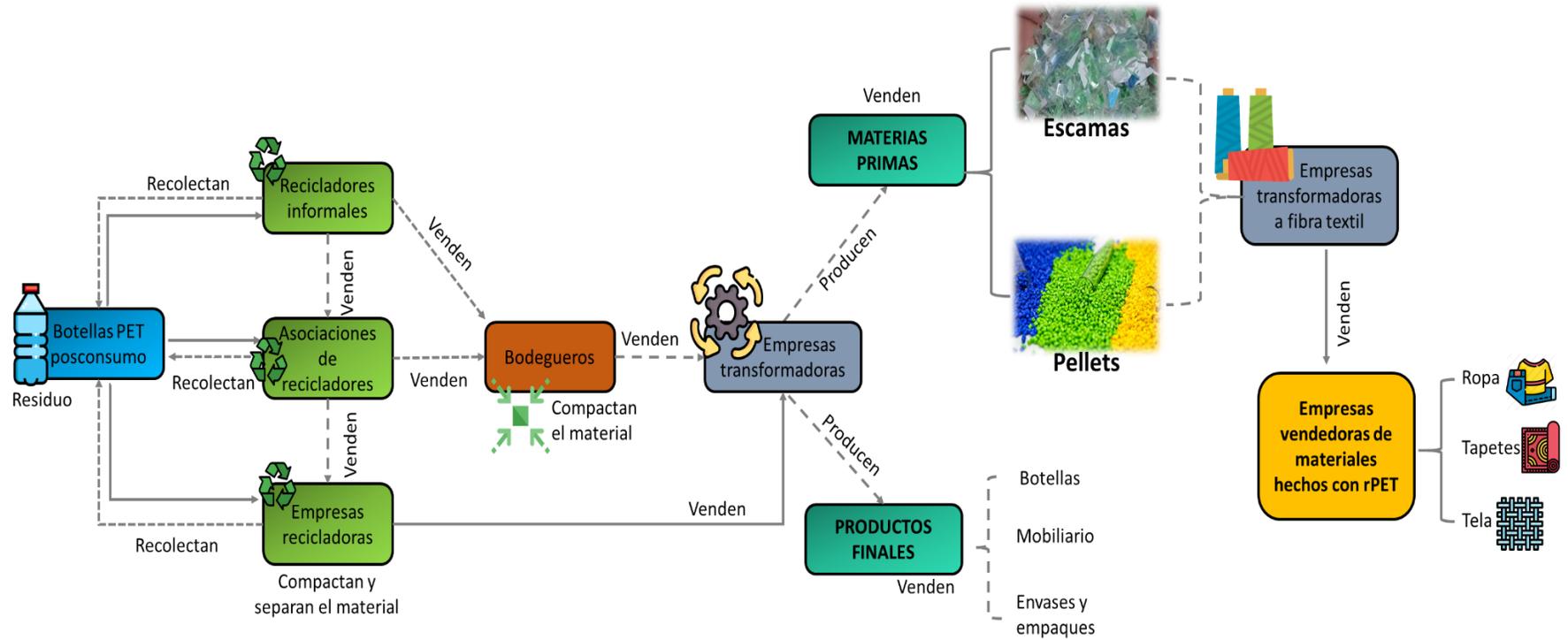
Estas fibras son vendidas a empresas que realizan el proceso de hilado y confección, para su posterior comercialización.

Es importante resaltar que algunas personas con las que se tuvo contacto telefónico que no quisieron responder la encuesta mencionaron que un gran número de empresas venden las botellas

clasificadas y compactadas a empresas ubicadas en Medellín, ya que allí se encuentra la planta más grande y reconocida en reciclaje y transformación de botellas PET de Colombia, ENKA y su filial EKORED. Situación que fue confirmada con varias de las encuestas realizadas, ya que una de las empresas menciona que tanto su materia prima, como las mismas botellas las vende a diferentes empresas, así mismo menciona que un gran porcentaje de estos materiales iba con destino a estas empresas de Medellín. Por el otro lado, otra empresa de las encuestadas, quien es el eslabón final de la cadena de producción, es decir los que venden las prendas ya confeccionadas con fibras textiles elaboradas con PET reciclado, menciona que sus telas las compra directamente en la ciudad de Medellín.

Esta situación demuestra que en Bogotá el proceso de transformación de botellas PET a fibras textiles es muy sesgado, situación que se evidenció con la búsqueda de información secundaria, así como las bases de datos suministradas por Acoplásticos, Con esta información se encontró que Bogotá solo cuenta con una planta transformadora de botellas PET a fibras textil más conocida como APROPET.

**Figura 4. Cadena de producción de las fibras o materiales textiles en la ciudad de Bogotá**



Fuente: Autor, 2021

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abaunza, L., Castellanos, C., & Malagón;Grace. (2019). *Informe Técnico- Proyecto “ Perfilar 200 empresas transformadoras de Plástico posconsumo en Bogotá .”* 1–42. [https://www.plastic.org/files/informes/informe\\_transformadores\\_de\\_plastico\\_bogota.pdf](https://www.plastic.org/files/informes/informe_transformadores_de_plastico_bogota.pdf)
- Acoplasticos. (2020). Plásticos en Colombia 2020-2021. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Aguilar, J. A. (2018). Basura en Bogotá, una responsabilidad de todos los ciudadanos | Bogota.gov.co. In *Alcaldía de Bogotá*. <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos>
- Decreto 312 de 2006, 1 (2006). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21059>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2016, November 11). *Decreto 495 de 2019*. [https://www.educacionbogota.edu.co/portal\\_institucional/sites/default/files/2019-03/Decreto\\_Distrital\\_495\\_de\\_2016.pdf](https://www.educacionbogota.edu.co/portal_institucional/sites/default/files/2019-03/Decreto_Distrital_495_de_2016.pdf)
- Asamblea Nacional Constituyente. (1991). Constitución de 1991. *Diario Oficial*, 3–23. [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion\\_politica\\_1991.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html)
- Bataineh, K. M. (2020). Life-Cycle Assessment of Recycling Postconsumer High-Density Polyethylene and Polyethylene Terephthalate. *Advances in Civil Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8905431>
- Bolaños Zea, J. J. G. (2019). “Reciclado de Plástico PET.” *Universidad Católica San Pablo*, 1–56.
- Collectors, P. (2020). *¿Cómo se hace el plástico? Proceso de producción de plástico simplificado*. 7 de Mayo Del 2020. <https://www.plasticcollectors.com/es/blog/how-is-plastic-made/>
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99. *Diario Oficial*, 41146, 44. [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/6c-ley\\_0099\\_1993.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/6c-ley_0099_1993.pdf)
- Consejo Nacional de Política Económica y social. (2016). *CONPES 3874 de 2016*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>
- Council, N. Z. W. (2016). *National Zero Waste Council: Circular Economy Business Toolkit*. 28.
- da Costa, A. M., de Oliveira Lopes, V. R., Vidal, L., Nicaud, J. M., de Castro, A. M., & Coelho, M. A. Z. (2020). Poly(ethylene terephthalate) (PET) degradation by *Yarrowia lipolytica*: Investigations on cell growth, enzyme production and monomers consumption. *Process Biochemistry*, 95(April), 81–90. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.04.001>
- DANE. (2019). Censo Nacional de Población y Vivienda. *Sigma*, 4, 25–34. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- DANE. (2020). *Economía Circular. Primer reporte 2020*.

- Departamento de Acción Climática Alimentación y Agenda Rural. (2009). *La Cumbre de Río*.  
[http://mediambient.gencat.cat/es/05\\_ambits\\_dactuacio/educacio\\_i\\_sostenibilitat/desenvolupament\\_sostenible/cimeres\\_internacionals/la\\_cimera\\_de\\_rio\\_1992/](http://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/desenvolupament_sostenible/cimeres_internacionals/la_cimera_de_rio_1992/)
- CONPES 3918, 2002 1991 (2018).  
[https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3918\\_anexos.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3918_anexos.pdf)
- CONPES 3934, Política de Crecimiento Verde 1 (2018).  
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3934.pdf>
- Dinero. (2019). *El negocio del reciclaje del PET: la metamorfosis de las botellas*.  
<https://www.semana.com/empresas/articulo/por-que-se-fortalece-el-negocio-del-reciclaje-del-pet/277457/>
- Editor Ialimentos. (2020). *Análisis de la industria de las botellas de plástico*.  
<https://www.revistaialimentos.com/analisis-de-la-industria-de-las-botellas-de-plastico/>
- Elgengen, M., Tiravanti, G. J., Ortiz, B. A., Otero, M. E., Wagner, F., Cerrón, D. A., & Nakamatsu, J. (2012). Chemical Recycling of Plastic Wastes. *Rev Soc Quím Perú*, 78(2), 105–119.  
<http://www.redalyc.org/pdf/3719/371937627005.pdf>
- Ellen Macarthur Foundation. (2016). The new plastics economy catalysing action. *Ergotherapie Und Rehabilitation*, 52(3), 1–68. <https://doi.org/10.2443/skv-s-2013-51020130303>
- Forum for de future. (2015). *Circular futures : accelerating a new economy*. 53(5), 1–12.
- García Sánchez, M. de la O. (2017). *Ingenieria Basica de una Planta de Produccion de Tereftalato de Polietileno*. 172.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Gobierno de la Republica de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Economía Circular*.
- GreenGroup. (2017). *De los residuos de PET a la fibra de poliéster*. <https://www.green-group-europe.com/en/sustainability/circular-economy-put-to-practice-from-pet-waste-to-polyester-fiber>
- Greenpeace. (2018). Colombia, mejor sin plásticos. *Campaña Plásticos*, 10.  
[http://greenpeace.co/pdf/reporte\\_plasticos.pdf](http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf)
- Hernandez Peña, Y., & Vargas Cuervo, G. (2012). *Imaginary on threats and manegemente of the urban risk in Bogotá , Colombia. December*. <https://doi.org/10.14195/1647-7723>
- Jacometti, V. (2019). Circular Economy and Waste in the Fashion Industry. *Laws*, 8(4), 27.  
<https://doi.org/10.3390/laws8040027>
- Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M. B., Thompson, R. C., Jankowska, E., Castillo, A. C., Pilditch, T. D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E., Gutberlet, J., ... Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, 369(6509), 1455–1461.

<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABA9475>

- MinAmbiente. (2018). Resolución 1407 De 2018. In *05/12/2014* (pp. 1–20). [http://www.andi.com.co/Uploads/RES\\_1407\\_DE\\_2018.pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/RES_1407_DE_2018.pdf)
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial. (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. [http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit\\_nal\\_produccion\\_consumo\\_sostenible.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/normativa/ambiente/politica/polit_nal_produccion_consumo_sostenible.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente - Decreto Ley 2811 de 1974. *Diario Oficial*, 1974(diciembre 18), 71. [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto\\_2811\\_de\\_1974.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Colombia le apuesta a las 9R en economía circular* (pp. 9–11). <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4225-colombia-le-apuesta-a-las-9r-en-economia-circular>
- Ministerio de Medio Ambiente. (1997). *Política Nacional de Producción Más Limpia*. 1–43.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2014). Resolución 754 de 2014. In *Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial*. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmNxsZWdpc2xhY2lwbmRlc2VydmljaW9zcHVibGljb3N8Z3g6N2E1MmMwODUyYThiM2JjNg>
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2016). *Decreto 596 de 2016*. 22. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=69038>
- Organización de las Naciones Unidas -ONU. (2020). *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático | Naciones Unidas*. United Nations. <https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico>
- Pérez Rodríguez, Á. T., Pérez Pérez, M., Fernández Santín, J. M., Muñoz Guerra, S., & Alá, A. (2019). *Mezclas del nylon 6 y 11 con una poliésteramida derivada de los ácidos tartárico y succínico*.
- PERUGACHI, J. G. Y. (2018). *Obtención De Base De Celulosa a Partir Del Bambú Para Utilizarla Como Materia Prima En La Fabricación De Fibra Textil*. 2017–2018.
- Presidencia de la República de Colombia. (1974). Decreto 2811 de 1974. In *Diario Oficial* (Issue diciembre 18, p. 71).
- Red de Justicia Ambienta. (2012). *DECLARACIÓN DE RÍO DE JANEIRO*.
- Decreto 2981 de 2013, Diario Oficial 49010 de diciembre 20 de 2013 8 (2013). <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1505864>
- Robles Llamazares, M. (2006). Objetivos de desarrollo del milenio. *Humanismo y Trabajo Social*, 5, 93–

101. [https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/mdg\\_goals.html](https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdgoverview/mdg_goals.html)
- Senado de la Republica. (1994). Ley 142 de 1994. *Diario Oficial*, 1994(41.433), 597. [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994\\_pr004.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994_pr004.html)
- Sugawara, E., & Nikaido, H. (2014). Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of *Acinetobacter baumannii* compared with those of the AcrAB-TolC system of *Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 58(12), 7250–7257. <https://doi.org/10.1128/AAC.03728-14>
- Sustainable Development Goals Fund. (2015). *De los ODM a los ODS*. Sustainable Development Goals Fund. <https://www.sdgfund.org/es/de-los-odm-los-ods>
- Taiwan Today. (2010). Recycled plastic is fantastic for Taiwan textile firms. *Taiwan Today*. <https://taiwantoday.tw/news.php?unit=6&post=9678>
- Tecnalia. (2017). *Materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde ” fabricante y de construcción en Colombia : contraste frente a experiencias internacionales*. 1–276.
- Texcope. (2020). *Webinar - Sustentabilidad en textiles y la marca Repreve*. <https://www.facebook.com/texcope/videos/1808337099334466>
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2012). *Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en la ciudad de Bogotá*. 8–9. <http://200.116.42.67/blogsuts/residuosolidos/files/2015/11/Caracterizacion-de-residuos.pdf>
- Unidas), O. (Organización de las N. (2015). *Antecedentes Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ODS. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/background.html>
- UNIFI. (n.d.). *REPREVE®*. Retrieved July 18, 2021, from <https://unifi.com/repreve>
- United Nations Climate Change. (2014). *¿Qué es el Protocolo de Estambul?* [https://unfccc.int/es/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/es/kyoto_protocol)