

Contribución a la construcción de la línea base sobre la generación y aprovechamiento de residuos textiles a nivel nacional a partir de la revisión de PGIRS de 101 municipios de Colombia

Valentina Solano Cárdenas

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental

Línea de Investigación:
Salud Ambiental

Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2022

Contenido

1. Lista de Figuras.....	2
2. Lista de Tablas	3
3. Resumen	4
4. Abstract	4
5. Introducción.....	5
6. Planteamiento del problema.....	6
7. Pregunta de investigación.....	7
8. Justificación	7
9. Objetivos.....	8
10. Marcos de referencia.....	8
10.1 Marco Geográfico	8
10.2 Antecedentes.....	9
10.3 Estado del Arte	10
10.4 Marco Teórico	14
10.5 Marco Conceptual.....	16
10.6 Marco legal.....	17
10.7 Marco Institucional.....	¡Error! Marcador no definido.
11. Metodología.....	20
12. Aspectos éticos	22
13. Resultados, análisis y discusión	22
14. Conclusiones	35
15. Referencias	37

1. Lista de Figuras

Figura 1 Mapa Político de Colombia

Figura 2 Representación gráfica de documentos por países

Figura 3 Representación gráfica de documentos por área

Figura 4 Representación gráfica de documentos por año

Figura 5 Diagrama de flujo cadena de valor de textiles

Figura 6 Diagrama de flujo Gestión de residuos textiles

2. Lista de Tablas

Tabla 1 *Documentos destacados provenientes de los términos de referencia*

Tabla 2 *Técnicas e instrumentos*

Tabla 3 *Resultados objetivo 1. Comparación normativa*

Tabla 4 *Municipios que hacen parte de la muestra*

Tabla 5 *Resultados de porcentaje de aprovechamiento*

3. Resumen

El desaprovechamiento de residuos sólidos se refleja en las altas cantidades de toneladas que son dispuestas en rellenos sanitarios, vertederos y cuerpos de agua. Especialmente los residuos textiles, son un material que puede hacer parte de planes de aprovechamientos enfocados en la economía circular tanto como sea posible. En Colombia aún es desconocido el impacto ambiental que tendría dejar de incinerar y desaprovechar este tipo de material, con la aplicación de alternativas de aprovechamiento, se reducirían algunas emisiones de CO₂, disminuiría la cantidad de toneladas no gestionadas correctamente, podrían surgir nuevos modelos de negocio y se podrían dejar de utilizar materia prima virgen debido a la reutilización de los mismos textiles, lo cual sería más beneficioso económicamente para toda la industria textil. El propósito de esta monografía es aportar en la construcción de la línea base de la situación actual de residuos textiles en Colombia, con el fin de tener cifras aproximadas de cuánto de este material se genera y cuánto se aprovecha actualmente a través de la información proporcionada por los documentos oficiales de algunos municipios del país y con ello determinar si al realizar una gestión apropiada de estos recursos, se podría avanzar en el desarrollo de una economía circular en Colombia a partir de la aplicación de estrategias y modelos de aprovechamiento que han sido aplicados en otros países o que surjan de iniciativas novedosas.

Palabras clave: Ecología industrial – Economía Circular – Balance de masas

4. Abstract

The wastage of solid waste is reflected in the high amounts of tons that are disposed of in landfills, dumps, and bodies of water. Textile waste is a material that can be part of utilization plans focused on the circular economy as much as possible. In Colombia it is still unknown the environmental impact that would have to stop incinerating and wasting this type of material, with the application of alternatives of utilization, some CO₂ emissions would be reduced, the number of tons not properly managed would decrease, new business models could emerge and could stop using virgin raw material due to the reuse of the same textiles, which would be more economically beneficial for the entire textile industry. The purpose of this monograph is to contribute in the construction of the baseline of the current situation of textile waste in Colombia, in order to have approximate figures of how much of this material is generated and how much is currently used through the information provided by the same official documents of some municipalities in the country and thus determine whether by carrying out an appropriate management of these resources, it would be possible to advance in the development of a circular economy in Colombia from the application of strategies and models of use that have been applied in other countries or that arise from innovative initiatives.

Keywords: Industrial Ecology - Circular Economy - Material Flow Analysis

5. Introducción

A nivel global, la economía circular tiene un enfoque de sostenibilidad ambiental y social para el incremento del desarrollo económico, como un método que incentive el aprovechamiento y la optimización de sistemas y elementos que hacen parte del modelo de consumo actual. En Colombia, surge la Estrategia Nacional de Economía Circular en 2019 y adopta la definición dada por la Fundación Ellen MacArthur como:

Los sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que respondan a los fundamentos del desarrollo sostenible. (Ellen MacArthur Foundation, 2014)

Según lo reportado en el documento CONPES 3874 (2016), son muy pocas las estrategias e incentivos relacionados con el aprovechamiento, prevención, tratamiento y minimización de generación de residuos sólidos, lo que trae como consecuencia que se siga consumiendo desde un modelo lineal y, por lo tanto, cuando los bienes o productos terminan su ciclo de vida, son dispuestos en los rellenos sanitarios aun cuando tienen alternativas de aprovechamiento. La industria textil se clasifica como un sistema con economía lineal puesto que demanda altas cantidades de recursos no renovables y sus impactos ambientales se dan durante todo el proceso de producción y ciclo de vida de los textiles, sin embargo, lo que se tiene como propósito actualmente es convertir todo el sector en un sistema circular, pero ello implica un proceso de transformación entre la producción y el consumo, generando nuevos modelos de negocio e iniciativas de sostenibilidad.

A pesar de ello, algunas empresas colombianas del sector textil han implementado en su producción nuevas fibras que puedan ser incluidas en el sistema de la economía circular, ya que teniendo en cuenta un análisis de Calvo F (2019), cada año, aproximadamente 15 kilos de ropa usada terminan en vertederos y un porcentaje muy bajo es dispuesto en contenedores de ropa en donde podría ser aprovechada adecuadamente desperdiciando materia prima y energía. Según el Quinto reporte de Economía circular (2022), la industria manufacturera dispuso en rellenos sanitarios alrededor de 1,4 millones de toneladas de residuos en el 2020.

Este documento pretende dar a conocer las cantidades generadas de residuos textiles y su porcentaje de aprovechamiento en Colombia, ya que durante las últimas décadas se ha evidenciado un aumento en la generación de residuos como consecuencia del modelo de consumo acelerado denominado Fast Fashion donde se producen grandes volúmenes de ropa y accesorios que no son diseñados como productos duraderos ni resistentes o que simplemente en un momento determinado ya no serán tendencia en moda. Según reportes de Greenpeace (2021), solo la producción de ropa representa el 10% de las emisiones de CO₂ a nivel global y se utilizan altas cantidades de recursos para producir solo una prenda, 2 mil 700 litros de agua son necesarios para

fabricar apenas una camisa de algodón, siendo uno de los impactos más altos de la industria de la moda (Greenpeace, 2021). Esta es una problemática que no se ha visibilizado en su totalidad y por lo tanto la información disponible no es suficiente para la toma de decisiones como, por ejemplo, iniciar la transición de la industria textil a la economía circular en todas las etapas de su cadena de valor. Por lo tanto, en este caso se realiza un análisis de balance de masas con la información de 101 PGIRS de municipios de Colombia, con el cuál se pretende resolver la pregunta: ¿El aprovechamiento de residuos textiles en Colombia puede hacer parte fundamental de la economía circular y contribuir en el proceso de transición a la sostenibilidad?

6. Planteamiento del problema

El sector textil actualmente es un actor importante en la economía mundial, debido a su alta generación de empleo y posibilidades de crecimiento en el exterior. Toda esta producción ha causado a su vez una alta generación de residuos acumulados en sitios de disposición final, pero que podrían haber sido aprovechados antes de finalizar su vida útil.

Después de usar la ropa, casi todo el valor de los materiales con los que está hecha se pierde. Se estima que la mayoría de las prendas son desechadas después de únicamente 7 usos. Del total de fibras utilizadas para la ropa, el 87% se deposita en vertederos o se incinera. Además, muchos de los microplásticos que se encuentran en los ecosistemas, son provenientes de residuos de prendas sintéticas que se degradaron y generaron más contaminación. Actualmente, cerca del 60% de los textiles, está hecho a base de fibras sintéticas (European Environment Agency, 2019). Sólo el 13% del material total se recicla de alguna manera después de usarla, por ejemplo, como material aislante, paños de limpieza y relleno de colchones (Ellen MacArthur Foundation & Circular Fibres Initiative, 2017). Esto ha generado una alta tasa de acumulación de residuos textiles desaprovechados en rellenos sanitarios puesto que no se cuenta con centros de acopio para textiles en Colombia, únicamente en Bogotá se dispusieron 147.767 toneladas de residuos de este material en 2021 (Secretaría de Ambiente, 2022).

Durante todo el proceso productivo y el uso de este material, se generaron emisiones de 654 kg de CO₂ equivalente por persona en 2017 y únicamente su producción genera aproximadamente 15-35 toneladas de CO₂ equivalente por tonelada de textiles generada (European Environment Agency, 2019). Dentro de los impactos que tiene la industria textil también se incluye la deforestación, ya que se requieren parcelas extensas para cultivar las diferentes materias primas como el algodón o el lino, las cuales ocupan cerca del 3% de toda el área cultivable disponible, demandando altas cantidades de agua y pesticidas. Además, este sector industrial emite entre el 8% y el 10% de gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye con el 20% de la contaminación hídrica por parte de las industrias (Andesgear Blog, 2022).

El desconocimiento de la dimensión de la contaminación textil y de sus grandes oportunidades de aprovechamiento, son unas de las razones por las cuales el gobierno nacional no ha oficializado decretos o políticas al respecto que obliguen a restringir la generación de residuos textiles desde su producción hasta el momento de su disposición final.

7. Pregunta de investigación

¿El aprovechamiento de residuos textiles en Colombia puede hacer parte fundamental de la economía circular y contribuir en el proceso de transición a la sostenibilidad?

8. Justificación

La cantidad de residuos reciclados que provienen de la industria textil únicamente alcanza el 1% (European Parliamentary Research Service, 2019) y a pesar de que se han generado diferentes iniciativas para dar un nuevo uso en el mercado antes de la disposición final de los textiles, la generación de residuos textiles alcanza 92 millones de toneladas cada año (Acosta, 2021).

Anualmente, la tendencia de consumo de textiles se encuentra entre los 7 y los 19 kilos por persona y teniendo en cuenta que en Bogotá hay aproximadamente 7 millones de habitantes, se pueden llegar a producir hasta 364 toneladas diariamente (Semana Sostenible, 2016). Además, aunque en la industria textil la generación de residuos se da a lo largo de toda la cadena de producción, es en la fase de post consumo en la que más del 90% de los residuos son desaprovechados por los consumidores (Xicota, 2021).

A nivel nacional, los rellenos sanitarios presentan problemáticas relacionadas con su vida útil, según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2019), al 69 % de ellos les quedan menos de cinco años de funcionalidad. Conociendo esto, adquiere mayor relevancia establecer maneras de reducir la cantidad de toneladas de residuos que llegan a los lugares de disposición final con altas probabilidades de ser aprovechados, como es el caso de los textiles.

Por esta razón, es necesario iniciar la construcción de una línea base de la generación y aprovechamiento de textiles en Colombia, que permita determinar qué tanto puede aportar al proceso de encaminar la industria textil a la economía circular, promover prácticas de reutilización y aprovechamiento de textiles. Para esto, como un primer paso, el objetivo de este documento es contribuir en la construcción de la línea base de residuos textiles a partir de la generación y la cantidad aprovechable de los residuos textiles de 101 municipios de Colombia con base en la información reportada en PGIRS.

Ahora bien, desde el enfoque de CEMPRE Colombia, con este primer adelanto de la construcción de la línea base se pretende determinar si es posible promover prácticas de reutilización y aprovechamiento de textiles, para generar ideas de negocio, emprendimiento o proyectos, que les permita a las empresas asociadas o para cualquier persona que tenga interés por la circularidad, tener un referente de implementación de este modelo de aprovechamiento.

9. Objetivos

General:

Contribuir en la construcción de la línea base sobre la generación y el aprovechamiento de residuos textiles de 101 municipios de Colombia con base en la información reportada PGIRS e información secundaria.

Específicos:

- Realizar una revisión documental acerca de la información disponible en el país sobre la cantidad de textiles con disposición final, para hacer una comparación entre la forma en cómo están caracterizados por municipio a nivel de generación y la manera en que deberían reportarse según la normativa.
- Realizar un balance de masas para estimar el aprovechamiento de textiles por municipio con un enfoque de circularidad.
- Proponer una metodología de aplicación de las estrategias de aprovechamiento de textiles actuales enfocadas en la Economía Circular en el país.

10. Marcos de referencia

10.1 Marco Geográfico

CEMPRE Colombia es una ONG que vincula las acciones e iniciativas que se surgen en todo el país, por parte de los diferentes actores (Gubernamentales, sector privado, gremios, los esquemas municipales, las organizaciones de recicladores de oficio, entre otros), relacionadas con la economía circular y con el desarrollo de nuevos conocimientos enfocados en el reúso, aprovechamiento y circularidad de los materiales, contribuyendo en el desarrollo del país.

Debido a que la organización tiene un área de influencia nacional, este proyecto busca comprender la mayor información disponible de todos los departamentos de Colombia respecto a la generación y aprovechamiento de residuos textiles. Inicialmente se tienen en cuenta las ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Cartagena y posteriormente se realiza el análisis estadístico para incluir municipios que sean representativos, con el fin de reducir el tamaño de la muestra. De esta manera, de 1122 municipios de Colombia, se seleccionan 101 que se describen en la tabla 4.

Figura 1

Mapa Político de Colombia



Nota: Cátedra Uno, 2021, Mapa Político de Colombia.

10.2 Antecedentes

Al tomar como punto de partida las altas cantidades de residuos sólidos aprovechables que van directamente a disposición final, surge el cuestionamiento de cómo estos volúmenes podrían reducirse y que sean gestionados adecuadamente cuando termine su vida útil. Los textiles son uno de los materiales que pueden ser incluidos en planes posconsumo a nivel nacional, ya que, a pesar de que se han desarrollado algunas estrategias distritales, no hay proyectos, ni documentos oficiales que describan cómo se puede realizar un aprovechamiento de textiles.

Considerando que en Colombia no se cuenta con un conocimiento de las alternativas de aprovechamiento, tener la trazabilidad de cuánto se genera y cuántos residuos son llevados a sitios de disposición final en cada uno de los municipios, puede ser una guía para formular oportunidades e iniciativas empresariales que apoyen el proceso de sostenibilidad. Sin embargo, hay algunas empresas colombianas como Natuh – Ecohilandes y Riochevi que se han enfocado en reutilizar algunos sobrantes de los procesos de confección, los trituran para convertirlos en hilos, los combinan con residuos de botellas PET y crean nuevas prendas, rellenos de almohadas colchones o tapicerías para automóviles (Abuchaibe, 2019) y además tienen como incentivos para los consumidores que consisten en reciclar las prendas que ya no van a usar a cambio de un descuento en sus compras.

Por otra parte, en 2019, la Fundación Ellen MacArthur lanzó una guía global con recursos y herramientas enfocada a cualquier lector, para aplicar los fundamentos de la Economía Circular en las ciudades. Posteriormente, en marzo de 2022, el Parlamento de la Unión Europea propuso una estrategia enfocada en la durabilidad, capacidad de reparación, reutilización y reciclaje de textiles, basada en los principios de economía circular de manera que se realicen modificaciones a la cadena de valor de textiles, comenzando por el desarrollo de diseños ecológicos, ajustes en los materiales que se implementan en el proceso de producción, y que a su vez se incluya a la

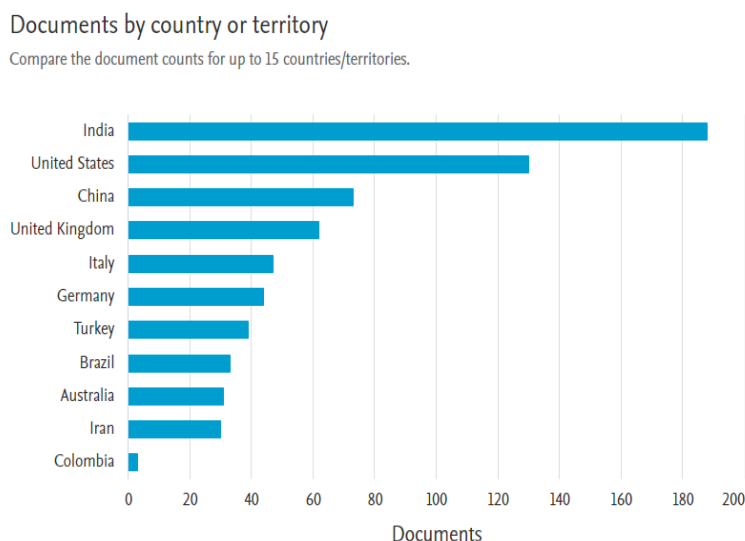
comunidad en la etapa de disposición final, donde se vean involucrados directamente al tener que separar los residuos para su recolección y que de esta manera sea más sencillo su proceso de selección para el aprovechamiento (Comisión Europea, 2022).

10.3 Estado del Arte

Se realizó la revisión documental en diferentes bases de datos disponibles en la biblioteca de la universidad. Una de ellas fue Scopus, en la cual, al normalizar los términos de búsqueda con las palabras clave y operadores booleanos como “waste management” AND textile aparecen 1216 documentos de 1967, en su mayoría artículos publicados en India y Estados Unidos y únicamente se tiene registro de 3 publicaciones de Colombia.

Figura 2

Representación gráfica de documentos por países



Nota: Scopus, 2022

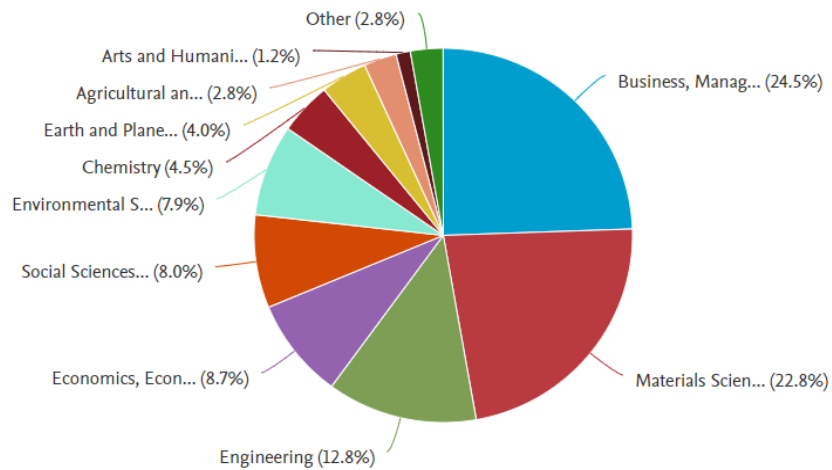
Cuando se realiza una búsqueda más específica, se normaliza a los términos “Municipal Waste Management” AND textile y se encuentran solamente 6 resultados relacionados, publicados en el área de ciencias ambientales.

Para la búsqueda relacionada con el objetivo 2, se utilizan las palabras clave MFA AND textiles, con las cuales, desde el año 1977 hasta 2022 aparecen 329 documentos. Sin embargo, estos términos son abordados en diferentes áreas como ciencia de materiales (22,8%), ingeniería (12,8), economía (8,7), entre otros, como se aprecia en la siguiente imagen.

Figura 3

Representación gráfica de documentos por área

Documents by subject area

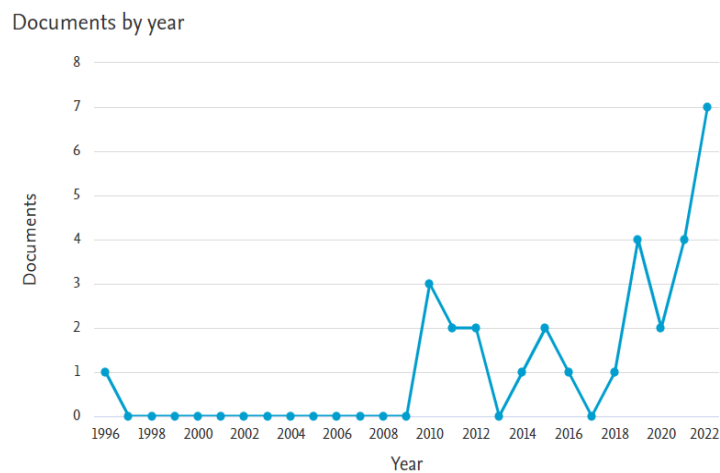


Nota: Scopus, 2022

Por lo cual, se debe refinar la búsqueda con los términos “Material Flow Analysis” AND textile. Los resultados se reducen a 30 documentos. Algo que se puede destacar de esta cadena de búsqueda es que la primera vez que se publicó algo de este tema fue en 1996 y posteriormente su tendencia de publicaciones es cero hasta 2010 y ha venido en crecimiento hasta el presente año, como se puede observar en la siguiente imagen.

Figura 4

Representación gráfica de documentos por año



Nota: Scopus, 2022

De estas publicaciones se pueden destacar algunas, organizadas en la siguiente tabla:

Tabla 1

Documentos destacados provenientes de los términos de referencia

Cadena de búsqueda	Título y Autores del documento	Año	Contenido
Municipal Waste Management AND textile	<p>Local governments' perspective on implementing the circular economy: A framework for future solutions</p> <p>Dagilienė, Lina; Varaniūtė, Viktorija; Bruneckienė, Jurgita</p>	2021	Debido a las recientes tendencias de consumo y producción que han surgido en las áreas urbanas, la economía circular ha ganado relevancia en su implementación, enfocada en la regulación de la gestión de residuos y otras iniciativas que han surgido de la integración de las diferentes perspectivas sociales y gubernamentales.
Waste Management AND textile	<p>Sustainable conversion of textile industry cotton waste into P-doped biochar for removal of dyes from textile effluent and valorisation of spent biochar into soil conditioner towards circular economy</p> <p>Kar, S., Santra, B., Kumar, S., Ghosh, S., Majumdar, S.</p>	2022	Determinados residuos posindustriales pueden tener un nuevo uso a partir de la aplicación de los principios de la economía circular, contribuyendo con la reducción en la generación de residuos textiles.
"Material Flow Analysis" AND textile	<p>Quantifying textile streams and recycling prospects in Europe by material flow analysis</p> <p>Amicarelli, V., Bux, C.</p>	2022	En esta investigación, se aplica el análisis del flujo de materiales para estimar los flujos de residuos textiles en Europa y para simular dos escenarios prospectivos de fin de vida a corto plazo. Además, la investigación calcula los flujos de energía y de emisiones de CO ₂ eq según el reciclaje de textiles, la incineración con recuperación de energía o el vertido.
"Material Flow Analysis" AND textile	<p>Assessing the Transition of Municipal Solid Waste Management Using Combined Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment</p> <p>Open Access</p>	2020	Este estudio evaluó la transición de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Nottingham, Reino Unido, utilizando una herramienta de análisis combinado de flujo de materiales (AFM) y evaluación del ciclo de vida

			(ACV).
"Material Flow Analysis" AND textile	Quantity, Components, and Value of Waste Materials Landfilled in the United States Powell, J.T., Chertow, M. R	2019	En esta investigación desarrollaron un modelo de caracterización de residuos sólidos municipales que se encuentran en vertederos de Estados Unidos, con el cual se pueden obtener intervenciones más eficaces y específicas para desviar los materiales de los vertederos, mejorar las estimaciones de las emisiones, de las pérdidas disipativas en los análisis de los flujos de materiales e iluminar la dinámica que vincula las dimensiones materiales, energéticas y económicas con los ciclos de producción, consumo y eliminación.
"Material Flow Analysis" AND textile	Evaluation of municipal solid waste management performance by material flow analysis: Theoretical approach and case study	2015	En este caso de estudio, el análisis del flujo de materiales permitió evaluar la cantidad de materiales enviados al reciclaje, a la disposición final y a la conversión de residuos en energía, destacando que la clasificación de los residuos puede aumentar aún más la cantidad de materiales secundarios.
"Material Flow Analysis" AND textile	Material flow analysis for an industry - A case study in packaging	1996	La producción y consumo de productos desechables, envases y empaques tienen efectos significativos en el ambiente, relacionados con el aumento de residuos generados en los hogares que son dirigidos directamente a rellenos sanitarios sin ningún tipo de aprovechamiento, lo que puede desencadenar en liberación de procesos al ambiente o pérdida de energía en forma de calor, por lo cual se requiere un análisis de eficiencia en el uso de materiales de las diferentes industrias.

10.4 Marco Teórico

Las oportunidades que tiene el sector de la industria textil en su transición hacia la sostenibilidad ligado a la economía circular se abarcan desde nuevas oportunidades de oferta de servicios, hasta la producción de nuevas fibras para el diseño de ropa más duradera. Así mismo, la economía circular debe establecer uniformemente el criterio de producción de las industrias y los requerimientos para cumplir con el ecodiseño, la duración y la sostenibilidad en la producción de textiles, teniendo en cuenta su impacto y alternativas sostenibles, a partir del análisis del ciclo de vida, que permita a su vez, extender la durabilidad de los servicios (Moazzem et al., 2021).

La economía circular como estrategia aplicable en los procesos industriales y comerciales, se reconoce como un modelo económico que permite la facilidad del reuso, el reciclaje y el aprovechamiento de diferentes productos y que sustituye el proceso de comprar, usar y desechar (Ellen McArthur Foundation, 2017). Este concepto integra la sostenibilidad ambiental y social, creando modelos de negocio que mantengan el valor de los materiales, promuevan el consumo responsable y la gestión integral de los residuos. Aplicar este modelo implica modificar la manera en la que están pensados los sistemas urbanos, para mejorar el diseño de los diferentes bienes y productos que consumimos como sociedad. De esta manera, se debe repensar cómo se pueden usar los materiales después de utilizarlos con el fin con el cual fueron diseñados y promover las estrategias de reuso, reparación y reciclaje en cualquier escenario, a partir de la aplicación de principios base relacionados con la eliminación de residuos, mantener los materiales en el ciclo productivo (considerando todo su ciclo de vida) y la regeneración de los sistemas naturales.

La Ecología Industrial fue mencionada por primera vez en 1997 por S. Erkman, enfocada desde el diseño y la producción de bienes e integrando el balance de materiales y su reincorporación a los ciclos naturales. En este estudio, se destaca principalmente la manera de alcanzar una optimización de los flujos de los recursos, en este caso fibras textiles, y su manejo desde disposición final, alternativas de reciclaje y aprovechamiento, en un modelo circular. Respecto al enfoque desde la industria textil, la ecología industrial se incorpora a partir de la relación entre los tres sectores del desarrollo sostenible (social, ecológico y ambiental). Este enfoque de estudio, basado en la ecoeficiencia y el ecodiseño al que deben apegarse las industrias, permite la exploración de alternativas industriales para mejorar la calidad de sus bienes y servicios, el incremento en su economía debido a la mejora en la eficiencia de sus recursos y la implementación de nuevas tecnologías que apunten al desarrollo sustentable. Uno de los sectores que debe aplicar la optimización de los procesos es la industria de la moda, de manera que, al promover en sus sistemas de producción estrategias sostenibles, ofrecen a los consumidores prendas de mejor calidad y con mayor funcionalidad.

Implementar el ecodiseño (definido en 1996 por Van der Ryn y Cowan como una disciplina que se integra con la ingeniería ecológica minimizando los impactos negativos ambientales), como una herramienta conceptual fundamental para la aplicación de la ecología industrial en la producción de textiles y como una estrategia para tener claro todos los impactos de un producto a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo su huella ecológica, hídrica o de carbono y tomar acciones para que estos se puedan reducir o eliminar, permite que se pongan en el mercado

diferentes productos más competitivos pero que no tengan impactos ambientales altos y que se puedan reintegrar fácilmente en la cadenas de producción, no necesariamente como el mismo producto para el que fue diseñado sino como insumo para la construcción de uno nuevo. Este modelo estratégico, actualmente está siendo aplicado como programa de moda circular por empresas como Tommy Hilfiger y Tommy Jeans, en donde recolectan todas las prendas usadas o dañadas y las arreglan o las mezclan con otras prendas para producir estilos nuevos, que posteriormente son revendidos. Esta iniciativa actualmente está disponible en Países Bajos, Reino Unido y Estados Unidos (Fashion United, 2021).

Otra iniciativa relacionada con el modelo denominado moda sostenible o moda circular, corresponde a la que se está implementando en tiendas como Zara y H&M en España, en las cuales reciben ropa usada de sus clientes para reciclarla o reutilizarla y fomentar un ciclo sostenible, uno de sus enfoques es las prendas que tengan algún defecto para hacer bolsas, cobijas o algún otro accesorio. En Colombia, es reconocido el proyecto **Clothe – Moda sostenible**, el cual busca un cambio con impacto socioambiental. Es una fundación y un centro de reciclaje textil que tiene como propósito enviar ropa a las personas de las comunidades rurales y aledañas. Trabajan con 8 fundaciones más y con comunidades indígenas, afrocolombianas y desplazados, entre otros (Colombia.co, 2021).

Para conseguir esto, la ecología industrial utiliza varias herramientas como los Análisis de Ciclo de Vida (ACV), en donde se cuantifican todas las cargas ambientales que puede tener un producto, y los Análisis de Flujo de Materia (AFM), y se determinan las entradas y salidas de un sector (Torre-Marín et al, 2009). Esta herramienta puede ser aplicada en diferentes áreas como el control de procesos, toma de decisiones para la gestión de recursos, el tratamiento de residuos y aguas residuales, entre otros, ya que está fundamentado en el principio de conservación de la materia. Su aplicación inicialmente era en la disciplina de la química para el balance de ecuaciones. Desde un punto de vista global, la Comisión Europea destaca en su estudio Environmental Impact of Products (EIPRO) que la producción de textiles, desde una perspectiva de análisis de ciclo de vida, representa uno de los principales generadores de impactos ambientales. Se ha reportado que por cada kilogramo de tejido textil producido globalmente se consume 0.6kg de petróleo equivalente y se emiten 2 kg de CO₂ a la atmósfera (Cambridge, 2006). Según la encuesta ambiental Industrial - EAI realizada en 2018, el sector de Industria manufactura produce 1.887 toneladas con emisiones de 654,74 CO₂ (DANE & IDEAM, 2020).

Ahora bien, desde el enfoque de este documento respecto a la generación y disposición final de residuos sólidos en Colombia, se debe destacar la existencia del sistema de gestión de residuos sólidos, el cual está regulado por los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en donde se describen los objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos enfocados en gestionar adecuadamente los residuos en cada uno de los municipios del país. Su diseño y ejecución se establecen desde el 2015 en el Decreto 1077, expedido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y debe seguir los lineamientos metodológicos estipulados en la Resolución 754 de 2014.

10.5 Marco Conceptual

La economía circular desde su relación con la sostenibilidad incentiva el aprovechamiento de diferentes materiales a partir del concepto de reutilizar los productos todas las veces que sea posible, así como el desarrollo de ecodiseños y la aplicación de procesos eficientes en su producción para que las prendas o accesorios textiles tengan mayor durabilidad, buscando la reducción en la generación de residuos. Desde un modelo de consumo responsable, la economía circular propone y promueve soluciones frente a esta problemática ambiental como una alternativa de desarrollo tanto para las empresas como para emprendedores, permitiendo que los productos hagan parte del uso circular, extendiendo su vida útil y sus capacidades de convertirse en materia prima para otro diseño.

El aprovechamiento de los materiales es la capacidad de recuperar los materiales y que sean reincorporados en el ciclo productivo. Según la normatividad colombiana, las alternativas de aprovechamiento de todos los materiales deben estar documentadas en los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos para que se pueda realizar una gestión adecuada por parte de los consumidores. Este proceso hace parte del modelo que propone la economía circular, ya que al reutilizar los residuos como insumo para otros procesos de producción se cumple esta estrategia de sostenibilidad. Por lo tanto, se deben conocer las iniciativas para el aprovechamiento de materiales y, en este caso, específicamente para residuos textiles.

El concepto de Fast Fashion es uno de los más relevantes en la industria de la moda, puesto que, desde una perspectiva ambiental, llevó a producir alrededor de 2100 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) solamente en 2018, lo que representó el 4% de las emisiones globales totales. Aunque esta tendencia benefició económicamente las empresas productoras de textiles, el impacto ambiental era cada vez más alto, ya que los materiales con los cuáles se realizaban estos productos no eran reutilizables y se requerían mayores cantidades de materias primas para abastecer su producción. Todo este sistema de consumo hace parte de un modelo lineal, contrario a lo que se busca con los fundamentos de la economía circular donde el residuo adquiere un protagonismo en la cadena de producción como materia prima.

Sin embargo, a partir de una de las herramientas que se relacionan con las estrategias de economía circular como lo es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es posible cuantificar y evaluar los impactos ambientales de un producto a lo largo de todas sus etapas de producción. En este caso, los ACV permiten identificar los puntos críticos que se presentan en las cadenas de valor que continúan siguiendo los modelos de producir, consumir y desechar, y que a partir de allí se reconozca cómo se pueden evitar, reducir o eliminar ciertos residuos. Así mismo, se pueden crear nuevos procesos productivos que contribuyan en la transición a la economía circular, modificando y optimizando los sistemas actuales para tener cadenas de valor sostenibles en todas sus etapas, creando mejores productos, más duraderos, reparables y reciclables.

Por otra parte, implementar el análisis de Flujo de Materia o Balance de Masas, el cual es una herramienta de la ecología industrial, empleada con el fin de cuantificar las entradas, procesos y salidas que hacen parte de las cadenas de valor de un material, es posible comprender las etapas

de un proceso para que pueda ser convertido en un sistema sostenible, tomando acciones de mejora, frente al sistema de producción actual, identificando donde se pueden realizar mejoras para la optimización de flujo de materiales y bienes, mejorar la eficiencia y reducir costos.

En base a los datos recopilados de generación (entrada) y disposición final de residuos textiles (salida), es posible aproximar las cantidades que son aprovechadas de este material en Colombia, a partir de la diferencia de estas variables, considerando el aprovechamiento como otra salida en este proceso basado en la ley de conservación de la masa.

10.6 Marco legal

Para la construcción del marco legal que se describe en las Tablas 2 y 3, se tienen en cuenta las políticas nacionales que se manejan actualmente en el ámbito de gestión de residuos y economía circular. También se incluye el lineamiento aplicado en España desde el 2020, que se enfoca en la sostenibilidad empresarial en el sector textil.

Tabla 2

Documentos de referencia para el marco legal nacional

Normatividad	Nacional
Estrategia nacional de economía circular del Gobierno Nacional	Se establece con el fin de aplicar un nuevo modelo de desarrollo económico que incluya la valoración continua de recursos, darles un cierre a los ciclos de los materiales y recursos, crear nuevos modelos de negocio, promover la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el propósito de optimizar producciones eficientes y reducir la huella hídrica y de carbono.
Conpes 3874 de 2016	Con esta política se busca adoptar medidas enfocadas en la prevención de generación de residuos, minimizar las cantidades de residuos que se llevan a disposición final y evitar la emisión de GEI.
Conpes 3934 de 2018	Documento enfocado en el Crecimiento Verde para garantizar el bienestar económico y social de la población, así como la seguridad climática.
Decreto 0330 de 2017	Se establece el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS
Política Nacional de Producción y Consumo	Está dirigida a mejorar los patrones de producción y consumo y enfocarlos a un lineamiento sostenible, reduciendo la contaminación e incentivar el uso sostenible de los recursos.

Ley 142 de 1994	
Resolución 754 de 2014	Establece la metodología, para formular, implementar, evaluar, realizar seguimiento, control y revisión de actualizaciones a los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Resolución 0547 de 2022	Reglamenta los aspectos y criterios de elegibilidad de proyectos relacionados con el Incentivo de Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos.
Resolución 276 de 2016	Lineamientos acerca del esquema operativo del sistema de aprovechamiento que hace parte del servicio público de aseo.
Decreto 802 de 2022	Referente acerca del Incentivo de Aprovechamiento y Tratamiento de Residuos Sólidos.
Decreto 2981 de 2013	Reglamenta la prestación del servicio público de aseo y en general de los servicios públicos domiciliarios.
Decreto 838 de 2005	Su propósito es promover la implementación, planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos en rellenos sanitarios como una actividad complementaria del servicio público de aseo.
GTC 24 de 2009	Es una guía dirigida a los generadores de residuos sólidos que indica el procedimiento adecuado para realizar la separación en la fuente y los respectivos requisitos para entregarlos al prestador del servicio de recolección.

Tabla 3

Documentos de referencia para el marco legal internacional

Normatividad	Internacional
Guía de Sostenibilidad y Economía Circular para el Sector Textil – España 2020	Busca aclarar especialmente a las empresas de la industria textil, aspectos relacionados con la sostenibilidad ambiental, pretende ser un referente para mejorar su reconocimiento como empresas ambientalmente sostenibles y que puedan generar oportunidades de negocio en las que se pueda identificar la transición a los modelos circulares e incentivar la implementación de mejoras en los procesos y productos textiles (Miró, 2022).
Estrategia para la circularidad y sostenibilidad de los productos textiles –	En este documento, diseñado por el parlamento europeo, se proponen acciones principales para un sector textil sostenible y circular, a través de medidas que puedan aplicar las empresas productoras como por ejemplo prolongar la vida útil de los productos textiles.

Comisión europea 2022	
Especificaciones de manipulación y clasificación para la reutilización y el reciclaje de textiles usados - Confederación Europea de Industrias del Reciclaje (EuRIC) 2021	Está dirigido a productores, importadores u organizaciones que se encarguen de la clasificación y el reciclaje de los residuos textiles posconsumo y demás partes interesadas. Pretende definir los procesos más avanzados de recogida y clasificación de los residuos textiles, basándose en las mejores prácticas que se proponen según los requisitos legales aplicables.

10.7 Marco Institucional

10.7.1 Actores Directos

Universidad El Bosque: Academia de investigación

CEMPRE Colombia: Academia de investigación; desde el área de Gestión del Conocimiento e Innovación, se pretende iniciar a indagar las posibilidades de aplicar la economía circular en los procesos de las industrias textiles, generando nuevas estrategias e ideas para reducir los impactos ambientales que este sector actualmente genera e involucrando la comunidad en estos procesos de transición.

10.7.2 Actores Indirectos

Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible: Es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores (Minambiente, 2021).

Alcaldías: Se tienen en cuenta los gobiernos municipales para contar con la información relacionada con la gestión integral de residuos sólidos, ya que en cada municipio se tiene un plan de gestión distinto y en este caso de estudio se quieren consultar 101 municipios de Colombia.

11. Metodología

Para el desarrollo de este documento basado en la recopilación de información respecto a generación, disposición final y aprovechamiento de residuos textiles en Colombia se desarrolla la metodología que se describe a continuación. El proyecto cuenta con un enfoque cualitativo, un alcance no experimental descriptivo y un carácter transversal. Adicionalmente, las variables con las que se va a trabajar son de tipo numérico, ya que se trabajará con datos oficiales y algunos informes gubernamentales.

Inicialmente, se realizó una búsqueda de información en bases de datos como scopus, springerlink y sciencedirect, a partir de las palabras clave definidas, posteriormente se seleccionaron aquellos recursos más pertinentes y que fundamentaban el desarrollo de este proyecto. A partir de esta búsqueda, se construyeron los marcos de referencia y las respectivas bases teóricas.

Para cumplir con el primer objetivo específico se realizó una revisión documental abarcando toda la información acerca de las cantidades dispuestas de textiles en Colombia, en primer lugar, se seleccionaron los municipios que hicieron parte de la muestra, el objetivo es tener una población representativa de Colombia. Esto se realizó a partir de un análisis de datos con la herramienta Excel y se puede denominar un muestreo estratificado ya que, a criterio propio, se agruparon los municipios en 3 estratos. Cabe destacar que esta clasificación, realizada en conjunto con el analista de datos de CEMPRE, se desarrolló específicamente de esta manera considerando que es muy probable que ciertas regiones tengan características similares relacionadas con su situación económica, demográfica y social, entre otras, lo que permite reducir el tamaño de la muestra. Sin embargo, para esta distribución, principalmente se tiene en cuenta el tamaño de la población total de cada municipio reportada por el DANE en 2018. Se organizaron los municipios de mayor a menor población y a partir de ello se realizó la estratificación, es preciso que, en la medida de lo posible y dependiendo de la disponibilidad de información, las principales ciudades del país fueran incluidas en la muestra.

Del total de municipios de Colombia (1122) se generó un tamaño de muestra (288) a partir de la determinación de un nivel de confianza y otras variables estadísticas. Según la población acumulada, se asigna el peso de población y el respectivo número de municipios agrupados en cada estrato. Con este análisis se determina que: de los 88 primeros municipios con mayor población aleatoriamente se seleccionaron 23. En el estrato 2 se incluyen los siguientes 215 municipios, de los cuales se toman 55; de los 819 municipios restantes se seleccionan 210 que conforman el estrato 3. En total la muestra tiene un tamaño de 288 municipios. Es importante aclarar que, al completar la revisión, la muestra se redujo ya que dependía, como se mencionó anteriormente, de la disponibilidad de información principalmente que se encuentre en los PGIRS de cada municipio, proporcionados por la base de datos del SUI, por lo tanto, el desarrollo del documento se realizará con 101 municipios.

Esta información se organiza en tablas de Excel (ver anexo), se realiza un reconocimiento de cómo se está reportando esta información y se compara con la normativa que regula cómo se

debe documentar, como la Resolución 754 de 2014 y la Resolución 0330 de 2017, Título F. Con esto se da cumplimiento al primer objetivo específico.

Cuando se completa esta refinación de información, se consulta cada PGIRS, con el fin de que la información se registre bajo un mismo estándar y se recopila toda la información disponible acerca de generación y disposición final de residuos textiles, se concluye que el balance solo se puede hacer con 20 municipios, ya que únicamente estos tienen los datos de generación, aprovechamiento y cantidad de toneladas dispuestas en relleno sanitario. En la figura 4 se describe con mayor detalle cómo se organizó la información para su refinación.

El balance de masas se realiza para estimar el aprovechamiento de textiles, a partir de la información de generación de residuos textiles en la fuente y según la caracterización en sitios de disposición final que se encuentra en los PGIRS de los municipios que hacen parte de la muestra, y también con los reportes que aparecen en la plataforma SUI de las toneladas de residuos que llegan a disposición final. El enfoque en circularidad está relacionado con la identificación de puntos críticos y las posibilidades que existen para disminuir la generación de residuos y aprovecharlos eficientemente. Al finalizar la revisión de la muestra, se descartaron 188 PGIRS, debido a la carencia de datos o la deficiente organización de estos en los registros proporcionados.

El objetivo de documentar las estrategias de aprovechamiento de textiles actuales enfocadas en la Economía Circular corresponde a identificar cuáles son las iniciativas que se están desarrollando a nivel mundial y tenerlas en un documento de referencia para las empresas interesadas en este ámbito, que las conozcan y puedan aplicarlas como modelo de desarrollo.

Tabla 4
Técnicas e instrumentos

Objetivos	Actividades	Técnicas	Instrumentos
Realizar una revisión documental acerca de la información disponible en el país sobre la cantidad de textiles con disposición final, para hacer una comparación entre la forma en cómo están caracterizados por municipio a nivel de generación y la manera en que deberían reportarse según la normativa.	Revisión documental de la información disponible de generación y aprovechamiento a nivel general en Colombia.	Recopilación de información	Bases de datos, investigaciones, informes nacionales.
	Selección de la muestra de los municipios del país.	Análisis de muestreo estratificado	Microsoft Excel
	Revisión de cada PGIRS	Recolección de datos	Base de datos de los municipios de Colombia
	Verificación del cumplimiento normativo de los PGIRS	Análisis documental	Bases de datos de la Normativa y políticas nacionales
Realizar un balance de masa para estimar el aprovechamiento	Revisión de reportes de la plataforma SUI	Recopilación de información	Microsoft Excel

de textiles por municipio con un enfoque de circularidad.	Elaboración del balance de masas	Exposición de datos	Microsoft Excel
Proponer una metodología de aplicación de las estrategias de aprovechamiento de textiles actuales enfocadas en la Economía Circular en el país.	Documentación de las estrategias de aprovechamiento de textiles actuales	Recopilación de información	Microsoft Word

12. Aspectos éticos

Considerando que la información revisada hace parte de las bases de datos del Sistema Único de Información, a cargo de la Superintendencia de Servicios Públicos de Aseo, los reportes debieron pasar por un proceso de supervisión, por lo tanto, los datos en los cuales está basado este documento son reales y confiables. Ningún dato fue manipulado para realizar ajustes y adaptado para que el balance de masas indicara uno u otro resultado.

13. Resultados, análisis y discusión

- Realizar una revisión documental acerca de la información disponible en el país sobre la cantidad de textiles con disposición final, para hacer una comparación entre la forma en cómo están caracterizados por municipio a nivel de generación y la manera en que deberían reportarse según la normativa.

De los 288 municipios de la muestra seleccionada, solo 101 municipios fueron incluidos en el análisis ya que tienen al menos uno de los reportes acerca de caracterización en la fuente (generación) y disposición final de residuos textiles como se indica en el Título F del RAS, donde sólo 20 municipios en total tienen la información suficiente para realizar el balance de masas, 52 municipios reportan al menos una de las variables (% de generación en la fuente, % de textiles en disposición final y toneladas dispuestas anualmente en relleno sanitario), y 29 municipios no reportan información. Esto se puede observar documentado en las Tablas 6,7 y 8 específicamente en la columna “Información disponible”.

Los 101 municipios representan el 35% de la muestra total, lo que indica que menos de la mitad de los municipios seleccionados cuentan con el Plan de Gestión Integral de Residuos actualizado y disponible. Los municipios 186 restantes, que corresponden al 65% de la muestra total, fueron descartados porque: no tienen los Planes de Gestión actualizados, no están disponibles en las páginas oficiales de las Alcaldías correspondientes o en el listado de documentos proporcionado por el Sistema Único de Información SUI, o porque tienen anotaciones que indican que la caracterización no ha sido realizada, lo cual incumple con la Resolución 754 de 2016 y el Decreto 838 de 2005, ver Anexos. Los municipios incluidos en la muestra se enlistan en la tabla 5:

Tabla 5

Municipios que hacen parte de la muestra

Municipios seleccionados de la muestra					
Bogotá D.C	Cartagena	Soacha	Puerto Berrio	Santo Tomás	Mallama
Cali	Montería	Sincelejo	Corozal	Valencia	Villanueva
Florencia	Palmira	Majagual	Mocoa	Sibundoy	Cerinza
Barranquilla	Socha	Bosconia	San Agustín	El Bagre	Milán
Medellín	Barrancabermeja	Sevilla	Planeta Rica	Guadalupe	Santa Barbara
Pereira	Dosquebradas	Granada	Villamaría	Tinjacá	Nátaga
Popayán	Envigado	Chigorodó	Mariquita	Tona	Susacón
Riohacha	La Estrella	Hatillo de Loba	Palermo	Cucutilla	Beteitiva
Santa Marta	Armenia	La Virginia	Alto Baudo	Manatí	Paz de Río
Quebradanegra	La Vega	Saboya	Granada	Santo Domingo	El Peñón
Yaguará	Fomeque	Tarqui	Linares	Simijaca	Ramiriquí
San Luis	El Doncello	Carolina	Cabrera	Falan	Cotorra
Calima	Jericó	Leguizamo	El Tambo	Concordia	San Juanito
Vijes	Nueva Granada	Aipe	Concepción	Paicol	Roberto Payán
La Playa	Río Viejo	Puerto Guzmán	Hispania	Filadelfia	Guatavita
San Diego	Zapayán	San Juan Betulia	Santa Sofía	Anzoátegui	La Merced
Chiscas	Villahermosa	Puerto Concordia	Rovira	San Luis Gaceno	

Tabla 6

Resultados objetivo 1. Información de los municipios de estrato 1

Municipio Origen	PPC kg/hab-día	% caracterización de residuos textiles en la fuente	% de residuos textiles en disposición final	Ton dispuestas anualmente de residuos sólidos en relleno sanitario	Población de 2020	Información disponible
ARMENIA	0.64 N/D		9.46	83218.15	304,764	Disposición final
BARRANCABERMEJA	0.98 N/D		N/D	599309.30	210,729	Sin información
BARRANQUILLA	0.90 N/D		4.98	534662.89	1,274,250	Disposición final
BOGOTA	1.13	4.54		2,262,730.23	7743955	Completa
CALI	0.57 N/D		N/D	66924.16	2,252,616	Sin información
CARTAGENA	1.10 N/D		5.32	420488.79	1,028,736	Disposición final
DOSQUEBRADAS	0.52	2.00	3.00	51049.21	223782	Completa
ENVIGADO	0.58 N/D		N/D	5583.13	242,197	Sin información
FLORENCIA	0.66	2.74	2.36	39444.28	173011	Completa
LA ESTRELLA	0.59 N/D		N/D	537.87	75,517	Sin información
MEDELLIN	0.54	6.54 N/D		766912.69	2,533,424	Generación
MONTERÍA	0.91	5.35 N/D		119820.74	505,334	Generación
PALMIRA	0.61	0.80 N/D		744841.69	354,285	Generación
PEREIRA	1.08	4.33	7.00	180750.29	477027	Completa
POPAYAN	0.77	2.00	2.00	88660.49	325477	Completa
RIOHACHA	0.61 N/D		4.38	53016.09	201,839	Disposición final
SANTA MARTA	0.83	2.72	2.59	192359.59	538612	Completa
SINCELEJO	0.50	2.06 N/D		80213.98	293,951	Generación
SOACHA	0.55	4.80	6.79	167148.20	753548	Completa

Para el estrato 1, el 57,89% de los municipios reportaron la caracterización de generación de residuos en la fuente y en disposición final, sin embargo, sólo el 36,84% de los municipios reportan ambas caracterizaciones en el mismo PGIRS. Todos los municipios reportaron información en el Sistema Único de Información de las toneladas dispuestas en el relleno sanitario en el 2020.

Tabla 7

Resultados objetivo 1. Información de los municipios de estrato 2

Municipio Origen	PPC kg/hab-día	% caracterización de residuos textiles en la fuente	% de residuos textiles en disposición final	Ton dispuestas anualmente de residuos sólidos en relleno sanitario	Población de 2020	Información disponible
ALTO BAUDO	0.30	N/D	N/D	N/D	28,293	Sin información
BOSCONIA	0.75		7.67	N/D	11244.69	43,326 Generación
CHIGORODÓ	0.65	N/D	N/D		12325.45	59,836 Sin información
COROZAL	1.33		5.00	1.00	15,949.64	70853 Completa
EL BAGRE	0.56		40.97	N/D	823.79	53,846 Generación
GRANADA	2.11	N/D	N/D		1166.62	14,462 Sin información
LA VIRGINIA	0.91		11.52	N/D	4608.61	27,981 Generación
MAJAGUAL	0.44		3.86	N/D		38,306 Generación
MARIQUITA	0.97		1.09	N/D	9272.26	38,333 Generación
MOCOA	0.97		0.0038	3.78	9877.99	58938 Completa
PALERMO	1.45		10.00	N/D	5829.55	26,881 Generación
PLANETA RICA	0.60	N/D		2.59	11718.27	64,776 Disposición final
PUERTO BERRIO	0.56		60.32	N/D		40,713 Generación
SAN AGUSTIN	0.54		1.00	1.00	1173.09	33727 Completa
SANTO TOMAS	0.53	N/D		4.00	9729.67	32,000 Disposición final
SEVILLA	0.32		3.41	N/D	5838.31	41,153 Generación
VALENCIA	0.58	N/D	N/D		2985.77	36,343 Sin información
VILLAMARIA	0.41		9.00	N/D	4961.07	67,429 Generación

Para el estrato 2, el 66,67% de los municipios reportaron la caracterización de generación de residuos en la fuente y el 27,78% indicaron el porcentaje de residuos en disposición final, sin embargo, sólo el 16,67% de los municipios reporta ambas caracterizaciones completas en el mismo PGIRS. El 83,33% de los municipios reportaron información en el Sistema Único de Información de las toneladas dispuestas en el relleno sanitario en el 2020.

Tabla 8

Resultados objetivo 1. Información de los municipios de estrato 3

Municipio Origen	PPC kg/hab-día	% caracterización de residuos textiles en la fuente	% de residuos textiles en disposición final	Ton dispuestas anualmente de residuos sólidos en relleno sanitario	Población de 2020	Información disponible
AIPE	0.39		3.64	N/D	2696.24	16,546 Generación
ANZOATEGUI	2.03		0.90	N/D	654.02	10,006 Generación
BETETIVA	0.13		7.70	N/D	17.45	1,935 Generación
CABRERA	0.44		6.86	N/D	318.74	5,062 Generación
CALIMA	0.82		1.00	2.70	1925.53	18266 Completa
CAROLINA	0.06	N/D	N/D		0.00	3,972 Sin información
CERINZA	0.35		2.40	2.40	N/D	3706 Completa
CHISCAS	0.51		4.00	N/D	70.51	3,887 Generación
CONCEPCIÓN	0.73	N/D	N/D		671.86	4,758 Sin información
CONCORDIA	0.32		2.50	N/D	0.00	11,227 Generación
COTORRA	0.33	N/D	N/D		538.91	19,549 Sin información
CUCUTILLA	0.31	N/D		5.98	0.12	8,475 Disposición final
EL DONCELLO	0.34		6.17	9.00	N/D	19284 Completa
EL PEÑÓN	0.65		21.00	N/D	208.72	5,507 Generación
EL TAMBO	1.90	N/D	N/D		2991.07	14,261 Sin información
FALAN	0.54	N/D	N/D		415.45	7,386 Sin información
FILADELFIA	0.57		16.67	N/D	970.36	11,400 Generación
FOMEQUE	0.32	N/D	N/D		1039.92	12,803 Sin información
GRANADA	0.68		9.00	17.98	1166.62	7931 Completa
GUADALUPE	0.56	N/D	N/D		992.88	18,302 Sin información
GUATAVITA	0.66	N/D		12.48	681.04	6,811 Disposición final
HATILLO DE LOBA	1.26		0.0035	N/D	0.00	13,012 Generación
HISPANIA	0.58	N/D	N/D		564.75	5,591 Sin información
JERICÓ	0.27	N/D	N/D		75.60	3,889 Sin información
LA MERCED	0.46		8.72	N/D	680.62	5,882 Generación
LA PLAYA	1.76		0.30	N/D	317.63	8,003 Generación
LA VEGA	0.27	N/D	N/D		3812.66	24,642 Sin información
LEGUIZAMO	0.53		1.35	5.31	N/D	29494 Completa
LINARES	0.55	N/D	N/D		497.66	10,012 Sin información
MALLAMA	0.55		1.30	N/D	355.01	8,946 Generación
MANATI	0.36		4.85	N/D	2558.53	21,442 Generación
MILAN	0.50	N/D	N/D		0.00	9,952 Sin información
MATAGA	0.40	N/D	N/D		198.13	6,573 Sin información
SAN JUANITO	2.06	N/D	N/D		0.00	1,243 Sin información
SAN LUIS	1.80	N/D	N/D		1441.78	13,123 Sin información
SAN LUIS DE GACENO	0.49		1.50	N/D	480.83	5,473 Generación
SANTA BARBARA	0.46	N/D	N/D		0.00	2,448 Sin información
SANTA SOFIA	0.19		1.98	1.98	204.33	3212 Completa
SANTO DOMINGO	0.88	N/D	N/D		1674.10	12,324 Sin información
SIBUNDOY	1.14	N/D		14.83	797.94	15,473 Disposición final
SIMIJAICA	0.72		7.80	6.90	1050.64	14062 Completa
SOCHA	0.40	N/D	N/D		297.06	8,086 Sin información
SUSACON	0.06		8.25	N/D	77.36	2,704 Generación
TARQUI	1.90	N/D	N/D		1334.97	17,729 Sin información
TINJACA	0.80		4.26	N/D	187.19	3,351 Generación
TONA	0.39		11.37	N/D	586.10	7,718 Generación
VIJES	0.48	N/D		2.29	2200.42	12,884 Disposición final
VILLAHERMOSA	0.51		12.00	N/D	179.70	9,186 Generación
VILLANUEVA	0.37		5.08	N/D	0.00	25,231 Generación
YAGUARA	0.52		1.00	N/D	1221.92	7,824 Generación
ZAPAYAN	1.80		4.00	N/D	0.00	10,613 Generación

Para el estrato 3, el 59,38% de los municipios reportaron la caracterización de generación de residuos en la fuente y de disposición final solo el 25%. Ambas caracterizaciones son reportadas en el mismo PGIRS por el 12,5% de los municipios. 60 municipios reportaron información en el Sistema Único de Información de las toneladas dispuestas en el relleno sanitario en el 2020, lo que representa el 93,75% de la muestra.

Los resultados de estos tres estratos reflejan un incumplimiento general de lo estipulado en la normativa colombiana, donde el promedio de cumplimiento está representado por el 22% de los municipios. Con respecto a estos datos, para realizar la comparación con la normativa se tienen en cuenta los requerimientos que se mencionan en el Título F del RAS, en el Decreto 838 de 2005, la GTC 24 y la Resolución 754 de 2014.

Tabla 9

Resultados objetivo 1. Criterios de comparación normativa

Requerimientos normativos y Referencias Técnicas colombianas	
Título F del RAS	La caracterización de los residuos sólidos se clasifica en dos tipos según el sistema de aprovechamiento: caracterización para sistemas de aseo sin aprovechamiento y caracterización para sistemas de aseo con aprovechamiento.
	Específicamente para el sistema de reciclaje y reutilización, se debe incluir el Tipo de residuo a reciclar, el tamaño de partícula y distribución, las posibilidades de reúso y reciclaje del residuo y para disposición final.
	Clasificación según la procedencia de los residuos: <ul style="list-style-type: none"> a. Residenciales b. Industriales c. Comerciales d. Institucionales e. Hospitalarios no peligrosos f. De barrido g. Escombros
	Clasificación según la factibilidad de manejo y disposición: <ul style="list-style-type: none"> a. Ordinarios b. Especiales
	Caracterización de residuos. Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos, identificando sus contenidos y propiedades.
Decreto 838 de 2005	Realizar un diagnóstico previo a la separación en la fuente que tenga en cuenta: Identificación de la legislación ambiental vigente, tanto nacional como local Conocer los requisitos legales relacionados con los tipos de residuos generados, su manejo, acopio, aprovechamiento, entrega y disposición.
GTC 24 de 2009	Actualización Control

	Seguimiento Evaluación
Resolución 754 de 2014	Caracterización en la fuente y caracterización en sitios de disposición final.

Tabla 10

Resultados objetivo 1. Criterios de comparación normativa

<i>Análisis de 101 municipios</i>				
Normativa	Criterio	Cumple	No Cumple	% de cumplimiento
Resolución 754 de 2014	PGIRS actualizado	6	95	5,9
	Caracterización realizada en la fuente	60	41	59,4
	Caracterización realizada en disposición final	32	69	31,6
	Caracterización en la fuente y en disposición final	20	81	19,8
	Seguimiento, evaluación y control	27	74	26,7
Título F	Características según factibilidad de manejo	101		100
	Reporta posibilidades de reúso y reciclaje de residuo		101	0
	Clasificación según la procedencia del residuo	11	90	10,9
	Sistema de aprovechamiento		101	0
GTC 24 de 2009	Diagnóstico previo a la caracterización		101	0
	Manejo, sitios de acopio, entrega y disposición		101	0
Decreto 838 de 2005	Características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos		101	0

Actualmente, en Colombia no hay una normativa que dirija el aprovechamiento y disposición final de los residuos textiles. Únicamente se tiene conocimiento acerca de la guía de Buenas Prácticas para el Sector Textil y otras investigaciones académicas. La Resolución 754 de 2014 proporciona unos lineamientos acerca de cómo se debe construir un Plan de Gestión Integral de Residuos, apoyándose de las indicaciones que se establecen en el Título F del RAS. Uno de los criterios que se mencionan en este último, corresponde a reportar el porcentaje de residuos que se recogieron en el proceso de caracterización en la fuente y en los respectivos sitios de disposición final.

Para el caso de esta muestra, la caracterización en la fuente no es reportada como se indica en el Título F por ningún municipio, únicamente indican el porcentaje de los residuos en la caracterización, pero no documentan ningún tipo de sistema de aprovechamiento, ni posibilidades de reúso y reciclaje de residuos textiles. Esto refleja un incumplimiento de la Resolución 754 de 2014, que es la que regula específicamente la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS. Respecto a esta última característica,

únicamente el 5,9% de los municipios tienen planes de gestión actualizados a partir de 2017 a 2020, años que se encuentran dentro del último periodo de gobierno municipal. El 94,1% restante reporta que su plan de gestión se realizó entre 2001 y 2016.

Como se indica en la página oficial del Ministerio de Vivienda, la Resolución 754 de 2014 hace parte de los documentos de apoyo en la metodología de construcción y seguimiento de los PGIRS, por lo tanto, el reporte de la información no se está realizando adecuadamente y se está evidenciando una omisión de una obligación legal. Es posible que muchos de los municipios que no reportan el porcentaje de generación de textiles sea porque no cumplen con el procedimiento establecido por el GTC 24 para entregar al prestador del servicio de recolección los residuos separados adecuadamente. Según el código de colores estipulado en esta norma técnica, todos aquellos residuos aprovechables deben ser separados y dispuestos en bolsa blanca para identificarlos que no sean dispuestos en rellenos sanitarios.

En ninguno de los PGIRS se evidencia un diagnóstico previo a la caracterización que se debe realizar según los lineamientos de la GCT 24, ni tampoco se indican las características cualitativas y cuantitativas de los residuos, diferentes al porcentaje de generación y disposición final, como se indica en el Decreto 838 de 2005, ya que en algunos casos reportan ser exactamente iguales y por lo tanto no se pudieron tener en cuenta en la muestra. Respecto a la caracterización según el lugar de procedencia del residuo, solamente el 10,9% de municipios indican si es residencial, comercial, institucional o industrial, el 89,1% restante solo reporta el porcentaje de cada material. Y para el caso de la disposición final, también se evidencia un incumplimiento en el reporte de información en los Planes de Gestión, ya que deberían tener reportes actualizados y discriminados de las cantidades de residuos que llegan a cada relleno sanitario. Si esto no se realiza, no se estaría promoviendo la correcta operación de los sitios de disposición final que se propone en el Decreto 838 de 2005.

Por otra parte, la no uniformidad en el reporte y actualización de datos que se evidenció en la revisión documental, ya que, como se mencionó anteriormente la última versión de los planes de gestión varía desde 2001 hasta 2020, permite notar un incumplimiento del Artículo 91 del Decreto 2981 de 2013 que se menciona en el Decreto 754 de 2014, puesto que no se tienen registros de una revisión anual de las metas de cumplimiento de aprovechamiento general de residuos sólidos. De esta manera solo el 19,8% de los PGIRS cumple con las dos caracterizaciones que se solicitan en la normatividad. Estas son indispensables para identificar el potencial de reciclaje, de tratamiento y las opciones de disposición final, sin embargo, en el país no hay lineamiento claro para realizar caracterizaciones de residuos diferente a la guía para la caracterización y cuantificación de residuos sólidos. Existen diferentes métodos propuestos para este fin, pero sus requerimientos son difíciles de cumplir e implementar.

Beltrán (2014), en su informe de Evaluación de la Metodología de Caracterización de los Residuos Sólidos de Origen Municipal Dispuestos en Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos de Barranquilla, menciona que no hay una norma o lineamiento estandarizado para la caracterización de residuos puesto que existen diferentes métodos como el Análisis de Pesada Total, Análisis peso-volumen, Análisis por muestreo estadístico, Norma ASTM D-5231-92 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), entre otras. Este autor establece como uno de sus resultados, que la metodología de caracterización de cuarteo requiere mejorar algunos aspectos, en donde se deben considerar criterios como el tamaño de la población, cultura y estilo de vida, de tal manera que permita tener una representatividad de los residuos sólidos en cada uno de los municipios. Con lo anterior se reafirma que, al no tener un reporte con condiciones iguales,

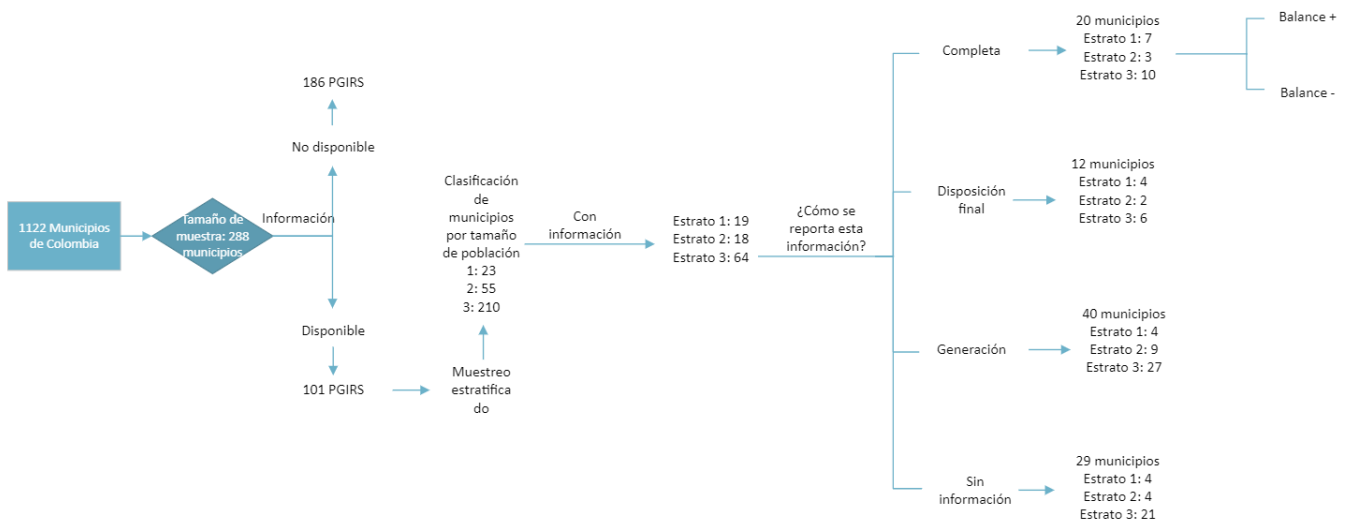
no se puede tener una muestra representativa de la composición física real de los residuos sólidos en los diferentes municipios, ni tampoco una trazabilidad de los datos. Por lo tanto, trabajar con proyecciones y generalizaciones de toda la población, no debe ser un referente para la toma de decisiones y generación de programas de aprovechamiento de material, tanto en Barranquilla como en cualquier municipio del país.

- Realizar un balance de masa para estimar el aprovechamiento de textiles por municipio con un enfoque de circularidad.

Como se mencionó en la metodología, para este objetivo se realizó un muestreo estratificado de 288 municipios de Colombia, de los cuales, al realizar la refinación de los documentos disponibles, se descartaron 186 porque los Planes de Gestión Integral no reportaban la información necesaria o porque no se tenía acceso al mismo, a pesar de contar con la base de datos oficial proporcionada por el Sistema Único de Información.

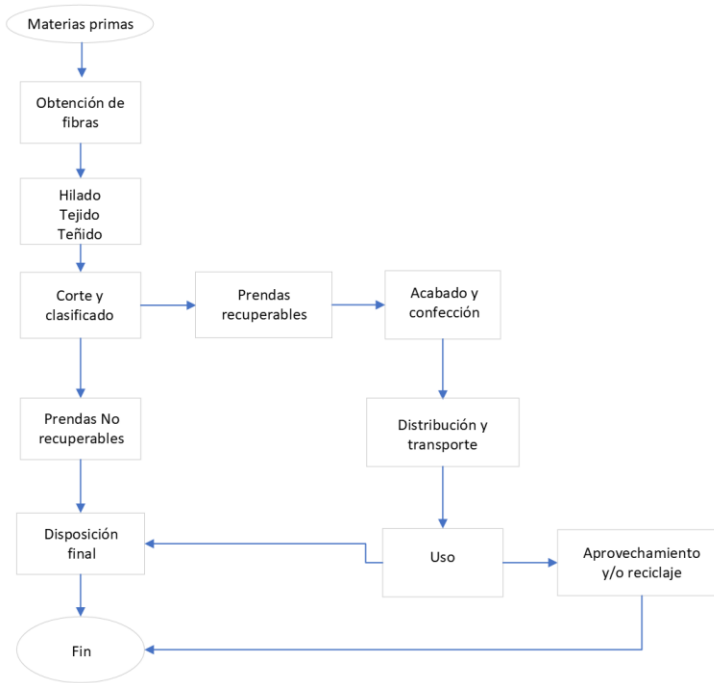
En la figura 4 se describe gráficamente como se organizó esta información y cuántos fueron implementados en el análisis final para realizar el balance de masas.

Figura 4
Resultados de la refinación de información



Para iniciar el fundamento teórico, se tiene en cuenta el diagrama de flujo de los procesos que hacen parte de la cadena de valor de la industria textil (figura 5). De esta manera se reconoce que el generador principal de este material es el sector industrial y posteriormente la gestión de los residuos pasa a ser responsabilidad del consumidor cuando decide darle fin al ciclo de vida de alguna prenda o producto textil.

Figura 5
Diagrama de flujo cadena de valor de textiles



En la etapa de producción de textiles, se generan residuos posindustriales que no se encuentran incluidos dentro de las caracterizaciones revisadas o no se distinguen los orígenes de los residuos en todos los casos, como se menciona en el RAS se deben clasificar según su procedencia, que para este tipo de material puede ser: Residencial, Industrial, Comercial o Institucional.

Realizar un balance de masas, es un método efectivo cuando se conocen numéricamente las entradas y salidas que se determinen en la definición del sistema. Sin embargo, en el 80% de los casos no se cuenta con los datos de los flujos que hacen parte del proceso de la gestión y disposición final de los residuos y, además, se determinó que el nivel de confianza y la trazabilidad de los datos no puede ser comprobada. Por lo tanto, este balance de masas es un proceso simple con una entrada y dos salidas como se representa en la figura 6.

Figura 6

Diagrama de flujo Gestión de residuos textiles



En este caso, lo que se busca revisar es el porcentaje de aprovechamiento actual que se le está dando a los materiales textiles, donde el **aprovechamiento** equivale a la diferencia entre la

cantidad generada reportada y los registros de disposición final. Para ello, los cálculos se realizan con enfoque mayoritariamente en los PGIRS que se encuentran con los datos completos y se realiza una estandarización para el año 2020 en base a los datos poblacionales suministrados por el DANE, ya que como se mencionaba anteriormente los datos de caracterización, población y producción per cápita (PPC) pueden ser de distintos años en un mismo plan de gestión, sin embargo, como no se tienen datos actuales, se asume que aunque hayan pasado por lo menos cinco años desde la última caracterización, la PPC y la participación por municipio en cuanto a generación, es la misma. Al realizar este mismo análisis con la población y demás datos del mismo año de caracterización de cada PGIRS, los resultados muestran que hay una correlación entre las variables de población y generación, de manera que, a mayor población, mayor porcentaje de generación.

De esta manera, al tener los datos de crecimiento poblacional y toneladas dispuestas en rellenos sanitarios por municipio, se toma la decisión de determinar el balance de aprovechamiento a partir de la diferencia entre la generación y la disposición diarias de residuos textiles, como se indica en las siguientes ecuaciones:

Generación diaria de residuos textiles =

$$\frac{ppc \left(\frac{\% \text{ de caracterización de residuos textiles en la fuente}}{100} \right) \text{ población 2020}}{1000}$$

Disposición diaria de residuos textiles =

$$\left(\frac{\text{toneladas dispuestas anualmente de residuos sólidos}}{365} \right) \left(\frac{\% \text{ de residuos textiles en disposición final}}{100} \right)$$

Balance de Aprovechamiento =

$$\text{Generación diaria de residuos textiles} - \text{Disposición diaria de residuos textiles}$$

Con los datos anteriores se determina el porcentaje de aprovechamiento se puede calcular con la fracción entre la producción diaria y el balance de aprovechamiento determinado anteriormente.

$$\text{Porcentaje de aprovechamiento} = \frac{\text{Balance de aprovechamiento}}{\text{Generación diaria de residuos textiles}} * 100$$

Tabla 11

Resultados de porcentaje de aprovechamiento

Municipio Origen	Estrato asignado	PPC kg/hab-día	Generación diaria de residuos textiles Ton	Disposición diaria de residuos textiles Ton	Balance de aprovechamiento	% de aprovechamiento	
COROZAL		2	1.33	4.71	0.44	4.27	90.73
SIMIJACA		3	0.72	0.79	0.20	0.59	74.92
FLORENCIA		1	0.66	3.13	2.55	0.58	18.49
SAN AGUSTIN		2	0.54	0.18	0.03	0.15	82.35
POPAYAN		1	0.77	5.00	4.86	0.14	2.82
ROVIRA		3	0.36	0.18	0.12	0.06	33.48
CALIMA		3	0.82	0.15	0.14	0.01	4.90
SANTA SOFIA		3	0.19	0.01	0.01	0.0010	8.27
NUEVA GRANADA		3	1.40	0.0006	0.08	-0.08	-12977.03
GRANADA		3	0.68	0.49	0.57	-0.09	-18.39
MOCOA		2	0.97	0.0022	1.02	-1.02	-47027.58
SANTA MARTA		1	0.83	12.20	13.65	-1.45	-11.85
DOSQUEBRADAS		1	0.52	2.33	4.20	-1.87	-80.28
SOACHA		1	0.55	19.89	31.09	-11.20	-56.30
PEREIRA		1	1.08	22.39	34.66	-12.27	-54.82
BOGOTA		1	1.13	397.28	542.44	-145.15	-36.54

En este cálculo se destaca que la tendencia es negativa, lo que puede indicar que:

- Se está subestimando la generación real de los residuos textiles, porque las muestras que se seleccionan para los procesos de caracterización con la metodología recomendada dentro de las normas técnicas colombianas del ICONTEC no son estadísticamente representativas, puesto que hay posibilidades de que ciertos flujos no se estén contabilizando en los registros oficiales y, además, al no existir un método o herramienta para realizar una trazabilidad de los datos, los sectores generadores pueden estar siendo excluidos.
- Es probable que se dé una sobreestimación de los datos que hacen parte de la disposición final, puesto que, al no discriminar los residuos recibidos por municipios, sino que se reúnen las cantidades totales que llegan a los rellenos regionales, no se puede diferenciar específicamente la proporción de generación de cada municipio.

Otro resultado destacable es que, cuando el valor es positivo (8 casos), teóricamente se puede interpretar que en tres municipios se está aprovechando casi completamente este material, lo cual no sucede en la realidad porque este porcentaje representa un valor más alto de lo que se puede aprovechar cualquier residuo y ninguno de estos municipios reportan actividades de aprovechamiento en su PGIRS.

Abuchaibe (2019), coincide en su informe Aprovechamiento y transformación de residuos textiles para el desarrollo de accesorios complementarios de moda, en que no se encuentra información disponible en Colombia respecto a cifras de aprovechamiento y reducción del material en los sitios de disposición final. Y a pesar de que se puede aprovechar la mayor parte de los textiles que son en base de algodón para la construcción de nuevos accesorios, aquellos que tienen materiales sintéticos como la lycra, requieren un proceso más elaborado para que pueda ser aprovechado como un nuevo producto. De esta manera, tanto los retazos sobrantes del proceso de producción, como las prendas que son desechadas, pueden ser incluidas en procesos de reciclaje. Al desfibrar las prendas y convertirlas en unas nuevas, si pueden alcanzar un porcentaje de aprovechamiento cercano al 90%, como menciona Abuchaibe, ya sea para la producción de nuevos hilos o para convertirlos en geotextiles o aislantes, usando todo el material textil transformado para material de aislamiento para carros, tejados, revestimientos de paneles, rellenos de muebles colchones, paños de limpieza y pulido o fibras para tapicerías (Abuchaibe, 2019).

- Proponer una metodología de aplicación de las estrategias de aprovechamiento de textiles actuales enfocadas en la Economía Circular en el país.

Como marco de referencia, el método en el que se enfoca el cumplimiento de este objetivo es el de aplicar **Modelos Comerciales Circulares Para La Moda** propuesto por la Fundación Ellen MacArthur, en los que se incluyen la reventa, el alquiler, la reparación y reconstrucción de las prendas. Este es un enfoque innovador y sostenible que puede ser aplicado a nivel nacional por las empresas productoras y comercializadoras de productos textiles, como un proceso sistemático organizado por categorías como:

- Permitir que un usuario use un producto por más tiempo: Esto se puede realizar dejando de lado la tendencia de producción enfocada en Fast Fashion, promoviendo lugares para que se realice el lavado adecuado para evitar el deterioro de las prendas, evitando que los residuos de estas prendas como los microplásticos terminen en fuentes hídricas, sino que los recursos con los que se laven estos productos tengan un proceso de tratamiento antes de llegar a los ecosistemas. También se deben visibilizar las iniciativas de reparación o consejos para que los usuarios puedan rehacer sus propias prendas como las que han aplicado empresas como M.IN.T Care o como la mencionada anteriormente Tommy for Life.

- Aquellas prendas que ya no tengan reparación pueden ser mezcladas con otros materiales para la producción de otras: Para ello es importante que las industrias y empresas productoras implementen la estrategia de hacer diseños ecológicos para que los productos perduren más tiempo y puedan ser utilizados como insumo para otro material. De esta manera hay un beneficio ambiental y económico al reducir el consumo de recursos como energía o agua, reducir las emisiones generadas o no tener que invertir en nuevas materias primas para abastecer la demanda de consumo, lo que beneficiaría muchos municipios de Colombia que deben invertir recursos monetarios para conseguir materia prima para producción o conseguir transporte desde otras ciudades para comercializar los productos en las diferentes zonas del país, generando impactos como el aumento en la huella de carbono.

- Se propone también diseñar y proporcionar plataformas y/o servicios que faciliten el movimiento de productos de usuario a usuario para que los productos se puedan usar más, a partir del alquiler o reventa de productos que hacen parte de colecciones pasadas, de manera que sean publicados en aplicaciones móviles o páginas web y que de esta forma se logren mantener los productos en circulación en lugar de desecharlos cuando no están de moda. Sus condiciones de uso deben cumplir con los estándares de calidad para que puedan usarse todas las veces que sea posible.

Una alternativa que se puede aplicar en cualquier comunidad es la de realizar intercambios o trueques de prendas o accesorios que se encuentren en buen estado. Consiste en dar a conocer los productos que ya no se usan, para que otra persona, a cambio de una prenda de su propiedad, lo pueda adquirir. Fomentar esta práctica permite que los productos continúen usándose por más tiempo y que las personas no deban invertir constantemente en nuevas prendas.

Para la aplicación de las alternativas que se proponen en este modelo, se deben identificar inicialmente las cantidades de generación, alternativas de aprovechamiento y cómo disponer el residuo adecuadamente cuando el usuario decide que ya perdió utilidad. Se pueden seguir los siguientes pasos:

1. Contexto del municipio:

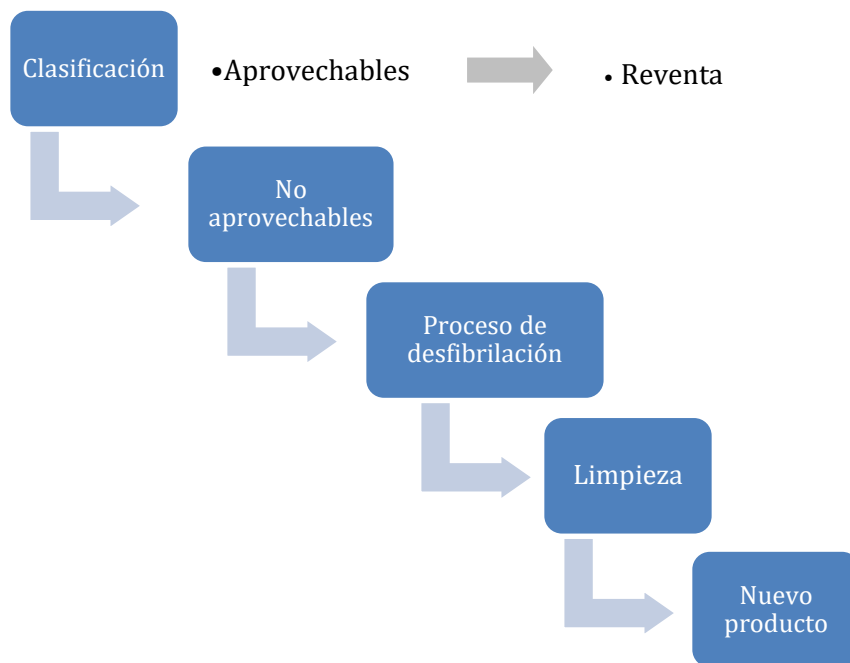
Se deben reconocer las características de la población respecto a hábitos de consumo, generación de residuos, así como visibilizar la necesidad de realizar una gestión adecuada de residuos sólidos, incentivando y promocionando alternativas de reparación de prendas o artículos textiles, aprovechamiento, reúso y reciclaje.

Identificar:

- Las actividades económicas que puedan generar residuos textiles como producción de calzado, ropa, confección de tapicería para autos o muebles, entre otros.
 - Los proyectos o iniciativas de aprovechamiento de textiles en cada municipio.
 - Las posibilidades de reúso o reciclaje en el hogar y en las industrias.
 - En cuáles condiciones se debe entregar el residuo para su adecuado aprovechamiento.
2. Tener una administración por parte de los gestores de las iniciativas de aprovechamiento:
- Contar con un sistema para tener la trazabilidad de la cantidad de generación y aprovechamiento del material.
 - Situar puntos de recolección de este material, para que la comunidad pueda disponer adecuadamente las prendas que ya no va a utilizar.
 - Realizar el proceso de clasificación según: reutilizables o no reutilizables y por tipo de textil (natural, artificial, sintético), y que de esta manera tendrían un proceso diferente según las condiciones del producto.
 - Dar a conocer los proyectos para que se evalúe su viabilidad y se establezcan reglas ambientales.
3. Tener en cuenta que aquellas prendas o productos reutilizables pueden hacer parte de un proceso de reventa para que alguien más las use. Y las que no cumplen con esas condiciones se reintroducen en un proceso de desfibrilación, limpieza y nuevamente pasan a ser hilos que pueden ser mezclados con otro material para constituir un nuevo producto. Este proceso implica invertir en una bodega de almacenamiento mientras es transportado al lugar de transformación, una máquina deshilachadora, cortadoras o trituradoras.

Figura 7

Proceso de aprovechamiento de textiles



La poca disponibilidad de información acerca de residuos textiles en Colombia conlleva a que no sea una problemática visible y que por lo tanto no haya una alta participación por parte de la comunidad para manejar el problema. En una transición a la economía circular, es necesario conocer las estrategias que se han implementado en otros países para reducir esta generación de residuos textiles.

Por lo tanto, desde las empresas textiles se deben implementar nuevas tecnologías y ecodiseños para que los productos puedan ser gestionados sin que se conviertan en un residuo en los rellenos sanitarios. Actualmente muchas de las alternativas están enfocadas en compostaje, pero teniendo en cuenta que la mayoría de las prendas tienen un porcentaje representativo de material sintético, no tienen las condiciones para ser biodegradadas.

Conociendo que en el país surgió el Pacto Global Red Colombia con enfoque en Moda Sostenible en el cual se generan escenarios de discusión y se comparten iniciativas de buenas prácticas y a partir de allí se construye la plataforma en moda sostenible como una herramienta para empezar a recolectar información que le permita al sector textil conocer sobre prácticas en economía circular y conectar actores (Pacto Global Red Colombia Moda Sostenible, 2022), se crea una posibilidad para impulsar el desarrollo de estrategias de economía circular en la industria de la moda y proyectarlas en todo el país.

Para ello, se deben tener claras las oportunidades de aprovechamiento de este material y cómo se puede transformar según las estrategias propuestas por Ellen MacArthur como primer referente en economía circular, su iniciativa “Fibras Circulares” va encaminada en aplicar estos principios, en conjunto con los líderes de la industria textil, y fomentar el aprovechamiento del material a partir de procesos industriales más limpios.

Posteriormente, es importante reconocer que se deben realizar mejoras desde el modelo operativo que se viene manejando para la producción de textiles. Una eco-innovación en el desarrollo de

fibras para la fabricación de prendas podría representar una nueva oportunidad económica, usando materiales que garanticen durabilidad y alta capacidad de aprovechamiento. Además, con mejoras enfocadas en aplicar un sistema circular, se podrían reducir hasta 80 mil millones cúbicos de agua y hasta 650 kg de CO₂eq por consumidor (Parlamento Europeo, 2020), basado en la implementación de recursos renovables y la reutilización de las prendas existentes.

De esta manera, la puesta en marcha de un modelo económico basado en la reventa, reciclaje y reparación de prendas usadas y de iniciativas promocionadas por almacenes reconocidos internacionalmente como H&M, empresa que en 2020 recuperó cerca de 19.000 toneladas de prendas que han sido desechadas a nivel mundial a través de su programa de recolección de ropa, y otros como Tommy Hilffier, GAP, Gef y Decathlon permiten que se visibilicen los impactos positivos que tiene el reciclaje de prendas y textiles y que más empresas se unan para que en Colombia se puedan replicar estos sistemas, logrando que la industria textil este cada vez más cerca de la meta de sostenibilidad.

Por otra parte, desde el marco de la institucionalidad, se debe incluir dentro de los Planes de Gestión Integral de Residuos, cuáles materiales son aprovechables y definir un plan que sea efectivo para este proceso, si bien es cierto que en el Título F del RAS se menciona que: “La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que existan tecnologías de acondicionamiento y transformación que genere valor agregado y un mercado para los productos obtenidos”.

Es importante que se empiecen a visibilizar y documentar las iniciativas de aprovechamiento que tiene este material para que sean replicadas, y se puedan reconocer cuáles son sus alternativas de transformación, cómo se puede contribuir con la conservación de las propiedades de este material para que sea gestionado correctamente, incentivar el manejo diferenciado de los residuos que tienen cualidades de aprovechamiento en recipientes independientes de los residuos que serán transportados al relleno sanitario.

En este mismo título, en el apartado F5.2.1.1 se establece que: “Los municipios y distritos, con prestación del servicio público de aseo a más de 8.000 usuarios, al elaborar el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), están en la obligación de analizar y evaluar la viabilidad de realizar proyectos sostenibles de aprovechamiento y valorización de los residuos ya sea como iniciativa municipal o regional. En caso de que se demuestre la viabilidad y sostenibilidad de los proyectos, el municipio y distrito promoverá su ejecución”. Por lo tanto, los residuos textiles requieren un plan de aprovechamiento que sea aplicado cuanto antes.

14. Conclusiones

A partir de la revisión realizada se determinó que los informes gubernamentales oficiales como el PGIRS no son insumo suficiente para realizar un trabajo de investigación relacionado con el reconocimiento de la situación actual de residuos textiles en Colombia, al no tener representatividad, veracidad y trazabilidad de los datos.

De acuerdo con los documentos oficiales nacionales, todos los PGIRS deberían tener una actualización en la caracterización de residuos por lo menos para el año 2020 y se deberían reportar cantidades de generación, disposición, y aprovechamiento para todos los materiales definidos en la categorización que se presenta en el Título F del RAS. Así mismo, el alcalde municipal o distrital, debe reportar anualmente los respectivos informes de seguimiento a la plataforma del Sistema Único de Información y publicarlos en la página web del distrito o municipio. Además, el sistema de reporte de datos debe contar con un estándar de presentación, tener un control de calidad y veracidad en los informes y garantizar que la información está disponible para todo público interesado.

Respecto a los resultados obtenidos en el balance de masas, al evidenciar que las toneladas registradas dispuestas son mayores a las toneladas generadas, puede explicarse porque las caracterizaciones reportadas no representan las cantidades generadas a nivel municipal, sino que, al realizar este proceso con todo lo que llega al relleno como se refleja en los reportes del SUI, se sobreestima la cuantía de la disposición final de residuos por cada municipio. También puede significar que hay algunos flujos de entrada que no están siendo contabilizados, pero si se registran como un flujo de salida, debido a la falta de trazabilidad de los datos. Por lo tanto, se requiere la ejecución de caracterizaciones más representativas y un seguimiento más riguroso por parte de las autoridades involucradas.

El aprovechamiento de residuos textiles en Colombia sería un aporte muy beneficioso en el marco de la aplicación de la economía circular, contribuyendo con la proyección de sostenibilidad que tiene el país. Si la industria textil se suma a gestionar sosteniblemente sus recursos, puede contribuir en el cumplimiento de las metas propuestas en la Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. La reducción en la explotación de recursos puede conseguirse a partir de la simbiosis industrial y de la participación efectiva de las empresas en el proceso de rediseñar y repensar los productos para que puedan ser recirculados y reparados, trabajando en una interconexión para alcanzar un modelo de economía circular, en beneficio tanto de los consumidores como de los sistemas ambientales.

15. Recomendaciones

Teniendo en cuenta que el problema más visible y limitante de este documento fue la falta de información disponible, una de las recomendaciones principales es que se trabaje con recursos e investigaciones extraoficiales o independientes de las entidades gubernamentales y que se verifique su actualización para que puedan ser tomadas como fuente directa de información, y sean insumos para nuevos proyectos de investigación.

El proyecto puede profundizarse más realizando una revisión rigurosa de las caracterizaciones, en donde se debe tener en cuenta si se hizo o no un estudio previo, con el fin de verificar la trazabilidad y veracidad de los datos y revisar estudios o publicaciones independientes que se hayan realizado con el fin de recopilar la mayor cantidad de información posible. Así mismo, constantemente debe realizarse una actualización de información acerca de las alternativas o iniciativas que surgen en el mundo para tomarlas como referencia y replicarlas en el país.

Conocer las estrategias que aporten en el proceso de transición a la circularidad, permiten una construcción de procesos sostenibles de manera transitoria utilizando herramientas como los análisis de flujo de material y análisis de ciclo de vida, que al implementarlas como instrumentos para identificar puntos clave se puedan mejorar puntos críticos presentes en las cadenas de producción, y que de esta manera mejore la eficiencia y eficacia de los bienes y productos.

16. Referencias

Abuchaibe, D. (2019). *Aprovechamiento y transformación de residuos textiles para el desarrollo de accesorios complementarios de moda*.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46139/Documento%20tesis.docx.pdf?sequence=2>

Acosta, S. (2021, febrero). *¿Usar y tirar? La moda busca reciclar 92 millones de toneladas de residuos textiles*. <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11061032/02/21/Usar-y-tirar-La-moda-busca-reciclar-92-millones-de-toneladas.html>

Andesgear Blog. (2022). *Las materias textiles de origen vegetal: el algodón, el lino y las celulosas*. <https://www.andesgear.cl/blog/las-materias-textiles-de-origen-vegetal-el-algodon-el-lino-y-las-celulosas/>

Beltran, J. (2014). *Evaluación de la Metodología de Caracterización de los Residuos Sólidos de Origen Municipal Dispuestos en Relleno Sanitario Parque Ambiental Los Pocitos de Barranquilla*. Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6706/T04755.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20caso%20de%20Colombia,gran%20generador%2C%20por%20el%20alto>

Calvo F, S. (2019, julio). *Reutilización de residuos textiles Industria, contexto, situación en Chile y legislación comparada*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27453/1/BCN_reciclaje_ropa_antecedentes_y_comparada.pdf

Cambridge, U. o. (2006). *Well dressed? The present and future sustainability of. Mill Lane, Cambridge: University of Cambridge Institute*

Colombia.co. (2021). *Moda sostenible en Colombia, mucho más que una tendencia*.

<https://www.colombia.co/pais-colombia/talento-de-colombia/moda-sostenible-en-colombia-mucho-mas-que-una-tendencia/>

Comisión Europea. (2022). *Comunicación De La Comisión Al Parlamento Europeo, Al Consejo, Al Comité Económico Y Social Europeo Y Al Comité De Las Regiones*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9d2e47d1-b0f3-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF

DANE & IDEAM. (2020). *Primer Reporte de Economía Circular*.

<https://www.andi.com.co/Uploads/economia-circular-1-reporte.pdf>

Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. Journal of Industrial Ecology.

Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Economía Circular*.

<https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/elementos-basicos>

Ellen MacArthur Foundation & Circular Fibres Initiative. (2017). *A New Textiles Economy - Full Report / Shared by Fashion*. Ellen MacArthur Foundation.

<https://emf.thirdlight.com/link/2axvc7eob8zx-za4ule/@/preview/1?o>

European Parliamentary Research Service. (2019). *Environmental impact of the textile and clothing industry*. European Parliament.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf)

Fashion United. (2021). *Tommy Hilfiger launches circular initiative, Tommy For Life*.

<https://fashionunited.uk/news/fashion/tommy-hilfiger-launches-circular-initiative-tommy-for-life/2020100851289>

Greenpeace. (2021). *Fast fashion: de tu armario al vertedero*.

<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9514/fast-fashion/>

Minambiente. (2021). *Decreto 3570 – Artículo 1*.

<https://www.minambiente.gov.co/ventana/objetivos/>

Miró, J. (2022). *Unidad Técnica De Economía Circular y Sostenibilidad*. Aitex.

<https://www.aitex.es/sostenibilidad/>

Moazzem, S., Crossin, E., Daver, F., & Wang, L. (2021). *Assessing environmental impact reduction opportunities through life cycle assessment of apparel products*. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 663-674. doi:10.1016/j.spc.2021.06.015

Pacto Global Red Colombia. (2022). *Pacto Global Red Colombia Moda Sostenible*.

<https://www.pactoglobal-colombia.org/moda-sostenible/moda-sostenible.html>

Parlamento Europeo (2020). *El impacto de la producción textil y los residuos en el medio ambiente (infografía)*.

<https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographic>

Secretaría de Ambiente. (2022). *Qué es la moda circular*.

<https://www.ambientebogota.gov.co/es/noticias-de-ambiente/que-es-la-moda-circular>

Semana Sostenible. (2016). *El Distrito quiere reciclar la ropa vieja*. Red de Desarrollo Sostenible. <https://rds.org.co/es/novedades/distrito-quiere-reciclar-la-ropa-vieja>

Torre-Marín, C., Granados, S., Herrera, R., & Martínez, R. (2009). *Ecología industrial y desarrollo sustentable*.

Van der Ryn, S. & Cowan, S. (1996). *Ecological Design (Diseño ecológico)*. Island Press, Washington, DC, p.18.

Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico & Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO F. Sistemas de Aseo Urbano*. minvivienda.gov.co.

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-f.pdf>

Xicota, E. (2021, diciembre). *4 impactos de la industria de la moda en el cambio climático*. Ester

Xicota. <https://www.esterxicota.com/4-impactos-ropa-en-cambio-climatico/>