



Formulación de las bases para la implementación de una estrategia enmarcada en la gestión sostenible y circular de residuos textiles en el municipio de El Santuario

Gloria Aracelly Aristizabal Duque

Trabajo de grado de maestría presentado para optar al título de Magíster en Sostenibilidad

Asesor

Guillermo Penagos Garcia Doctor (PhD)

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías

Maestría en Sostenibilidad

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

El contenido de este documento no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas las personas que, desde lo cotidiano, lo técnico o lo creativo, dan una nueva vida a los materiales usados. A amas de casa, artistas, recicladores, recuperadores, técnicos reparadores, ingenieros y a quienes, con su creatividad y compromiso, eligen reusar, reutilizar y recuperar como una forma de transformación social y ambiental.

Agradecimientos

Agradezco especialmente a mis asesor Guillermo Penagos, a la profesora Elizabeth Carvajal, a todo el cuerpo docente de la maestría en sostenibilidad de La Universidad Pontificia Bolivariana, a los integrantes del ecosistema textil del municipio de El Santuario por permitirme participar en sus encuentros, finalmente agradezco a Dios y a mi familia.

Tabla de contenido

Resumen.....	8
Abstract.....	9
1. Introducción.....	10
2. Planteamiento del Problema	11
3. Justificación.....	13
4. Marco referencial.....	15
4.1 Marco conceptual	15
4.1.1 Economía circular.....	15
4.1.2 Cadena de Valor de la Industria Textil	16
4.1.3 Responsabilidad extendida al productor	16
4.1.4 Reciclaje textil	17
4.1.5 La actividad de aprovechamiento.....	17
4.1.6 Generación de residuos textiles en Colombia	17
4.1.7 Valorización de residuos	18
4.1.8 Tipología de residuos textiles y las formas comunes de aprovechamiento	18
4.1.9 Beneficios de la revalorización de residuos	19
5. Estado del arte	20
6. Objetivos.....	31
6.1 Objetivo General	31
6.2 Objetivos Específicos.....	32
7. Metodología.....	32
7.1 Enfoque y diseño metodológico	32
7.2 Área de estudio y unidad de análisis	33
7.3 Fases del estudio.....	33
7.3.1 Fase 1- Revisión bibliográfica sistemática.....	33
7.3.2 Fase 2 – Análisis cualitativo comparativo de alternativas	34
7.3.3 Fase 3 – Estudio de caso y observación participante.....	34
7.3.4 Fase 4 – Revisión conceptual y construcción de criterios de gobernanza.....	35

7.3.5 Fase 5 – Integración metodológica	35
8. Resultados.....	35
8.1 Identificación de alternativas de valorización de residuos textiles en términos de sus beneficios económicos, ambientales y sociales	36
8.1.1 Valorización mecánica	37
8.1.2 Valorización energética.....	39
8.1.3 valorización química y bioquímica	40
8.2 Consideraciones ambientales, económicas y sociales de las rutas de valorización textil	42
8.2.1 Aspectos ambientales	43
8.2.2. Aspectos Económicos.....	45
8.2.3 Aspectos sociales	47
8.3 Descripción del proceso de articulación de actores del sector textil en el municipio de El Santuario	50
8.3.1 Oportunidades estratégicas.....	53
8.3.2 Retos operativos y de gestión.....	53
Tabla 2.....	55
8.4 Propuesta de criterios de gobernanza para acelerar la transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles en el municipio de El Santuario	56
8.4.1 Fundamentos de Gobernanza para la propuesta de criterios	57
8.4.2 Política Pública para el Sector Textil, Confección, Diseño, Moda y Accesorios del municipio de El Santuario	58
8.4.3 Propuesta de matriz de criterios de gobernanza para la formulación del plan de acción	61
Tabla 3.....	63
9. Discusión	65
10. Conclusiones.....	68
11. Referencias.....	69

Lista de tablas

Tabla 1	49
Tabla 2.....	55
Tabla 3.....	63

Resumen

La creciente generación de residuos textiles a nivel mundial ha evidenciado la necesidad de avanzar hacia estrategias que apoyen la transición a sistemas de producción más circulares y sostenibles. A pesar del potencial de valorización que poseen estos materiales, una gran parte continúa siendo dispuesta en rellenos sanitarios, lo que refleja barreras tecnológicas, económicas e institucionales que limitan su aprovechamiento. En este contexto global, el municipio de El Santuario enfrenta un desafío creciente debido al volumen de residuos generados por su sector de confección y a la limitada implementación de alternativas para su recuperación.

Este estudio analiza, desde un enfoque cualitativo, tres rutas tecnológicas de valorización textil: mecánica, energética y química/bioquímica, identificando sus implicaciones ambientales, económicas y sociales, así como las condiciones que determinan su aplicabilidad. Asimismo, se examina el proceso de articulación de actores del ecosistema textil local y las brechas de gobernanza que inciden en la viabilidad de estas alternativas. Los resultados evidencian que la valorización mecánica presenta mayor madurez tecnológica, mientras que las rutas química y bioquímica emergen como alternativas prometedoras para el cierre de ciclos materiales, y la valorización energética actúa como una vía complementaria para las fracciones no reciclables. Finalmente, se formulan criterios de gobernanza orientados a fortalecer la coordinación institucional, mejorar la toma de decisiones y apoyar la transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles en el municipio, en coherencia con los lineamientos establecidos en la Política Pública del sector textil de El Santuario.

Palabras clave: residuos textiles, valorización, economía circular, gobernanza, sostenibilidad territorial.

Abstract

The growing generation of textile waste worldwide has highlighted the need for strategies that support the transition toward more circular and sustainable production systems. Despite their recovery potential, a large portion of these materials continues to be disposed of in landfills, reflecting technological, economic, and institutional barriers that limit their valorization. Within this global context, the municipality of El Santuario faces an increasing challenge due to the volume of waste generated by its garment industry and the limited implementation of alternatives for its recovery.

This study analyzes, through a qualitative approach, three technological routes for textile waste valorization; mechanical, energy recovery, and chemical/biochemical, identifying their environmental, economic, and social implications, as well as the conditions that shape their applicability. It also examines the coordination processes among actors in the local textile ecosystem and the governance gaps that influence the feasibility of these alternatives. The findings show that mechanical valorization exhibits the highest technological maturity, while chemical and biochemical routes emerge as promising options for closing material loops, and energy recovery serves as a complementary pathway for non-recyclable fractions. Finally, the study proposes governance criteria aimed at strengthening institutional coordination, improving decision-making, and supporting the transition toward sustainable and circular textile waste management in the municipality, in alignment with the guidelines established in El Santuario's Public Policy for the Textile Sector.

Keywords: textile waste, valorization, circular economy, governance, territorial sustainability.

1. Introducción

La creciente generación de residuos textiles se ha convertido en un desafío ambiental y productivo que exige nuevas estrategias de gestión, el aumento del consumo de prendas, la rápida rotación de la moda y la baja vida útil de los productos textiles han intensificado la presión sobre los territorios, evidenciando impactos ambientales, sociales y económicos que requieren enfoques de gestión más integrales y sostenibles. En municipios con una fuerte presencia del sector de confección, como El Santuario, este problema se acentúa por la limitada información disponible sobre la cantidad, composición y tratamiento de estos residuos, lo que dificulta avanzar hacia modelos circulares y sostenibles.

En este contexto, la investigación analiza alternativas tecnológicas de valorización aplicables al municipio, considerando sus implicaciones ambientales, sociales y económicas desde un enfoque cualitativo. Para ello, se revisaron referentes técnicos, se estudiaron tres rutas de valorización y se contrastó esta información con la experiencia del piloto desarrollado y con la realidad productiva local. Asimismo, las brechas identificadas en la gobernanza del ecosistema textil revelan la necesidad de fortalecer las capacidades locales para coordinar actores, orientar estrategias públicas y asegurar la continuidad de iniciativas de gestión.

El estudio aporta insumos relevantes para orientar la gestión de residuos textiles en El Santuario, al integrar el análisis tecnológico con criterios de gobernanza que faciliten la toma de decisiones y contribuyan a la transición hacia un modelo de gestión sostenible y circular. Los

resultados buscan servir como base para futuras acciones institucionales y para el fortalecimiento de capacidades en el ecosistema textil local.

2. Planteamiento del Problema

Nuestra sociedad ha logrado un notable incremento en su nivel de bienestar gracias al crecimiento económico y la generación de riqueza, lo que ha permitido altos niveles de consumo y acceso a una amplia gama de productos y servicios que nos brindan bienestar y comodidad, al mismo tiempo se generan grandes volúmenes de residuos que son depositados en los rellenos sanitarios. No somos conscientes del costo social, ambiental y económico del tratamiento de los residuos sólidos y lo absurdo que significa estar pagando un alto precio por el tratamiento de estos (recolección, transferencia y disposición final) que genera otros problemas todavía más graves e irreversibles como el destino de recursos monetarios que no tienen tasa de retorno alguno, “dinero basura” (Piña, 2017).

La tipología de residuos es muy amplia incluyendo los que se generan en las industrias, los diferentes sectores económicos y los residuos domiciliarios. La industria textil es una de las áreas de crecimiento más acelerado en el mundo, según un estudio de la fundación Ellen MacArthur la producción de ropa se ha incrementado enormemente a tal punto de que desde el año 2000 al 2015, el ritmo de crecimiento de producción de prendas se ha duplicado. Además, otra cifra que genera mucha alarma es que el tiempo de uso que le daban las personas a la ropa se ha reducido en un 36% aproximadamente. Esto quiere decir que la población a pesar de

demandar más ropa, el uso que le da a una prenda es de un menor tiempo (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

En el municipio de El santuario con 39.000 habitantes la industria de la confección es hoy el segundo renglón económico, con la presencia de unas 300 empresas que emplean alrededor de unas 2.500 personas dedicadas al corte y confección de ropa, esta industria en el municipio genera alrededor de 40 a 50 toneladas mensuales de residuos textiles que son dispuestos en el relleno sanitario, según datos de la empresa prestadora del servicio de aseo del municipio, Empresas Públicas de El Santuario.

Ante esta situación los diferentes actores interesados: empresas de confección, administración municipal y empresa de servicios públicos con el acompañamiento de otras entidades, han revisado y explorado distintas alternativas de aprovechamiento de los residuos textiles, que ya se han implementado y/o se están desarrollando actualmente, con el objetivo de abordar este desafío de manera sostenible.

Las evaluaciones financieras tradicionales no consideran los aspectos e impactos económicos, sociales, ambientales, normativos y jurídicos, esto hace que muchas alternativas se descarten sin antes realizar un análisis profundo que lleve a la determinación de los beneficios reales a corto y a largo plazo, como se muestra en el trabajo sobre *residuos sólidos del sector textil en Colombia basado en el modelo de economía circular* donde se señala que en la actualidad los recursos económicos disponibles para el manejo de los residuos, son entregados principalmente para la creación o ampliación de los rellenos sanitarios, esto significa que se

sigue dando prioridad en las políticas públicas a una infraestructura tradicional de la economía lineal (“tomar, hacer, desechar” que se basa en disponer de grandes cantidades de energía y otros recursos baratos y de fácil acceso), igualmente para la inversión privada no se ha establecido una política de incentivos económicos o tributarios donde se dé prioridad a la recuperación de materiales, infraestructura de reúso de materias primas (Castro, 2018).

No obstante, además de los retos técnicos, económicos y ambientales asociados al manejo de los residuos textiles, se evidencia la ausencia de lineamientos y mecanismos institucionales que permitan articular a los actores del ecosistema local hacia una gestión más coordinada; la falta de reglas claras, responsabilidades definidas y procesos comunes de toma de decisiones limita la capacidad del municipio para avanzar hacia modelos de economía circular y para implementar de manera efectiva las alternativas de valorización identificadas. Esta situación demuestra que el reto no es únicamente tecnológico, sino también institucional: sin una estructura mínima de gobernanza, incluso las alternativas técnicamente viables difícilmente pueden consolidarse o escalarse en el territorio.

3. Justificación

La implementación del paradigma de la economía circular en la gestión de residuos textiles requiere llevar a cabo un análisis completo que considere los costos económicos, ambientales y sociales asociados con la disposición de estos residuos en el relleno sanitario del municipio de El Santuario. Consolidar información detallada sobre la cantidad de residuos generados, su tratamiento y disposición será relevante para evaluar correctamente los impactos

negativos de su disposición final en rellenos y compararlos con los posibles beneficios del aprovechamiento y reincorporación en la cadena productiva.

Este análisis no solo debe considerar el costo-beneficio en términos económicos, sino también integrar una valoración ambiental y social que promueva un enfoque circular, sostenible e integral en la gestión de residuos textiles, y que, además pueda convertirse en una herramienta útil para la toma de decisiones más acertadas, tanto para las empresas operadoras del servicio de aseo como para las empresas del sector textil y de la moda que están interesadas en incorporar criterios de sostenibilidad en sus estrategias de mercadeo, lo que les permite ganar reconocimiento dentro de su público objetivo.

Por otro lado, es importante mencionar que en los últimos años se ha empezado a generar mayor conciencia sobre el uso de los recursos naturales y se está buscando “generar un modelo económico alternativo, en el que los residuos sean una fuente de recursos secundarios con posibilidad de ser reincorporados nuevamente a los procesos productivos” (Ellen Macarthur Foundation, 2024), esta tendencia actual establece las bases para realizar un análisis integral de los impactos económicos, ambientales y sociales de la generación y disposición de residuos textiles, con el fin de comprender la problemática más a fondo, considerando incluso aquellos aspectos que no son evidentes a simple vista pero que terminan deteriorando cada vez más el capital natural y, por ende, la calidad de vida de las personas al asumir, externalidades ambientales que no fueron previstas con anticipación.

Además de la identificación de alternativas de valorización es importante entender las condiciones institucionales que determinan su viabilidad, sin mecanismos de coordinación, reglas de operación y responsabilidades claramente definidas, incluso las alternativas técnicamente más prometedoras enfrentan dificultades para consolidarse en el territorio.

Por ello, este estudio no solo aporta un análisis comparativo de alternativas, sino que incorpora criterios de gobernanza indispensables para orientar decisiones, fortalecer capacidades locales y asegurar que las estrategias de valorización puedan integrarse y sostenerse en el territorio en el largo plazo, incorporar esta perspectiva permite que la investigación aporte criterios que orienten la acción pública y privada hacia la transición circular del municipio, respondiendo a una necesidad real del contexto y ampliando el alcance práctico del estudio.

4. Marco referencial

4.1 Marco conceptual

4.1.1 Economía circular

El Ministerio de Medio Ambiente (2018) considera la economía circular como sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía; teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales 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 (Minambiente, 2018, p.75).

4.1.2 Cadena de Valor de la Industria Textil

Porter (1985) citado en (Cayeros-Altamarino et al, 2016), propone la cadena de valor como un valor agregado que genera un mayor beneficio al consumidor a su vez que produce ventajas competitivas a las compañías. En términos generales el concepto de cadena de valor asocia tanto la secuencia de procesos como los actores involucrados que intervienen en la elaboración de un producto o servicio desde su concepción hasta su materialización y entrega al cliente final.

Choudhury (2014) citado en Huerta Herrera & Irrazabal Carbajal (2019), menciona que en el libro Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing, Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain se destaca la importancia de conocer toda la cadena de suministro así como las industrias implicadas en el marco de la cadena de valor de la industria textil; resalta el modelo lineal de esta, en donde se observa que la cadena comienza con la extracción de la materia prima y tiene como etapa final el desperdicio de las prendas, terminando tajantemente el ciclo (Huerta-Herrera & Irrazabal-Carbajal, 2019).

4.1.3 Responsabilidad extendida al productor

La Responsabilidad Extendida al Productor (REP) se define como un enfoque de política medioambiental en el que la responsabilidad de un productor sobre un producto se amplía a la fase posterior al consumo del ciclo de vida del producto (OCDE, 2016). Según la legislación sobre REP, las empresas que ponen productos en el mercado (denominados "productores obligados") son responsables de la gestión de sus productos cuando estos son desechados por los consumidores.

4.1.4 Reciclaje textil

El reciclaje textil es definido por Sandin & Peters Greg (2018) como el reproceso de material residual textil o no textil, pre o post-consumo para la obtención de productos que no necesariamente deben ser textiles, el reciclaje en la industria textil es visto como un factor clave para competir y posicionarse en el mercado. La recuperación y reutilización de prendas y aprovechamiento de estas para la generación de nuevos productos abren una ventana de oportunidad desde un punto de vista ambiental para el planeta, así como oportunidades para nuevos negocios y propuestas sustentables y rentables para la industria. (Sandin & Peters Greg, 2018, p.354).

4.1.5 La actividad de aprovechamiento

Según el Decreto 1077 de 2015, es definida por Minvivienda (2015) como el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo de manera eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

4.1.6 Generación de residuos textiles en Colombia

La información oficial sobre la generación de residuos textiles en Colombia es manejada por la Superintendencia de Servicios Públicos mediante el Sistema Único de Información (SUI), el cual es el sistema oficial del sector de servicios públicos domiciliarios del país. Este sistema recoge, almacena, procesa y publica información reportada por las empresas prestadoras del servicio de aseo y entidades territoriales, del total de residuos aprovechados oficialmente en el

país, los residuos textiles reportados en el SUI representan solo el 0.1% del total de residuos sólidos generados en el año 2022. Esto contrasta con el 16.9% en promedio de reciclaje de todos los materiales aprovechados. En resumen, según los datos del SUI, en Colombia solo se aprovechan alrededor de 2.297 toneladas por mes de residuos textiles a través del servicio público de aseo en el 2021 (Colombia Productiva et al., 2024, p.14).

4.1.7 Valorización de residuos

El concepto de valorización de residuos hace referencia al conjunto de procesos mediante los cuales se recupera valor de los desechos, evitando su disposición final, dicho valor puede expresarse en distintas dimensiones: material, energética, química o bioquímica, según el tipo de beneficio derivado del aprovechamiento (Ellen MacArthur Foundation, 2017; European Environment Agency [EEA], 2021; Gómez et al., 2020). En este sentido, la valorización comprende cualquier proceso o estrategia que contribuya a extender la vida útil de los materiales textiles o reincorporarlos a los ciclos productivos, en coherencia con los principios de la economía circular.

4.1.8 Tipología de residuos textiles y las formas comunes de aprovechamiento

Encontramos que Sanabria et al. (2023) recopila información donde se definen “los residuos post industriales como aquellos subproductos de hilados y tejidos que se producen debido a la confección. Por el lado de los residuos Posconsumo, son los que provienen de prendas de vestir, artículos para el hogar y otros productos que luego de ser usados se desechan. De acuerdo con el origen se puede tener diferentes tipos de aprovechamiento. Para el posconsumo, en primer lugar, está la reutilización, que consiste en que la ropa que se encuentra

en buen estado se venda en tiendas de segunda mano o se done a fundaciones. En segundo lugar, se puede valorizar el material a través de procesos térmicos que permitan obtener hilos o paños nuevos de fibras de algodón o lanas recicladas. Por último, si no se puede reutilizar o valorizar se procede a su disposición final. En el caso de los residuos Post Industriales, si bien puede ser diferente de acuerdo con el sector, los pasos para su aprovechamiento son clasificar por tipo de fibra o color, triturar para volver a obtener la fibra y por último realizar un procedimiento de mezclado y limpieza” (Sanabria et al. 2023, p.6).

4.1.9 Beneficios de la revalorización de residuos

Beneficios medioambientales: se reduce la cantidad de desechos que llegan a los vertederos y se disminuye la contaminación. Es decir, se optimiza la gestión de los residuos. La descomposición de basura en los vertederos genera líquidos y gases con efectos nocivos para el medioambiente y la salud. Cuanto menor sea la acumulación de desechos en los mismos, menor será el impacto provocado.

Beneficios económicos: Al producirse la reutilización de materiales, se puede lograr una reducción en los costes de la compra de materia prima. Las empresas pueden producir parte de sus propios materiales y será menor el gasto en sus proveedores. Esto no quita que la valorización de residuos requiera de la inversión de capital, pero esta será preferible a dedicar más dinero a la adquisición de materia prima.

Beneficios sociales: El empleo de la valorización en la gestión de residuos ha aumentado la inversión en las plantas de reciclaje. Y esto se ha traducido en la generación de más puestos de trabajo. Además, supone una garantía para el suministro de energía para las generaciones futuras y, junto a los beneficios medioambientales, una mejor calidad de vida (Kuryk, 2022, p.24).

5. Estado del arte

A través de esta revisión bibliográfica y análisis documental sobre la gestión de los residuos textiles en Colombia a la luz de la economía circular, se busca examinar experiencias exitosas de aprovechamiento, así como las dificultades que se presentan en la gestión y manejo de estos residuos, también se pretende identificar problemas que permitan entender la magnitud del desafío que representan los residuos textiles y su impacto ambiental, social y económico.

La revisión incluirá estrategias implementadas que ayuden a analizar los diferentes modelos de economía circular en la industria textil, tales como el reciclaje, la reutilización y el rediseño, considerando políticas y regulaciones que permitan la identificación de marcos legales que promuevan prácticas sostenibles en el sector.

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica y un análisis de literatura que recopilaron y analizaron artículos académicos, libros y documentos técnicos sobre el tema, tanto a nivel mundial como en Latinoamérica. Se incluyeron estudios de caso, con el fin de analizar las experiencias de empresas que implementaron prácticas de economía circular en la industria textil. Se describieron sus enfoques, resultados y lecciones aprendidas, con el fin de obtener una visión general del estado actual de los residuos textiles y las iniciativas de economía circular.

Para contextualizar un poco la temática que se aborda en este apartado es importante considerar el papel de la industria textil en el mundo y su impacto en el medio ambiente a lo largo de todo su ciclo de vida, esta industria utiliza anualmente 93,000 millones de metros cúbicos de agua, es responsable del 20% de las aguas residuales generadas a nivel mundial por el teñido y tratamiento de textiles, incinera o desecha al vertedero el 87% de las fibras utilizadas para la confección de ropa, desecha el 60% de la ropa antes de cumplir un año de haberse

fabricado, genera aproximadamente el 10% de las emisiones globales de carbono y es responsable de verter al mar aproximadamente medio millón de toneladas de microfibras las cuales pueden llegar a causar serios problemas a las cadenas tróficas alimenticias (Ellen-MacArthur, 2024).

Los mercados y hábitos de consumo nos llevan a satisfacer nuestras necesidades entrando en dinámicas consumistas e inmediatistas sin reflexionar acerca de lo que pasa con los residuos que generamos en la producción y consumo de bienes, es así como Ellen MacArthur en su publicación *Ampliación de los Límites de la Política Rep*, señala, que “la inmensa mayoría de los productos textiles se escapan del sistema cuando se desechan: se incineran, se depositan en vertederos o se filtran al medioambiente. Los residuos textiles son una consecuencia directa de nuestro sistema económico lineal, en la actualidad, los productos no suelen estar diseñados para durar y son difíciles de reciclar, la mayoría de los modelos empresariales son lineales, con altos niveles de producción, bajos índices de utilización y bajos niveles de reciclaje” (Ellen MacArthur, 2024, p.6).

En los últimos años la industria textil colombiana ha ganado reconocimiento a nivel mundial por la innovación, calidad y creatividad, dentro la economía del país esta se considera como uno de los sectores más destacables ya que *representa el 9,4% del PIB industrial y genera empleos para cerca de 600 mil personas en el país* (Procolombia, 2023) siendo así una gran fuente de empleo y de crecimiento económico, sin embargo a lo largo de la cadena productiva se generan efectos negativos sobre el medio ambiente ya que actualmente los modelos económicos consideran los recursos naturales como fuentes inagotables de materias primas, al mismo tiempo que se desechan en el entorno natural toda clase de contaminantes y residuos generados en los procesos productivos y al final de la vida útil de los bienes generados.

Revisando los datos sobre porcentajes de aprovechamiento de residuos textiles En Colombia, encontramos que la cantidad promedio de residuos del sector textil (vestimenta, textiles del hogar, calzado, entre otros textiles que son desechados después de su vida útil) que son reciclados o reutilizados tan solo llega al 5% (CONPES, 2016), así el porcentaje restante que es más del 95% puede terminar en los rellenos sanitarios y plantas de incineración en todo el país, sin ningún tipo de tratamiento o aprovechamiento.

Por ultimo hay un concepto de gran importancia que se impone actualmente como una estrategia a aplicar en las economías productivas: *La económica circular*, la cual plantea nueve acciones para cumplir los objetivos planteados: rechazar aquello que no se necesita, rediseñar con criterios sostenibles y diseños ecológicos, reducir el consumo, reutilizar productos en buen estado, reparar para alargar la vida de un producto, renovar un producto antiguo para modernizarlo, remanufacturar manual o mecánicamente aquello que necesitamos, reciclar la materia prima para crear nuevos productos, recuperar materiales para la generación de energía (Rodríguez, 2022, p.10).

En cuanto a las oportunidades de aprovechamiento de residuos textiles es importante considerar los volúmenes generados de residuos textiles y sus porcentajes de aprovechamiento, que los países considerados como grandes potencias económicas generan en sus procesos productivos, “este tipo de residuos tienen un potencial de aprovechamiento (cerca al 100%), se estima que el 60% de toda la ropa recuperada podría reutilizarse, el 35% podría convertirse en trapos y reciclar fibras y solo el 5% tendría que desecharse, sin embargo, las cifras de reciclabilidad estimada de textiles usados ronda el 26% en Europa, 15% en China y 12% en Estados Unidos (BIR, 2024). Se estima que, china genera entre 20 y 26 MT de residuos textiles al año, la Unión Europea 5,8 MT y Estados Unidos 33 MT de residuos. El costo de gestión de los

residuos enviado a vertederos oscila entre los 45 dólares por tonelada en Estados Unidos y de 60 euros por tonelada en la Unión Europea” (Juanga-Labayen et al., 2022; Prieto 2023).

En los últimos años se ha empezado a generar mayor conciencia sobre el uso de los recursos naturales y el efecto que las actividades productivas están generando en el medio ambiente, se está buscando “generar un modelo económico alternativo, en el que los residuos sean una fuente de recursos secundarios con posibilidad de ser reincorporados nuevamente a los procesos productivos, de forma tal que se promueva la conservación del medio ambiente, al mismo tiempo que se logre un crecimiento económico eficiente” (Ellen Macarthur Foundation, 2024).

En la revisión de experiencias en otros países en cuanto a el aprovechamiento y gestión de los residuos textiles se muestran que hay varias regiones que ya han estructurado modelos para reducir los desechos textiles y que pueden aportar a estructurar una hoja de ruta para nuestro país. La unión europea incorporó normas sobre textiles en 2018, señalando que los estados miembros adoptarán medidas para prevenir la generación de residuos y que como mínimo estos fomentarán la reutilización de los productos y la creación de sistemas para incrementar actividades de reparación. También establece que para facilitar y mejorar el manejo de los desechos textiles se deberán recoger por separado y no se mezclarán con otros materiales o residuos (Directiva 2008/98/CE Parlamento Europeo y del Consejo, 2008 citado por Prieto, 2024). Adicional a esto, los nombres de las fibras están armonizados hace varias décadas y actualmente hay normas que incluyen el etiquetado y marcado de todos los productos textiles donde debe estar la composición de las fibras, su procesamiento y distribución comercial (Reglamento 1007/2011 Parlamento Europeo y del Consejo, 2011 citado por Prieto, 2024).

En esta misma línea, Francia dentro del código del medio ambiente incluye una regla de responsabilidad extendida del productor en el sector textil en el que todas las personas naturales o jurídicas que comercialicen prendas nuevas de productos textiles, prendas de vestir, calzado o ropa de hogar deberán cumplir con el deber del reciclaje y tratamiento contribuyendo financieramente a una organización que se especialice en operaciones de reciclaje y tratamiento y que esté autorizado u operando, con las especificaciones técnicas correspondientes, un sistema propio e individual del reciclaje y tratamiento de residuos que también debe estar autorizado.

Por otro lado es importante destacar la experiencia en Alemania mencionada por Rodríguez (2022) donde explica como allí se generó un gran esfuerzo en la adquisición de un mecanismo de tratamiento de datos para la facturación y optimización del sistema, en el que se equiparon los recipientes de los residuos con un código de identificación y los camiones de recolección con dispositivos de lectura y sistemas de pesaje, con el fin de enviar la información recolectada vía telemétrica a centros de análisis de datos en el que en tiempo real se realiza la contabilidad y facturación a los usuarios (Rodríguez, 2022).

En Colombia se desarrolló un modelo de gestión de residuos sólidos basado principalmente en la disposición final en los rellenos sanitarios, sin embargo, *El CONPES 3874 Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos* menciona que es importante empezar a considerar nuevas formas de hacer uso más eficiente a los residuos y que de esta manera se creen nuevos ciclos de vida a partir de estos, nuevas materias primas e incluso una reutilización más efectiva, lo que implica que se empiecen a incluir más formas de separación de nuevos productos que posteriormente pueden ser transformados, pero también una reformulación política que incentive y asegure la economía circular. Los residuos textiles, para los que acorde con los principios de la economía circular, podríamos considerar el segundo uso, la reutilización,

la reparación y el aprovechamiento, esto implica ajustar también los procesos productivos y poder optimizar el uso de la materia prima para considerar todos los tipos de impactos ambientales y que garantice que el producto final tendrá una larga duración para aprovechar al máximo su potencial y que al final del ciclo de vida la reincorporación o transformación sea más factible y eficiente” (CONPES, 2016).

Pasando ahora a la revisión de estudios de caso y experiencias implementadas por empresas del sector textil en Colombia encontramos lo siguiente: A través de un análisis múltiple de casos se evalúan 4 de las empresas más relevantes del sector de la moda en Colombia. Prieto (2024) verifica como estas han abordado la problemática mediante un análisis de contenido de sus informes de sostenibilidad; en la práctica del criterio de ciclo cerrado, las 4 compañías presentan dificultad para incorporar en el flujo de materiales de los procesos los residuos posconsumo, las orientaciones en la incorporación de materiales se restringe a la reutilización de retal o prendas nuevas no comercializadas; la mayor dificultad para el cierre del ciclo está en la reincorporación de residuos posconsumo debido a la mezcla de materiales presente en las prendas de vestir. Incluir este criterio para estas cuatro grandes empresas aun representa grandes desafíos, ya que implican una gran organización en temas logísticos y operativos.

Con el fin de obtener información más precisa se seleccionaron dos estudios realizados en dos de las ciudades colombianas con mayor influencia de la industria textil: Bogotá y Medellín, que muestran estrategias puntuales de gestión y aprovechamiento de residuos textiles.

El primer trabajo llamado *Diagnóstico de la gestión y manejo de residuos textiles en Medellín con el fin de establecer estrategias de aprovechamiento a Empresas Varias de Medellín S.A E.S.P.* realizó entrevistas a 20 empresas ubicadas en el sector industrial de Guayabal, se analizaron los datos de los residuos dispuestos en el relleno sanitario La Pradera, y se entrevistó

a la empresa Fibretex, que se dedica al aprovechamiento de residuos textiles generadas a partir de los excedentes del corte y confección de prendas en la ciudad, empresa que hace poco incursionó en el mercado de la fabricación de pábilo y de fieltros o telas no tejidas para uso industrial (Orozco, 2022).

Por otro lado, dicho estudio evidencia que “las empresas con menor producción desechan sus residuos textiles, permitiendo que estos se dispongan en el relleno sanitario. En contraste, las empresas de mayor producción comercializan estos desechos para la fabricación de rellenos para colchones, muebles y la creación de accesorios o traperas” (Orozco, 2022, p.32).

Orozco también concluye que:

La mayoría de las empresas son aptas para vincularse en la entrega de residuos textiles, ya que el material predominante en sus materias primas es el poliéster, el algodón y el índigo. Se destaca la importancia de capacitar tanto a estas empresas como a los operarios de Emvarias que realizarán la actividad de clasificación, con el fin de lograr una adecuada separación por colores y tipo de composición. Una selección adecuada de los textiles aumentará la posibilidad de reutilización. Asimismo, la alianza con Fibretex u otra organización dedicada al aprovechamiento de excedentes textiles es de gran relevancia en este proceso, ya que se convertirían en los gestores encargados de este tipo de residuos (Orozco, 2022, p.32)

El otro de los trabajos analizados fue el *Informe de consultoría para estructurar la gestión del residuo textil en la línea estratégica de recuperación-valorización del proyecto Red Moda Circular en Bogotá*. Este estudio realizado en la capital de Colombia nos muestra que “de acuerdo con cifras oficiales se dispusieron 147.000 toneladas de textiles en el relleno sanitario Doña Juana para el año 2021, como consecuencia, surge una de las acciones realizadas por la

ciudad para disminuir la llegada de desechos textiles al relleno sanitario: Red Moda Circular Bogotá, el cual tiene 6 líneas estratégicas: la transformación energética, el ecodiseño, reparación, consumo sostenible, recuperación-valorización y la de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I)”(Sanabria et al., 2023).

Dentro de la línea de recuperación-valorización se busca reducir los impactos ambientales de los residuos textiles, en el que uno de sus manejos es la transformación química con un proceso de extracción de recursos para poder crear nuevas fibras que lleven a nuevos productos finales. En la actualidad, existen tecnologías que permiten recuperar y transformar los textiles, como lo es la Digestión Anaeróbica (AD) que consiste en tratar la porción biodegradable de las fibras y utilizarlas para la producción de biogás, este procedimiento se utiliza principalmente con las fibras de algodón. También existe la fermentación de los textiles para utilizarla en la producción de etanol e involucra tanto las fibras de algodón como las de poliéster y data sus orígenes desde 1979 (Juanga-Labayen et al., 2022; Sanabria et al., 2023, p.15). Muy similar a esta, encontramos el compostaje utilizado para biodegradar el desecho orgánico como el algodón que involucra la integración de bacterias y hongos en un proceso biotecnológico para producir sustratos que se puedan utilizar como abono en plantas y por último la recuperación térmica, la cual, al incinerar el desecho, el resultado obtenido es material para crear el cemento (Juanga-Labayen et al., 2022; Sanabria et al., 2023, p.15).

Por ahora estas propuestas no se han puesto en marcha a gran escala, corresponden a iniciativas aisladas llevadas a cabo principalmente por empresas pequeñas o para las cuales entregar los residuos a una empresa transformadora no representa grandes costos logísticos, pero se espera que más adelante las diferentes técnicas expuestas pueden ser utilizadas para

transformar los desechos textiles y sean un componente esencial en el diseño de un modelo que permita reincorporar estos materiales nuevamente en la cadena productiva.

La regulación en Colombia para la valorización energética de los residuos presenta retos y oportunidades de acuerdo con lo señalado CONPES 3874 Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos “en un estudio realizado por el Bancos Interamericano de Desarrollo sobre las diferentes alternativas de tratamiento de disposición final o aprovechamiento de residuos se observa que los costos por tratamiento con alternativas para la generación de energía son siete veces mayor que la disposición en rellenos sanitarios, cuyos costos de inversión y de operación no alcanzan a ser cubiertos por la energía comercializada, lo que hace inviable económicamente este tipo de proyectos. Por lo cual, se propone desde el BID eliminar barreras normativas para permitir que en la tarifa del servicio público de aseo se reconozca el costo de técnicas que permitan la recuperación de materia prima o energía, cuando su costo sea superior al de disposición final en relleno sanitario y en tamaños de mercado donde sean viables, con el fin de cubrir los costos operacionales por medio de las tarifas de aseo” (CONPES 3874, 2016, p.29).

Por otro lado, se ha detectado que en el país no existe la suficiente estabilidad en los datos sobre la tipología de residuos sólidos que llegan a los rellenos sanitarios, este punto se encuentra asociado con la falta de educación a los usuarios en la correcta clasificación de los residuos en la fuente, ya que la separación incorrecta de los residuos contamina los materiales, aumentando los costos y riesgos asociados a los programas de aprovechamiento, que como resultado genera la pérdida del potencial energético y la inviabilidad de su uso como materia prima (CONPES 3874, 2016)

Sumado a la falta de datos constantes y actualizados también es de vital importancia mencionar que, en la actualidad Colombia cuenta con una serie de barreras para adoptar modelos que reduzcan la generación de este tipo de residuos ya que existe una escasez de instrumentos financieros, de mercado, sociales, técnicos y político- institucionales, las cuales dificultan las implementaciones del reciclaje textil. En el país hay insuficiente recuperación y retorno de materiales desde la etapa de post-consumo a los procesos manufactureros, esto permite evidenciar que se necesita una puesta en marcha de verdaderos incentivos tanto, económicos como normativos que minimicen la generación de residuos en todas las industrias y aumenten el nivel de aprovechamiento a lo largo del ciclo de vida de los productos y con un mayor enfoque en el consumidor final (Pérez, 2018).

Así mismo concluye Sacristán et al. (2022) resaltando puntos similares a los que Pérez destacó en las conclusiones de su estudio, enfatizando nuevamente de que en Colombia no existen políticas precisas y complementarias que promuevan la RSE y la REP en el marco regulatorio institucional de cara a los impactos que genera la industria textil, la presencia del Estado y la normatividad regulatoria son indispensables en la definición y aplicación de directrices que propendan por procesos que reglamenten el quehacer de la industria y su responsabilidad por su ejercicio empresarial. El compromiso compartido entre el Estado, empresa y sociedad debe ser real y visible, para evitar las dicotomías que surgen en la propuesta e implementación de políticas que en el aparato burocrático se convierten en evasión y corrupción de los procesos (Sacristán et al., 2022).

En la actualidad los recursos económicos disponibles para el manejo de los residuos, están distribuidos según lo concertado en cada Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos a nivel municipal o distrital, que por lo general son entregados principalmente para la creación o

ampliación de los rellenos sanitarios, esto significa que se sigue dando prioridad en las políticas públicas a una infraestructura tradicional de la economía lineal, desperdiciando grandes cantidades de energía y otros recursos de fácil acceso , igualmente, para la inversión privada no se ha establecido una política de incentivos económicos o tributarios donde se dé prioridad a la recuperación de materiales, infraestructura de reúso de materias primas, o la destinación de recursos para programas en educación ambiental a los consumidores finales (Castro, 2018).

La recogida selectiva es la única forma de evitar que los textiles acaben en el flujo de residuos o, peor aún, en el medio ambiente. Pero hoy en día, la recogida selectiva y la clasificación no son rentables. Recoger y gestionar los textiles desechados tiene un coste (más allá de los textiles con alto valor de reutilización), y las empresas de clasificación de todo el mundo experimentan dificultades de rentabilidad. Este es un obstáculo clave para lograr una economía circular de los textiles.

Por ultimo como lo concluye Quintero, (2022) en su trabajo sobre *Aporte a la economía circular de la industria de la moda en Colombia, a partir del análisis de la generación de residuos, usos actuales y posibles alternativas de manejo*, la tecnología necesaria para cerrar el ciclo de la industria de textil ya existe y mejora cada vez más, esto se evidencia a través de tecnologías innovadoras que permiten tomar desechos textiles y generar fibras nuevas para producir prendas, entonces uno de los retos principales está en articular las empresas de la moda de tal forma que en su modelo de negocio se incluya la obtención de los desechos textiles de los consumidores para convertirlos en materia prima para la producción. Este es un reto importante ya que implica, de cierto modo, convertir a los clientes en proveedores, lo cual lleva un cambio en la mentalidad de los consumidores que requiere tiempo e incentivos apropiados. Por otro lado, se debe garantizar que el flujo de materia prima derivado del reciclaje sea suficiente y adecuado

para obtener la mayor circularidad posible. Los patrones de oferta y demanda podrían llevar a que se necesite usar materiales nuevos en algún momento de la producción, sin embargo, lo ideal es que esto sea mínimo con el buen uso de la cadena de recolección de material reciclado, como funciona en otros tipos de materiales que son reciclados con gran éxito en la actualidad como es el vidrio, el papel o el aluminio (Quintero, 2022).

A través de la revisión y análisis de los anteriores estudios es evidente que actualmente la tecnología brinda opciones interesantes para el aprovechamiento de los residuos del sector textil, pero que la principal barrera está en posibilitar la articulación de las empresas y el cambio de paradigma frente al uso de las materias primas que se consideran infinitas y la inclusión de estas en modelo de circularidad en las cadenas productivas.

El Estado también juega un papel primordial, porque si bien se conocen estrategias de aprovechamiento de residuos estas no se han desarrollado a gran escala, por la escasez de instrumentos que motiven la movilización de las empresas para la gestión de los residuos textiles dentro de un esquema financieramente viable.

6. Objetivos

6.1 Objetivo General

Formular las bases para la implementación de una estrategia enmarcada en la gestión sostenible y circular de residuos textiles en el municipio de El Santuario considerando aspectos económicos, sociales, ambientales y de gobernanza.

6.2 Objetivos Específicos

- Identificar alternativas de valorización de residuos textiles en términos de sus beneficios económicos, ambientales y sociales.
- Evaluar los aspectos económicos, sociales y ambientales de diferentes alternativas de gestión de residuos textiles, incluyendo el proceso actual de disposición final.
- Analizar el proceso de articulación de actores que viene desarrollándose en el municipio de El Santuario en torno a la gestión de residuos textiles.
- Proponer criterios de gobernanza para acelerar la transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles en el municipio de El Santuario.

7. Metodología

7.1 Enfoque y diseño metodológico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, adecuado para comprender fenómenos complejos que integran dimensiones tecnológicas, territoriales e institucionales, y para analizar procesos donde la disponibilidad de datos cuantitativos es limitada. El diseño adoptado fue exploratorio descriptivo y combinando tres componentes metodológicos principales: (i) revisión bibliográfica sistemática, (ii) análisis documental y comparativo, y (iii) estudio de caso con observación participante.

La metodología se orientó en producir un análisis empleando la sistematización de literatura científica, documentos técnicos, informes institucionales y experiencias territoriales.

7.2 Área de estudio y unidad de análisis

El área de estudio correspondió al ecosistema textil y de confección del municipio de El Santuario. La unidad de análisis integró: (i) alternativas de valorización de residuos textiles; (ii) impactos ambientales, económicos y sociales vinculados a dichas alternativas; (iii) el proceso de articulación de actores involucrados en la gestión de residuos; y (iv) elementos de gobernanza asociados a la Política Pública del sector textil.

7.3 Fases del estudio

7.3.1 Fase 1- Revisión bibliográfica sistemática

La búsqueda se realizó en las bases de datos EBSCO y Textile Research Journal, seleccionadas por su especialización en publicaciones científicas del ámbito textil, ambiental y de sostenibilidad. Se emplearon como palabras clave los términos **textile waste valorization alternatives** y **circular economy**, combinados mediante el operador booleano AND.

Se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Tipo de documento: artículos de revisión (Review Articles) y de investigación (Research Articles).
- Áreas temáticas: Environmental Science, Engineering y Materials Science.
- Idioma: inglés.
- Periodo de publicación: 2020–2025.

La búsqueda inicial arrojó 433 artículos. Tras una primera depuración con base en el título, resumen y pertinencia temática, se seleccionaron 97 publicaciones para una revisión más detallada. De esta segunda selección, se examinaron en profundidad 16 artículos, de los cuales 14 cumplieron los criterios de relevancia y calidad metodológica definidos para este estudio.

También se incorporaron otros documentos consultados por su aporte conceptual que hacen parte de la literatura gris.

7.3.2 Fase 2 – Análisis cualitativo comparativo de alternativas

Ante la ausencia de información cuantitativa homogénea, se realizó un análisis comparativo cualitativo para contrastar beneficios, limitaciones y condiciones de aplicabilidad de las rutas mecánica, química/bioquímica y energética, incluyendo el proceso actual de disposición en vertedero. Este análisis permitió evaluar impactos ambientales, sociales y económicos, así como niveles de madurez tecnológica y jerarquía dentro de la economía circular.

El producto metodológico resultante fue una tabla comparativa cualitativa, utilizada como insumo central para la toma de decisiones del territorio.

7.3.3 Fase 3 – Estudio de caso y observación participante

Se desarrolló un estudio de caso basado en el proceso de articulación de actores del y se hace un breve contexto sobre el sector textil en el municipio. La investigadora participó mediante observación participante no estructurada durante todo el estudio, acompañando reuniones técnicas por un periodo aproximado de dos años.

La observación participante fue constante, no intrusiva y orientada a comprender las dinámicas reales de coordinación. Se registró información sobre roles, responsabilidades, avances del piloto de coprocesamiento, retos logísticos y vacíos institucionales.

Insumo documental adicional: Se analizaron informes internos elaborados por entidades participantes en el proceso territorial, incluidos aquellos consolidados en el marco del programa de transición circular.

7.3.4 Fase 4 – Revisión conceptual y construcción de criterios de gobernanza

El análisis de gobernanza se sustentó en una revisión bibliográfica focalizada en literatura académica sobre gobernanza territorial y gobernanza del proyecto, complementada con el documento institucional sobre la política pública del sector.

Siguiendo los lineamientos conceptuales de la gobernanza territorial, se formuló una propuesta para la construcción de criterios de gobernanza, en coherencia con el estado actual del proceso y con su necesidad de fortalecimiento institucional.

Los criterios se diseñaron articulando: (i) conceptos de gobernanza territorial; (ii) perspectivas de gobernanza del proyecto; (iii) hallazgos del estudio de caso; y (iv) vacíos institucionales identificados.

7.3.5 Fase 5 – Integración metodológica

Los insumos metodológicos generados en las fases anteriores se integraron mediante un análisis cualitativo, lo cual permitió consolidar una interpretación coherente del proceso territorial, las alternativas de valorización y los desafíos institucionales. Estos resultados se constituyen en un insumo técnico para orientar discusiones, análisis y futuras acciones en el marco de la gobernanza territorial.

8. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación organizados en correspondencia con los objetivos específicos planteados. En primer lugar, se exponen las alternativas tecnológicas de valorización textil identificadas en la literatura científica y sus

implicaciones ambientales, económicas y sociales. Posteriormente, se analizan los avances y desafíos del proceso de articulación de actores en el municipio de El Santuario y, por último, se propone un conjunto de criterios de gobernanza orientados a fortalecer la gestión integral de los residuos textiles en el territorio, partiendo desde un análisis de rutas tecnológicas a una lectura institucional y territorial, coherente con el enfoque integral del estudio.

8.1 Identificación de alternativas de valorización de residuos textiles en términos de sus beneficios económicos, ambientales y sociales

Siguiendo la metodología descrita anteriormente para la identificación de las alternativas de valorización de residuos textiles se seleccionaron artículos, que presentan una amplia diversidad de propuestas y que reúnen distintos enfoques y perspectivas, así como aspectos técnicos esenciales dependiendo la tipología de los residuos y de la ruta de valorización seleccionada.

En esta revisión de literatura emerge un elemento importante para hacer claridad sobre la tipología de residuos textiles; según Sanabria et al. (2023), los residuos textiles se clasifican en dos grandes grupos: los postindustriales, conformados por subproductos de hilados y tejidos generados durante los procesos de confección, y los posconsumos, que provienen de prendas de vestir, artículos para el hogar y otros productos que, tras su uso, son descartados. Esta diferenciación resulta importante para el contexto del municipio de El Santuario, dado el gran desarrollo del sector textil y confección, que genera altos volúmenes de residuos textiles.

A continuación, se hace descripción general de las tres rutas de valorización identificadas, siguiendo esta clasificación que diferentes autores plantean podemos encontrar una variada propuesta de tecnologías, pero que para el presente trabajo, el interés no es realizar una amplia

descripción de las tecnologías existentes, sino más bien identificar las implicaciones ambientales, económicas y sociales así como las limitaciones y potencialidades para su aplicabilidad.

8.1.1 Valorización mecánica

La valorización mecánica se centra en la recuperación física de los residuos textiles sin alterar su estructura molecular, permitiendo su reintegración como materia prima en nuevos productos. Según Baloyi et al. (2024) y Abrishami et al. (2023), esta modalidad comprende procesos de reciclaje mecánico como triturado, deshilachado, refibrilación y cardado, que transforman los residuos en fibras regeneradas o en materias primas secundarias. Ribul et al. (2021) señalan que este enfoque constituye la primera etapa del cierre del ciclo técnico dentro de la economía circular, ya que conserva el valor material, aunque con una pérdida gradual de calidad, la cual puede compensarse mediante la mezcla con fibras vírgenes o el empleo de tratamientos complementarios.

El reciclaje mecánico de fibras naturales como el algodón y la lana, están ampliamente consolidados, los residuos se trituran y compactan para fabricar láminas no tejidas, empleadas en aislamientos térmicos y acústicos, materiales compuestos o geotextiles. Las fibras recuperadas pueden rehilarse mediante procesos de anillo o rotor, o emplearse en nuevos tejidos y materiales compuestos. Empresas como Hilaturas Ferre (España) o Geotex™ han desarrollado tecnologías que permiten producir hilados con una proporción elevada de fibra reciclada, mejorando la eficiencia de este proceso (Baloyi et al., 2024).

En el caso de fibras sintéticas, se aplica el reciclaje termomecánico, que consiste en fundir materiales como nylon 6, poliuretano termoplástico, elastano o poliamida 6 (Ribul et al., 2021). Aunque tecnológicamente viable, este método no se ha escalado ampliamente por los

altos costos de inversión tecnológica, se reporta solo en casos aislados, como la empresa japonesa Teijin Fibras (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Este proceso presenta una ventaja energética significativa, ya que consume entre el 5 % y el 20 % de la energía utilizada para la producción de fibras vírgenes, lo que refuerza su eficiencia ambiental frente a otras rutas de valorización.

En el ámbito industrial, la innovación orientada a la sostenibilidad ha favorecido la recuperación de residuos preconsumo, especialmente en las etapas de corte y confección, donde pueden generarse hasta un 24 % de desperdicio textil (Butturi et al., 2025). La reincorporación de estos materiales homogéneos mejora la eficiencia de recursos y reduce la demanda de fibras vírgenes. Complementariamente, Espinoza-Pérez et al. (2024) demostraron mediante análisis de ciclo de vida (LCA) que los procesos industriales de reciclaje aplicados a residuos textiles domésticos e industriales, tanto para relleno (R1) como para obtención de hilo reciclado (R2), logran reducciones de hasta un 92 % en impactos sobre ecosistemas y un 80 % en daños a la salud humana, comparados con la producción de materiales vírgenes o su disposición final en vertederos. Estos resultados confirman los beneficios ambientales del reciclaje mecánico, siempre que se gestione bajo parámetros industriales eficientes.

Finalmente, Wojnowska-Baryła et al. (2023) y Baloyi et al. (2024) destacan que la optimización de la clasificación selectiva y la digitalización de los flujos de residuos son factores clave para escalar la valorización mecánica en el sector textil, y que la eficiencia del reciclaje en los residuos postindustriales, como los recortes de tela son más fáciles de procesar que los residuos posconsumo, los cuales presentan mayor complejidad por la variedad de colores, acabados y mezclas de fibras. No obstante, debido a la reducción progresiva en la calidad de las

fibras, esta ruta requiere complementarse con otras formas de valorización, como la química o energética, para mantener el flujo circular de materiales a largo plazo (Ribul et al., 2021).

8.1.2 Valorización energética

La valorización energética se orienta al aprovechamiento del contenido calorífico de los residuos textiles no reciclables, transformándolos en energía térmica, eléctrica o combustibles mediante diferentes tecnologías, es el caso de las fibras sintéticas que poseen un gran potencial energético por su poder calorífico similar al del plástico. Según Abrishami et al. (2024), esta ruta ocupa un lugar complementario dentro de la jerarquía circular, al intervenir cuando los residuos no pueden reincorporarse al ciclo material debido a limitaciones técnicas o económicas, estas alternativas permiten aprovechar el valor energético o biológico de los residuos y reducir su disposición en vertederos.

Según (Otero-Meza et al., 2025) entre las tecnologías más empleadas se encuentran la incineración con recuperación de energía (INC), la pirolisis y la gasificación, procesos termoquímicos que descomponen los residuos a altas temperaturas en condiciones de ausencia total o parcial de oxígeno. Estos generan gases combustibles, aceites y carbón sólido, que pueden aprovecharse para producir electricidad, calor o insumos industriales. En la pirolisis, los residuos sintéticos como el poliéster o el nylon se transforman en combustibles líquidos o materias primas químicas, mientras que la gasificación produce gas de síntesis (*syngas*), útil para la generación de energía térmica o eléctrica. La incineración con recuperación de energía es una tecnología consolidada, capaz de procesar una amplia gama de residuos y alcanzar eficiencias de conversión entre el 20 % y el 30 % (Otero-Meza et al., 2025).

Los avances recientes han mejorado el desempeño ambiental de las plantas de INC mediante la implementación de sistemas de combustión en lecho fluidizado, que aumentan la eficiencia térmica y reducen las emisiones al mantener una distribución uniforme de temperatura y una mejor mezcla de materiales de desecho (Otero-Meza et al., 2025). Aunque esta tecnología requiere infraestructura especializada y elevados costos de inversión, resulta una opción viable para el tratamiento de residuos heterogéneos o contaminados que no pueden ser procesados mediante reciclaje mecánico o químico.

Desde la perspectiva económica, Otero-Meza et al. (2025) señalan que la INC se vuelve más eficiente a medida que aumenta la escala del proyecto, ya que los costos de inversión por unidad de potencia instalada disminuyen de 28,99 millones USD/MW en plantas pequeñas (100 kW) a 1,49 millones USD/MW en instalaciones de 100 MW. Estas economías de escala mejoran la rentabilidad de la tecnología en proyectos de gran capacidad, aunque exigen sistemas avanzados de tratamiento de gases y manejo de cenizas, lo que incrementa los requerimientos técnicos y de mantenimiento.

8.1.3 valorización química y bioquímica

La valorización química y bioquímica comprende los procesos orientados a la recuperación de materiales textiles mediante la transformación molecular de sus polímeros, lo que permite reincorporarlos al ciclo productivo como materias primas secundarias. A diferencia del reciclaje mecánico, que conserva la estructura física de las fibras, estas rutas actúan sobre su composición química, posibilitando la obtención de polímeros o monómeros reutilizables en la producción de nuevas fibras de calidad equivalente a las vírgenes (Ribul et al., 2021). Aunque su

desarrollo industrial aún es limitado, estas tecnologías representan un campo de innovación creciente, impulsado por la búsqueda de métodos de reciclaje con mayor eficiencia y menor impacto ambiental.

Según Ribul et al. (2021), el reciclaje químico se divide principalmente en dos modalidades: el reciclaje de monómeros y el reciclaje de polímeros. En el primero, las cadenas poliméricas se descomponen para obtener los monómeros originales, que luego se reconstituyen mediante polimerización, dando lugar a fibras con calidad similar a las de origen virgen. Este proceso se aplica principalmente a fibras sintéticas como el PET y el nylon 6, y cuenta con experiencias industriales como la producción de la fibra ECONYL, elaborada a partir de redes de pesca y alfombras desechadas (Ellen MacArthur Foundation, 2017). Por su parte, el reciclaje de polímeros implica la disolución del material textil utilizando solventes específicos para luego regenerar las fibras por extrusión o hilado, ejemplos notables son el proceso Lyocell y el método Ioncell-F. Aunque los líquidos iónicos se consideran más sostenibles por su baja volatilidad y capacidad de reciclaje, su recuperación parcial y su elevado costo limitan aún su aplicación a gran escala. En los últimos años se han desarrollado proyectos piloto, como OnceMore™ (Södra) y Worn Again, orientados a separar químicamente las mezclas poliéster–algodón y recuperar tanto la fracción celulósica como la sintética (Ribul et al., 2021), lo que constituye un avance significativo hacia la circularidad del sector textil.

Los procesos bioquímicos o biobasados representan una evolución hacia tecnologías más compatibles con la seguridad ambiental, al reemplazar solventes agresivos por enzimas o microorganismos capaces de degradar selectivamente las fibras textiles. Así como lo refiere (Ribul et al., 2021). Estos métodos se agrupan en la categoría de despolimerización enzimática, en la cual las enzimas rompen las cadenas moleculares para liberar monómeros o compuestos

básicos. En los tejidos naturales como el algodón, las celulasas descomponen la celulosa en azúcares fermentables, y en la lana se emplean queratinasas para obtener aminoácidos aprovechables. En los materiales sintéticos, especialmente el poliéster (PET), presentan una resistencia mayor a la degradación biológica; sin embargo, el descubrimiento de la enzima PETasa, ha demostrado la posibilidad de depolimerizar el PET posconsumo en sus monómeros constituyentes, lo que abre la vía hacia un reciclaje cerrado mediante biotecnología.

En la descripción de las rutas bioquímicas que menciona Ribul et al. (2021) señala que estas requieren pretratamientos químicos o térmicos, que aumentan la accesibilidad de las fibras a la acción enzimática y mejoran la eficiencia de la hidrólisis, no obstante, los altos costos de las enzimas comerciales, la necesidad de reactores especializados y la baja concentración de los productos obtenidos continúan siendo obstáculos para su aplicación a escala industrial.

Es así como, las rutas química y bioquímica ilustran la transición tecnológica del sector hacia sistemas de reciclaje textil más circulares y ambientalmente seguros que permiten recuperar fibras de alta calidad mediante solventes regenerativos, soluciones bioquímicas, avances en biocatálisis y el desarrollo de microorganismos modificados genéticamente. Proyectándose esta ruta, como la próxima generación de tecnologías limpias, orientadas a reducir la toxicidad de los procesos y a aprovechar el potencial de la biotecnología en la valorización de residuos textiles (Ribul et al., 2021).

8.2 Consideraciones ambientales, económicas y sociales de las rutas de valorización textil

Buscando adoptar una visión integral de la valorización textil y comprender las interrelaciones entre los distintos actores y dimensiones que inciden en su sostenibilidad, se

realiza a continuación un análisis de las implicaciones ambientales, sociales y económicas, incluyendo la ruta actual de disposición de residuos en vertedero,

8.2.1 Aspectos ambientales

El análisis de las implicaciones ambientales de las rutas de valorización resulta esencial para comprender su papel en la transición hacia una economía circular en el sector textil. Cada enfoque mecánico, energético y químico-bioquímico, presenta beneficios diferenciados y limitaciones técnicas que condicionan su desempeño ambiental y su grado de contribución a la sostenibilidad del sistema productivo.

La valorización mecánica destaca por sus ventajas ambientales, ya que contribuye a prolongar la vida útil de los recursos y a disminuir la presión sobre los vertederos mediante la reincorporación de desechos textiles en nuevos productos (Baloyi et al., 2024). Según datos referidos por Ribul et al. (2021), citando a Schmidt et al. (2016), la producción de fibra de algodón virgen demanda aproximadamente 50 MJ/kg, mientras que el reciclaje mecánico requiere entre 2 y 10 MJ/kg para etapas de clasificación, lavado y transporte, y entre 0,2 y 0,9 MJ/kg para el triturado y cardado. Esto implica que el reciclaje mecánico utiliza solo entre el 5 % y el 20 % de la energía necesaria para producir fibra nueva, reduciendo significativamente el consumo energético y de la huella ambiental. No obstante, la dificultad para procesar mezclas complejas, como las combinaciones de poliéster y elastano, limita su eficiencia ambiental, ya que estos residuos suelen destinarse a procesos de valorización energética, con pérdida del valor material original (Baloyi et al., 2024).

La valorización energética, por su parte, contribuye a la reducción del volumen de residuos destinados a vertederos y al aprovechamiento del poder calorífico de los textiles, especialmente de los sintéticos, cuyo rendimiento energético es comparable al de los plásticos.

Según Otero Meza et al. (2025) tecnologías como la incineración con recuperación de energía, la pirólisis y la gasificación permiten la conversión de residuos en energía térmica, eléctrica o en insumos industriales, aunque su desempeño ambiental depende del control de emisiones y del tratamiento de gases residuales, por otro lado los avances tecnológicos como la combustión en lecho fluidizado han mejorado la eficiencia térmica y reducido las emisiones, consolidando esta tecnología especialmente en contextos urbanos donde el espacio para disposición final es limitado.

Por otro lado, la valorización química y bioquímica representa una de las vías más innovadoras dentro del campo de la sostenibilidad textil, Ribul et al. (2021) destacan que estos procesos posibilitan el cierre de ciclo, al permitir la transformación molecular de los residuos en nuevas materias primas sin pérdida significativa de calidad. sin embargo, el uso de disolventes potencialmente tóxicos limita su sostenibilidad ambiental. En cuanto al consumo de energía los datos citados por Ribul et al. (2021) citados en Schmidt et al. (2016), el reciclaje químico de poliéster requiere aproximadamente 12 MJ/kg, una cifra menor que la producción de poliéster virgen (más de 100 MJ/kg), pero superior al reciclaje mecánico. Las rutas bioquímicas basadas en la acción de enzimas que despolimerizan las fibras bajo condiciones moderadas de temperatura y energía se perfilan como alternativas de menor impacto, aunque con limitaciones asociadas al consumo energético en el pretratamiento y en los costos de producción de enzimas. Pese a ello, estas tecnologías emergentes constituyen un paso decisivo hacia procesos eficientes, más limpios y circulares.

Finalmente, revisando los impactos ambientales de la disposición de residuos en vertederos, encontramos que los rellenos sanitarios, diseñados para confinar los residuos de manera controlada, generan metano (CH₄) a través de la descomposición anaeróbica de la

materia orgánica (Sohoo et al., 2022). Este gas tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el dióxido de carbono (CO₂) (U.S. EPA, 2023), lo que contribuye al cambio climático. Por otro lado (Sanjrani, Gang, & Mirza, 2025) hace referencia a que la descomposición de textiles sintéticos puede tardar hasta 200 años. Además, estas fibras sintéticas no se biodegradan, sino que se fotodegradan; por lo tanto, los residuos de telas hechas con estas fibras han permanecido en nuestro entorno durante siglos, afectando la salud humana y la biodiversidad.

La revisión cuidadosa de los aspectos ambientales arriba descritos, aporta elementos importantes en la toma de decisiones que conduzcan a la gestión sostenible de los residuos textiles, teniendo en cuenta las condiciones del territorio.

8.2.2. Aspectos Económicos

Analizar las implicaciones económicas de las rutas de valorización textil es fundamental para evaluar no solo su viabilidad técnica, sino también su capacidad real de sostenerse en modelos productivos de economía circular y la capacidad de los sistemas de reciclaje para generar valor financiero, optimizar los recursos y fortalecer la sostenibilidad de los procesos productivos. Contemplando los beneficios directos derivados de la reutilización de materiales y la reducción de costos de disposición, los impactos indirectos relacionados con la innovación, el ecodiseño, la generación de empleo y la competitividad del sector (Cuc et al., 2015; Wojnowska-Baryła et al., 2023).

Un componente clave dentro de esta dimensión es la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que busca que los fabricantes asuman los costos del manejo de los residuos generados a lo largo del ciclo de vida del producto. Esta política, consolidada en Europa,

redistribuye responsabilidades entre productores, consumidores y autoridades, promoviendo modelos más sostenibles y financieramente viables (Ellen MacArthur Foundation, 2017). La REP, además de aliviar la carga económica de los sistemas municipales de gestión de residuos, introduce incentivos para el ecodiseño, la trazabilidad y la recuperación de materiales.

Desde el punto de vista económico, la valorización mecánica reduce la demanda de materias primas vírgenes y los costos de producción, al reincorporar residuos postindustriales en la cadena productiva. Sin embargo, la disminución de la calidad de las fibras recicladas limita su incorporación en tejidos de alto valor y reduce el margen comercial de los productos obtenidos, aún así, esta ruta impulsa mejoras tecnológicas e incrementa la eficiencia industrial del sector (Baloyi et al., 2024).

La valorización energética, por su parte, combina la recuperación de energía útil con la reducción de los costos de disposición final y muestra economías de escala favorables: la inversión de capital disminuye de 28,99 millones USD/MW en plantas pequeñas (100 kW) a 1,49 millones USD/MW en instalaciones de 100 MW, lo que mejora su rentabilidad a gran escala (Otero Meza et al., 2025). No obstante, los altos costos iniciales, la necesidad de infraestructura especializada y los requisitos regulatorios pueden restringir su implementación.

Las rutas química y bioquímica ofrecen un alto potencial de recuperación de materiales con calidad comparable a la de las fibras vírgenes y devuelven esos materiales al ciclo productivo, lo que refuerza la lógica circular. Sin embargo, su viabilidad económica sigue condicionada por los altos costos energéticos, el uso de solventes y enzimas costosos y la complejidad técnica de los pretratamientos, factores que hoy limitan su escalamiento industrial, se espera que la inversión en desarrollo tecnológico público y privado apunte a mejorar su

competitividad y su incorporación como rutas complementarias dentro de la economía circular (Ribul et al., 2021).

Así mismo, los métodos tradicionales de tratamiento de residuos también presentan desafíos económicos, los rellenos sanitarios requieren grandes extensiones de tierra (Aracil et al., 2018), por lo que, en áreas urbanas densamente pobladas, la disponibilidad de terrenos adecuados puede ser limitada. Por otro lado, las políticas públicas dan prioridad a la infraestructura tradicional de la economía lineal, para el caso de la gestión de residuos, se prioriza la alternativa de vertederos, invirtiendo recursos económicos importantes que se pierden, porque no hay ningún retorno de esta inversión, sumado a los costos de recolección y transporte de los residuos.

Aunque los artículos revisados no aportan suficientes datos sobre los costos económicos de la implementación de las diferentes tecnologías, sí señalan aspectos cualitativos clave para la resiliencia económica del sector textil hacia modelos productivos circulares.

8.2.3 Aspectos sociales

Respecto a las implicaciones sociales de las rutas de valorización textil es posible identificar beneficios sociales derivados de la vinculación de la gestión de residuos con objetivos de desarrollo sostenible, iniciativas como cooperativas de costureras, talleres de reparación, programas de formación y campañas de sensibilización ambiental promueven la participación ciudadana y la economía solidaria, generando empleo e impulsando cambios hacia un consumo más responsable (Wojnowska-Baryła et al., 2023).

En la valorización mecánica, la creación de empleo local en actividades de recolección, clasificación y reacondicionamiento de textiles refuerza la inclusión social y la sostenibilidad de

las comunidades (Baloyi et al., 2024). La valorización energética, por su parte, puede generar empleos indirectos en las etapas logísticas y de gestión, aunque su aceptación social enfrenta desafíos relacionados con la percepción negativa hacia la incineración, lo que exige estrategias de comunicación y diálogo comunitario (Otero Meza et al., 2025). Las rutas química y bioquímica implican una mayor especialización técnica y plantean retos éticos y de percepción pública, su consolidación dependerá de la formación de personal calificado y de políticas que garanticen la seguridad y aceptación social de estas tecnologías (Ribul et al., 2021).

En cuanto a los impactos sociales derivados de la disposición de los residuos textiles en vertederos, se observa que estos están estrechamente vinculados con los impactos económicos y ambientales. Por un lado, la ubicación de estos sitios representa una fuerte problemática para las poblaciones aledañas debido a la generación de olores, gases y a la contaminación del agua, afectando directamente la calidad de los factores ambientales que inciden en su calidad de vida. Esta situación suele ser más crítica en comunidades vulnerables asentadas en las periferias urbanas, donde la presencia de vertederos genera inconformidad y rechazo por parte de los habitantes, quienes se oponen a la instalación de este tipo de infraestructuras cerca de sus viviendas.

Finalmente, y después de realizar el análisis en conjunto, de las rutas tecnológicas y las implicaciones ambientales, sociales y económicas se evidencia la necesidad de comprender la valorización textil como un sistema interconectado, donde cada forma de aprovechamiento contribuye en distinto grado a la circularidad y a la sostenibilidad del sector, posibilitando que las estrategias de aprovechamiento sean sostenibles, rentables e inclusivas.

A continuación, se describen los aspectos ambientales, económicos y sociales relacionados con las rutas de valorización textil, incluyendo la disposición en vertederos, identificadas a partir de la revisión bibliográfica, En la tabla 1 se realiza el comparativo de dichos aspectos.

Tabla 1

Comparación de alternativas de valorización textil

Criterio de análisis	Valorización mecánica	Valorización energética	Valorización química y bioquímica	Disposición en vertedero (situación actual)
Procesos principales	Reciclaje físico mediante triturado, deshilachado, refibrilación y cardado.	Transformación térmica por incineración, pirólisis o gasificación con recuperación de energía.	Transformación molecular mediante disolución o despolimerización química/enzimática.	Depósito de residuos en rellenos sanitarios sin recuperación material ni energética.
Jerarquía en la economía circular	Nivel superior: conserva valor.	Nivel intermedio: recuperación energética.	Nivel avanzado: cierre de ciclo.	Nivel inferior: pérdida total de valor.
Condiciones de aplicabilidad	Requiere residuos homogéneos.	Adecuada para residuos mezclados.	Requiere tecnologías avanzadas.	Usada cuando no existe infraestructura de valorización.
Implicaciones ambientales	Bajo consumo energético.	Reduce volumen pero genera emisiones.	Reduce residuos; riesgo por solventes.	Genera metano; persistencia de textiles; lixiviados.
Implicaciones económicas	Reduce costos de materia prima, mejora eficiencia industrial.	Economías de escala; alta inversión. y mantenimiento especializado.	Altos costos operativos. potencial de retorno si se optimizan solventes y biocatalizadores.	Costos altos; sin retorno económico; requiere grandes extensiones.

Implicaciones sociales	Genera empleo local, impulsa inclusión laboral	Crea empleos indirectos, enfrenta percepción social negativa por incineración.	Requiere personal técnico, plantea retos éticos y de aceptación pública.	Impacta comunidades vulnerables; olores y contaminación.
-------------------------------	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

8.3 Descripción del proceso de articulación de actores del sector textil en el municipio de El Santuario

El municipio de El Santuario, Antioquia, es reconocido por el gran desarrollo del sector de la confección, con 292 registros de empresas en 2025, aunque el número real de personas dedicadas a esta actividad es mayor debido a la informalidad. El sector genera un reto significativo: la gestión de los residuos textiles, estos remanentes terminan en el relleno sanitario, lo que provoca impactos negativos en el medio ambiente, sobrecostos para los empresarios y para la Empresa de Servicios Públicos de El Santuario (EEPP), quien en 2023 realizó un estudio técnico indicando que el relleno solo tenía seis años más de vida útil, evidenciando la necesidad de implementar estrategias de aprovechamiento que incluyan diferentes tipologías de residuos.

Este panorama ha provocado la movilización de diferentes actores, liderados inicialmente por Foremsa Corporación para el Empleo y el Emprendimiento, que reúne a muchas de las empresas del sector. En 2019, impulsaron la adopción de la Política Pública para el Sector Textil, Confección, Diseño, Moda y Accesorios en el municipio de El Santuario, cuyo objetivo principal es promover la competitividad y productividad del tejido empresarial del sector. Fue precisamente a través de la mesa de esta política pública que se empezó a llamar la atención

sobre la necesidad de buscar alternativas para el manejo del gran volumen de residuos textiles que genera esta industria.

Durante el año 2021, se convoca a la Secretaría de Medio Ambiente y a la Empresa de Servicios Públicos para que, a través del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), se incluyera esta problemática como un tema prioritario a tratar dentro del comité técnico, del que hace parte también la Asociación de Recicladores Mil Colores, empresa que presta el servicio de aprovechamiento como componente del servicio de aseo y que además cuenta con el reconocimiento tarifario (Circulatam, 2025).

Este proceso ha presentado algunos avances significativos. En 2024, durante una reunión de la mesa técnica de la política de la confección, Comfama decidió apoyar al sector con la construcción de un modelo de negocio que incluyera criterios de sostenibilidad. Para ello, convocó a Circulatam, una empresa de consultoría especializada en el apoyo a las empresas para la transformación hacia la circularidad. Así se dio inicio al programa “Transición circular del sector textil y confección en el municipio de El Santuario”, cuyo objetivo es acompañar a las empresas en la formulación de un modelo de negocio circular (Circulatam, 2025).

Se plantearon objetivos específicos que incluyeron el mapeo del flujo de valor de las empresas, la identificación de estrategias de monetización, la implementación de indicadores de gestión y la ejecución de un piloto conforme a los resultados obtenidos durante el proceso.

Este trabajo comenzó inicialmente con la participación de 5 empresas del sector textil, pero gracias al apoyo de diversas entidades, su alcance se extendió para incluir 10 empresas adicionales. El desarrollo del programa se organizó en dos fases: en la primera, Comfama financió la participación de 5 empresas del sector textil. En la segunda fase, el programa se amplió con el cofinanciamiento de Comfenalco y la Cámara de Comercio del Oriente

Antioqueño (CCOA), bajo el programa Fábricas de Productividad y Sostenibilidad, incorporando 10 empresas más, completando así la participación de 15 empresas en el programa.

Uno de los principales resultados del acompañamiento realizado por Circulatam fue la obtención de datos confiables de las empresas participantes, relacionados con los tipos de fibras y textiles empleados, así como el peso de los residuos generados mensualmente. En esta fase se pudo evidenciar que la mayoría de textiles para la confección empleados eran de composición sintética: poliéster y elastano. Por otro lado, respecto al volumen de residuos generados, se encontró que este dependía del tamaño de las empresas, la época del año y los productos elaborados. Complementario a esto, se llevó a cabo un análisis de las prácticas internas de manejo de residuos, a partir del cual se formularon recomendaciones generales orientadas a mejorar los procesos de separación y disposición adecuada de los residuos. (Circulatam, 2025).

Sumado a esto, se observó que, en términos generales, las empresas involucradas ya implementan buenas prácticas en la separación de residuos aprovechables como papel, plástico y cartón, los cuales son entregados a la asociación de recicladores, lo que constituye un avance significativo en materia de gestión ambiental dentro del sector.

Respecto al desarrollo del piloto, cuyo objetivo es consolidar los hallazgos para extender la vida útil del relleno mediante la valorización energética de los residuos textiles, actualmente se encuentra en fase de ejecución, con 14 toneladas de textiles recolectadas, a la espera de ser procesadas y enviadas a una empresa cementera.

Como parte del análisis de los resultados que se ha dado hasta ahora, (Circulatam, 2025), menciona que es posible identificar algunos retos y oportunidades sobre los aprendizajes derivados de esta experiencia.

8.3.1 Oportunidades estratégicas

- Aprovechamiento energético de residuos textiles: El creciente interés de las empresas cementeras en sustituir el 30% del carbón por combustibles no convencionales, como los Combustibles Derivados de Residuos (CDR), ofrece una oportunidad inmediata. Los análisis de laboratorio confirmaron que los textiles desechados en El Santuario poseen un alto valor energético, lo que los hace aptos para este uso.
- Articulación público-privada: La colaboración entre actores públicos (Administración Municipal, Empresa de Servicios Públicos), privados (Circulatam, Project Plast, empresas de confección) y el sector asociativo (Asociación Mil Colores) ha permitido visibilizar el problema y buscar soluciones conjuntas.
- Desarrollo de nuevas etapas del programa: Una segunda etapa, que incluiría a 35 empresas adicionales, permitirá obtener información con validez estadística sobre volúmenes, peso, tamaño y composición de los residuos. Esta información será crucial para atraer recursos de cooperación nacional e internacional.
- Apoyo de la autoridad ambiental: La participación de la autoridad ambiental Cornare, que ha manifestado su interés en financiar estudios diagnósticos, representa una oportunidad clave para formular nuevas alternativas de aprovechamiento de los residuos textiles en etapas futuras.

8.3.2 Retos operativos y de gestión

- Elevados costos logísticos: La operación enfrenta altos costos de transporte, recolección, almacenamiento y procesamiento de los residuos. Para lograr la escalabilidad

del piloto, es fundamental obtener información precisa sobre estos costos y negociar precios con la empresa cementera.

- Informalidad del sector: La alta informalidad en el sector de la confección dificulta la estimación precisa del número real de generadores y volúmenes de residuos. Esto representa un desafío para la recolección de datos confiables y para la difusión y escalamiento del modelo propuesto.

- Necesidad de rutas de recolección especializadas: Para optimizar la logística, se requiere la creación de una ruta de recolección exclusiva para los residuos textiles y otros materiales aptos para CDR.

- Negociación con la cementera: Es necesario negociar de manera efectiva los precios y volúmenes de residuos requeridos por la empresa cementera para garantizar la viabilidad económica del piloto y del futuro modelo.

- Gestión de recursos financieros: para terminar de procesar las 14 toneladas de textiles ya recolectadas, estos costos deben ser cubiertos para que puedan ser enviados a la cementera, permitiendo obtener información clave y negociar las condiciones de la alianza.

Finalmente, es importante resaltar la suma de esfuerzos entre actores públicos y privados interesados en trabajar este tema, esto ha permitido visibilizar al municipio no solo como un referente en el sector textil y de confección, sino como un líder en la búsqueda de soluciones y alternativas para el aprovechamiento de residuos textiles, y aunque la solución de usar CDR es viable y necesaria a corto plazo, es temporal, ya que el principal reto a largo plazo es proyectar un modelo de reciclaje textil a textil, especialmente para fibras sintéticas, a medida que mejoren las tecnologías.

En conjunto, esta experiencia evidencia que, aunque el municipio ha logrado avances importantes en la articulación de actores y en la generación de información útil para la toma de decisiones, persisten vacíos relacionados con la continuidad institucional, la definición de responsabilidades y la sostenibilidad de los procesos. Estas brechas confirman la necesidad de fortalecer los mecanismos de coordinación y contar con criterios de gobernanza que orienten la consolidación de un modelo de gestión más estable y articulado.

En la siguiente tabla se muestran los participantes y sus contribuciones dentro del programa “Transición circular del sector textil y confección en el municipio de El Santuario.”

La tabla 2 ofrece una síntesis de la participación que han tenido los actores institucionales que hacen parte del ecosistema textil del municipio en relación con la gestión de residuos sólidos.

Tabla 2

Síntesis de actores institucionales del ecosistema textil del municipio

Participantes	Contribución
Sector de la Confección 15 empresas: Rosa Mia, Ecoelsa, Cavitex, Sarai, Orientex, Macotexco, Imagen Textil, Confecciones Lizcar, Iluama, Grupo CDS, Cenit, Cavitex, Madetex, Coomunelsa	Generación de residuos textiles posindustriales han formado parte en el programa de "Transición circular" para desarrollar un modelo de negocio.
Foremsa - Corporación para el Empleo y el Emprendimiento	Lidera la movilización de diferentes actores públicos y privados, impulsó la adopción de la Política Pública para el Sector Textil.

Empresa de Servicios Públicos de El Santuario (EPP)	Presta el servicio de aseo, recolecta los residuos textiles y los dispone en el relleno sanitario municipal. Hace parte del comité técnico PGIRS.
Administración Municipal de El Santuario	La Secretaría de Medio Ambiente, lidera en el municipio el Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). La Oficina De Desarrollo Económico apoya al sector textil y de confección
Asociación de Recicladores Mil Colores	Presta el servicio de aprovechamiento y hace parte del comité técnico del PGIRS. Se encargo de la recolección y el transporte de los residuos textiles para el piloto.
Comfama	Entidad que acompaña al sector empresarial, Cofinanció cinco empresas en la primera fase del proyecto.
Comfenalco	Cofinanció dos empresas en la segunda fase del programa "Transición circular"
Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño (CCOA)	Cofinanció 8 empresas en la segunda fase, bajo el programa "Fábricas de Productividad y Sostenibilidad".
Circulatam	Empresa consultora encargada de construir el modelo de negocio circular, ha estado a cargo de coordinar y articular todo el proceso
Empresa Cementera	participará en el piloto para recibir y utilizar los residuos textiles como combustible alternativo en sus procesos de combustión
Proyect Plast	Participa en el acondicionamiento de los residuos textiles, antes de ser entregados a la cementera
Cornare (Autoridad Ambiental)	Manifiesta interés en financiar los estudios diagnósticos para la formulación de una alternativa de aprovechamiento de los residuos textiles.

Fuente: elaboración propia

8.4 Propuesta de criterios de gobernanza para acelerar la transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles en el municipio de El Santuario

En respuesta al cuarto objetivo específico, esta sección presenta la propuesta de criterios de gobernanza para orientar la gestión integral de los residuos textiles en el municipio de El Santuario. Para ello, se retoman y articulan los elementos conceptuales de la gobernanza territorial, los lineamientos de la política pública local y las brechas identificadas en el funcionamiento del ecosistema textil, con el fin de construir una base institucional que facilite la implementación y continuidad de las alternativas de valorización analizadas en los apartados anteriores.

8.4.1 Fundamentos de Gobernanza para la propuesta de criterios

La gobernanza se ha posicionado como un enfoque fundamental para analizar cómo se gestionan los asuntos públicos en contextos donde múltiples actores intervienen simultáneamente en la toma de decisiones. A diferencia del modelo tradicional de “gobierno” basado en jerarquías estatales, la gobernanza pone el énfasis en los procesos de coordinación, cooperación y corresponsabilidad entre actores públicos, privados y comunitarios, quienes participan en la orientación del desarrollo social, económico y ambiental (Rosas-Ferrusca, Calderón-Maya & Campos-Alanís, 2013). Esta perspectiva reconoce que los problemas contemporáneos, especialmente aquellos vinculados a la sostenibilidad, exceden la capacidad de acción unilateral de los gobiernos y requieren marcos de interacción más horizontales y flexibles.

Su origen se relaciona con la noción de gobernabilidad, entendida como la capacidad del Estado para conducir a la sociedad en condiciones de estabilidad, cohesión y legitimidad. Sin embargo, la gobernanza amplía este concepto al integrar la participación activa de otros actores, señalando que la dirección colectiva de un territorio se construye mediante redes, acuerdos y mecanismos de coordinación que trascienden el ámbito gubernamental (Aguilar, 2007).

En este marco ha adquirido relevancia la gobernanza territorial, definida como la articulación coordinada entre niveles de gobierno, sectores productivos, organizaciones sociales y ciudadanía para orientar el desarrollo de un territorio y gestionar sus recursos y conflictos de manera cooperada (Farinós, 2008). Este enfoque integra dimensiones verticales (relaciones multinivel), horizontales (coordinación interinstitucional y multisectorial) y participativas (incidencia de la ciudadanía y actores locales), fundamentales para analizar la capacidad de un territorio para implementar políticas sostenibles e inclusivas.

En síntesis, la gobernanza constituye una herramienta conceptual y operativa clave para analizar la calidad de los procesos colectivos de toma de decisiones. Su relevancia para este estudio radica en que permite evaluar la legitimidad, articulación y continuidad de las acciones emprendidas por el sector textil de El Santuario, así como orientar la formulación de criterios que fortalezcan un futuro plan de acción asociado a la gestión sostenible y circular de los residuos textiles.

8.4.2 Política Pública para el Sector Textil, Confección, Diseño, Moda y Accesorios del municipio de El Santuario

Se presenta una revisión de La Política Pública para el Sector Textil, Confección, Diseño, Moda y Accesorios del municipio de El Santuario, adoptada mediante el Acuerdo Municipal 07 de 2019, la cual constituye el marco rector que orienta el desarrollo del sector bajo principios de sostenibilidad ambiental, responsabilidad social y gobernanza participativa. Su creación respondió al crecimiento acelerado de la industria local y a la necesidad de articular directrices

estratégicas que fortalecieran la competitividad del sector, integrando innovación, sostenibilidad y una coordinación efectiva entre actores públicos, privados y comunitarios.

En términos ambientales, la política incluye elementos normativos claros, el Artículo 3 establece como objetivo específico promover la responsabilidad y el desarrollo sostenible en el sector (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 3). Este compromiso se refuerza en el Artículo 5.b, que adopta el lineamiento de Responsabilidad Social y Desarrollo Sostenible (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 5.b), e impulsa la reducción de impactos ambientales mediante prácticas productivas responsables. El Artículo 5.e reconoce la importancia de que la infraestructura empresarial incorpore criterios ambientales dentro de su planificación y operación (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 5.e). Desde un enfoque tecnológico, el Artículo 6.b promueve la adopción de tecnologías avanzadas que favorezcan la eficiencia y la disminución de residuos (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 6.b). Finalmente, el Artículo 11.3 introduce estímulos para las empresas que logren transformar o valorizar residuos textiles (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 11.3), estos artículos establecen propuestas que configuran un mecanismo directo para fomentar la economía circular. La gobernanza constituye otro eje estructural de la política, el Artículo 4.b establece el principio de corresponsabilidad entre Estado, empresas, academia y comunidad (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 4.b). El Artículo 6.d desarrolla este principio al plantear la gobernanza como soporte estratégico (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 6.d), promoviendo articulación institucional y comunicación permanente. Los Artículos 7, 8 y 9 establecen mecanismos de seguimiento, informes periódicos y control democrático (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Arts. 7–9), asegurando legitimidad y coherencia. La creación de la Mesa del Sector Textil, definida en el Artículo 12 (Concejo Municipal de El Santuario, 2019, Art. 12),

constituye el eje de articulación multisectorial.

Este marco institucional se ha complementado con avances prácticos que han dinamizado el proceso de transición hacia la circularidad, a través del programa 'Transición Circular del Sector Textil y Confección', liderado en 2024 por Comfama y ejecutado por Circulatam, cuyos avances y resultados están detallados con mayor profundidad en el desarrollo del objetivo número tres, donde se expone que diversos actores del territorio: Foremsa, la Empresa de Servicios Públicos de El Santuario (EEPP), la Secretaría de Medio Ambiente, la Asociación de Recicladores Mil Colores, Cornare, Comfama, Comfenalco, la Cámara de Comercio del Oriente Antioqueño (CCOA), Circulatam, entre otras, han venido trabajando para construir un ecosistema colaborativo que ha promovido diagnósticos, ejercicios de simbiosis industrial, fortalecimiento empresarial y procesos de innovación, acciones que evidencian la madurez del proceso y la capacidad del municipio para integrar prácticas de economía circular.

La convergencia entre los lineamientos de la política pública y las prácticas actuales del territorio demuestra que El Santuario se encuentra en una fase propicia para formular criterios de gobernanza que consoliden y aceleren la transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles. Esta necesidad se da por la evolución misma del territorio y del fortalecimiento de sus actores, formalizar roles, procesos, mecanismos de articulación y principios de coordinación permitirá estructurar un plan de acción sólido, orientado a garantizar continuidad, coherencia institucional y capacidad operativa.

En síntesis, la articulación entre la política pública, las directrices ambientales, los mecanismos de gobernanza y los avances colaborativos recientes constituye la base para proponer criterios de

gobernanza que potencien el liderazgo del municipio y consoliden su transición hacia la economía circular textil.

8.4.3 Propuesta de matriz de criterios de gobernanza para la formulación del plan de acción

La formulación de esta matriz responde a las brechas identificadas tanto en la política pública vigente como en el funcionamiento real del ecosistema textil del Santuario. Aunque la política establece principios y lineamientos, carece de un plan de acción operativo que articule responsabilidades, mecanismos de toma de decisiones, continuidad institucional y, especialmente, un sistema formal para la gestión y disponibilidad de información confiable sobre los residuos textiles. La experiencia reciente del municipio, incluyendo el acompañamiento de Circulatam, Comfama y otros actores, evidencia avances importantes, pero también la alta dependencia de voluntades individuales, esfuerzos aislados y la ausencia de datos actualizados y ampliamente validados. En este contexto, los criterios propuestos permiten estructurar de manera coherente los elementos institucionales, participativos y ambientales necesarios para orientar un futuro plan de acción adaptado al territorio.

Es importante precisar que el presente objetivo no busca formular un plan de acción definitivo, sino establecer los criterios fundamentales que permitirán su desarrollo en una fase posterior, aportando a la construcción de un marco de gobernanza sólido, pertinente y contextualizado, que sienta las bases para una toma de decisiones más estructurada y sustentada en datos confiables. La matriz aquí presentada constituye, por tanto, un instrumento preliminar, estratégico y adaptativo que orienta la futura formulación de un plan, pero no pretende reemplazar la fase operativa que deberá realizarse con información más robusta, participación ampliada y validaciones institucionales adicionales.

Brechas identificadas en la gobernanza territorial y la política pública del Santuario

- Ausencia de un plan de acción derivado de la política pública.
- Falta de definición de grupos de interés y roles formales.
- Dependencia de voluntades individuales y esfuerzos aislados.
- Ausencia de un sistema municipal de información sobre residuos textiles.
- Débil articulación entre las dimensiones ambiental, productiva y social.
- Falta de continuidad institucional entre administraciones municipales.
- Vacíos en la institucionalización de mecanismos de decisión y coordinación.

En coherencia con el análisis realizado, la formulación de los criterios de gobernanza se fundamenta no solo en la identificación de las brechas institucionales evidenciadas en el territorio, sino también en los planteamientos conceptuales que destacan el papel de la gobernanza en la efectividad de los procesos colectivos. Como señalan Durango-Yepes & Díaz-Peláez (2024), la gobernanza del proyecto influye directamente en sus resultados, especialmente cuando incorpora mecanismos de gestión sostenible y un compromiso activo de los actores involucrados. Esta perspectiva sustenta la necesidad de establecer criterios de gobernanza que fortalezcan la articulación institucional, reduzcan la dependencia de voluntades individuales y orienten el proceso hacia una mayor continuidad, sostenibilidad y efectividad en la gestión de los residuos textiles en el municipio de El Santuario.

Contribución de los criterios propuestos a la transición circular del sector textil:

- Fortalecen la coordinación entre actores, condición esencial para la circularidad.
- Incorporan la gestión de información como eje central para decisiones basadas en evidencia.

- Promueven la continuidad y sostenibilidad del proceso más allá de ciclos políticos.
- Integran la dimensión ambiental en la toma de decisiones.
- Consolidarán una estructura institucional más legítima y articulada.
- Permiten que el plan futuro se construya sobre bases sólidas de participación y cooperación.

A continuación, la tabla 3 presenta una síntesis de los criterios de gobernanza descritos en este capítulo.

Tabla 3

Matriz de criterios de gobernanza

Criterio de gobernanza	Descripción operativa
Asignar una instancia formal responsable de la gobernanza del plan	Formalizar el órgano encargado de coordinar y supervisar la formulación e implementación del plan.
Definir funciones y responsabilidades de los actores	Establecer roles claros para empresas, recicladores, entidades públicas, ambientales y aliados del ecosistema textil.
Identificar coincidencias, ausencias y duplicaciones de roles	Realizar un mapeo institucional que permita reconocer superposiciones de funciones, vacíos de responsabilidad y redundancias en el sistema de gobernanza.
Analizar capacidades de ejecución entre escalas local y municipal	Evaluar recursos técnicos, administrativos y operativos disponibles en ambos niveles para determinar la viabilidad real de ejecución del plan.
Establecer mecanismos de coordinación interinstitucional	Crear canales, protocolos y dinámicas de articulación permanente entre instituciones y actores involucrados.
Establecer un sistema consensuado de toma de decisiones	Definir reglas, procedimientos y criterios para decisiones colectivas legítimas.

Designar un coordinador operativo del plan	Nombrar un responsable técnico que asegure continuidad y articulación.
Establecer mecanismos de seguimiento y monitoreo	Crear indicadores, formatos y periodicidades de evaluación que permitan controlar y ajustar el avance del plan.
Identificar brechas de gobernanza	Analizar limitaciones en articulación, capacidades, recursos, liderazgo, normativa y participación que puedan impedir la implementación del plan.
Fomentar comunicación interna fluida y transparente	Asegurar circulación oportuna de actas, reportes y acuerdos entre los actores del proceso.
Movilizar y asegurar sostenibilidad de recursos	Diseñar estrategias de financiación público-privada que garanticen recursos técnicos, logísticos y financieros.
Diseñar mecanismos de continuidad institucional	Establecer acuerdos y anclajes institucionales que aseguren que el plan continúe durante cambios administrativos.
Gestionar y fortalecer la información del flujo de residuos textiles	Consolidar un sistema que permita recopilar, actualizar y validar datos sobre generación, composición y destinos de residuos textiles.

Componente: Participación y grupos de interés

Criterio de gobernanza	Descripción operativa
Involucrar activamente a los grupos de interés	Garantizar participación informada y permanente de empresas, recicladores, entidades públicas y actores comunitarios.
Promover relaciones colaborativas entre actores	Fomentar sinergias, acuerdos y redes de cooperación entre sectores públicos, privados y sociales.
Establecer canales formales y frecuentes de comunicación externa	Crear medios formales y periódicos de información y retroalimentación con los actores externos al proceso.
Incorporar responsabilidades socioambientales y económicas de las empresas	Integrar criterios ambientales, sociales y económicos en las decisiones del sector empresarial.
Reconocer conocimientos técnicos y operativos de los actores	Valorar e integrar los saberes locales y técnicos de recicladores, empresas y entidades ambientales.
Incorporar procesos de educación y formación	Implementar programas de capacitación orientados a fortalecer capacidades en circularidad y sostenibilidad.

Componente: Gestión sostenible y circular	
Criterio de gobernanza	Descripción operativa
Incorporar criterios ambientales en la toma de decisiones	Integrar impactos ambientales en la priorización de acciones.
Priorizar valorización y reducción de residuos	Orientar el plan hacia prevención, reutilización, reciclaje y coprocesamiento.
Integrar huella ambiental y huella de carbono	Evaluar alternativas con métricas ambientales objetivas.
Incorporar opinión y experiencia de la comunidad	Incluir percepciones y saberes del territorio.
Garantizar gestión y trazabilidad de los residuos	Definir rutas claras, registros y controles verificables.
Identificar tecnologías y alianzas sostenibles	Explorar herramientas tecnológicas y alianzas que impulsen la circularidad.
Aplicar criterios de ciclo de vida	Evaluar impactos desde origen hasta valorización o disposición final.

Fuente: elaboración propia.

9. Discusión

La formulación de las bases para la implantación de una estrategia de transición hacia una gestión sostenible y circular de los residuos textiles en El Santuario exige comprender la relación entre capacidades tecnológicas, dinámicas territoriales y estructuras de gobernanza. A partir del desarrollo de los cuatro objetivos específicos, los hallazgos revelan que ninguno de estos componentes opera de manera aislada; por el contrario, su interacción determina la viabilidad real de avanzar hacia la circularidad.

En los dos primeros objetivos, la revisión de literatura permitió identificar tres grandes rutas de valorización: mecánica, química/bioquímica y energética (Ribul et al., 2021; Abrishami et al., 2023). Esto implica examinar minuciosamente las condiciones de aplicabilidad de estas

tecnologías, lo mismo que las implicaciones sociales ambientales y económicas con el fin de evaluar estos criterios a luz de las condiciones del territorio.

Aunque inicialmente se proyectó un análisis cuantitativo más profundo, la limitada disponibilidad de datos comparables llevó a adoptar un enfoque cualitativo, a través del cual fue posible conocer beneficios, limitaciones y niveles de madurez tecnológica en términos ambientales, sociales y económicos, pero al mismo tiempo, esto sugiere la necesidad de contrastar los dos tipos de datos, para realizar análisis rigurosos y predecir efectos a mediano y largo plazo.

La valorización mecánica destaca por su potencial circular, y su amplia implementación a nivel nacional para el tratamiento de residuos de algodón, sin embargo en cuanto a las fibras sintéticas aún no se cuenta con tecnologías aplicadas a gran escala, lo que sugiere la priorización del análisis de oportunidades de valorización para este tipo de residuos, esto coincide con los resultados del piloto y con lo expresado por los empresarios, quienes señalaron que el poliéster es el material más usado, en este sentido, la discusión debe centrarse en el fortalecimiento de las alternativas para residuos sintéticos, que hoy constituyen la prioridad para avanzar en la gestión sostenible.

la valorización química representa un horizonte tecnológico avanzado y prometedor, proyectándose como la próxima generación de tecnologías limpias, orientadas a reducir la toxicidad de los procesos y a aprovechar el potencial de la biotecnología en la valorización de residuos textiles (Ribul et al., 2021), sin embargo, los altos costos y requerimientos de infraestructura, la sitúan como una tecnología de mediano a largo plazo. Por otro lado, la valorización energética, particularmente el coprocesamiento, surge como una alternativa transitoria para residuos no reciclables.

No obstante, la comprensión técnica de las rutas de valorización, adquiere sentido cuando se contrasta con la realidad territorial, El Santuario cuenta con un ecosistema textil consolidado y una articulación destacada entre entidades públicas, privadas y comunitarias. La Política Pública de Confección (Acuerdo 07 de 2019) ofrece un marco orientador, pero uno de los hallazgos más relevantes del estudio es que esta política carece de un plan de acción formalizado y que los avances observados, como la recolección de 14 toneladas para el piloto de coprocesamiento y la caracterización de residuos en 15 empresas, han sido posibles gracias a esfuerzos voluntarios y articulación informal que deben formalizarse para garantizar la continuidad del proceso.

Esto muestra que la principal brecha es institucional: no existe un sistema de información municipal sobre residuos textiles, ni mecanismos permanentes de coordinación, seguimiento o toma de decisiones, en consecuencia, no es posible recomendar una tecnología única en esta fase, la viabilidad depende de factores logísticos, económicos, organizacionales y de gobernanza que aún requieren fortalecimiento.

La profundización en el análisis de la brecha identificada, se hizo mediante la formulación de criterios de gobernanza basados en la coordinación, corresponsabilidad, reglas colectivas y continuidad institucional (Rosas-Ferrusca et al., 2013). Estos criterios apuntan a transformar la articulación existente en un sistema formal que pueda materializarse, con la definición y construcción de un plan de acción para la política pública, que a su vez garantice estabilidad del proceso, fortalezca la gestión y soporte decisiones basadas en evidencia.

la fuerte articulación existente entre los diferentes actores es una oportunidad excepcional, pero requiere un andamiaje de gobernanza fuerte que asegure continuidad más allá de los ciclos administrativos, aprovechando, además que hoy el sector textil del municipio cuenta

con una política pública, y que muchas de las grandes empresas del sector tienen presencia en el municipio.

10. Conclusiones

La gestión de los residuos textiles en el municipio de El Santuario enfrenta una serie de desafíos técnicos, económicos e institucionales que requieren un enfoque integral para avanzar hacia modelos de sostenibilidad y economía circular.

El análisis realizado permitió identificar tres rutas principales de valorización (mecánica, energética y química/bioquímica) cuyas implicaciones ambientales, sociales y económicas difieren notablemente, dadas las características de cada tecnología y de la tipología de residuos.

El estudio del proceso de articulación de actores permitió evidenciar avances importantes, como la consolidación de alianzas público-privadas, sin embargo, persisten brechas estructurales relacionadas con la continuidad institucional, que limitan la capacidad del territorio para consolidar un modelo estable.

A partir de estos hallazgos, surgió la necesidad de proponer criterios de gobernanza que constituyen una base estratégica para la formulación de un futuro plan de acción que permita integrar de manera coherente las alternativas de valorización y avanzar hacia un sistema textil verdaderamente circular.

Por otro lado, se reconoce la importancia de que futuras investigaciones profundicen en la generación y análisis de datos cuantitativos que permitan medir con mayor precisión los impactos ambientales, sociales y económicos de las rutas de valorización lo que permitirá

mejorar la toma de decisiones, evaluar comparativamente distintas alternativas y diseñar estrategias más ajustadas a las condiciones reales del municipio.

Finalmente, este estudio evidencia que la sostenibilidad del sector textil en El Santuario depende no solo del desarrollo tecnológico, sino también y de manera decisiva, de la capacidad institucional y colectiva para coordinar esfuerzos, sostener procesos y consolidar una visión compartida de largo plazo, posicionando al sector textil como modelo de sostenibilidad a nivel nacional abriendo nuevas oportunidades de negocio en mercados con mayores exigencias de responsabilidad social y ambiental.

11. Referencias

- Aguilar Villanueva, L. F. (2007). *El aporte de la política pública y la nueva gestión pública a la gobernanza*. Ponencia presentada en el XII Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Santo Domingo, República Dominicana.
- Aracil, C., Haro, P., Fuentes-Cano, D., & Gómez-Barea, A. (2018). Implementation of waste-to-energy options in landfill-dominated countries: Economic evaluation and GHG impact. *Waste Management*, 76, 443-456. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.039>
- Butturi, M. A., Neri, A., Mercalli, F., & Gamberini, R. (2025). Sustainability-oriented innovation in the textile manufacturing industry: Pre-consumer waste recovery and circular patterns. *Environments*, 12(3), 82. <https://doi.org/10.xxxxxx>
- Cayeros Altamirano, S. E., Robles Zepeda, F. J., & Soto Ceja, E. (2020). Cadenas productivas y cadenas de valor. *EDUCATECONCIENCIA*, 10(11), 6–12. <https://doi.org/10.58299/edu.v10i11.238>

- Choudhury, A. K. (2014). Environmental Impacts of the Textile Industry and its Assessment Through Life Cycle Assessment. In Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing, Environmental and Social Aspects of Textiles and Clothing Supply Chain (pp. 1-29). Serampore, Bengala Occidental: Springer.
- Circulatam. (2025). *Informe técnico del programa Transición Circular – Sector textil del municipio de El Santuario* [Manuscrito no publicado].
- Colombia Productiva. (2024). *Estudio de la línea base de materiales y residuos generados por la cadena textil y confección en Colombia*. <https://bit.ly/3ZUj73A>
- Concejo Municipal de El Santuario. (2019). *Acuerdo No. 07 de 2019. Por medio del cual se adopta la Política Pública para el Sector Textil, Confección, Diseño, Moda y Accesorios en el municipio de El Santuario–Antioquia*. Alcaldía Municipal de El Santuario.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá, Colombia.
- Durango Yepes, C. M., & Díaz Peláez, A. (2024). Revisando la relación entre Gobernanza del proyecto y éxito del proyecto: el papel moderador de la gestión del proyecto sostenible y el compromiso de los stakeholders. *Pensamiento & Gestión*, (56), 111–140. <https://doi.org/10.14482/pege.56.457.691>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation. (2024). *Ampliación de los límites de la política de REP para el sector textil*.
- Espinoza-Pérez, L. A., Espinoza-Pérez, A. T., & Vásquez, O. C. (2024). Life cycle assessment of alternatives for industrial textile recycling. University of Santiago of Chile (USACH), Faculty of Engineering, Program for the Development of Sustainable Production Systems (PDSPTS).

- European Environment Agency (EEA). (2021). Textiles and the environment in a circular economy. EEA Report No. 14/2021. <https://www.eea.europa.eu>
- Farinós, J. (2008). Gobernanza territorial para el desarrollo sostenible: estado de la cuestión y agenda. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (46), 11–32.
- Huerta Herrera, A. P., & Irrazabal Carbajal, D. A. (2019). *Análisis de la economía circular aplicada a la industria textil para la fabricación de textiles a partir de residuos textiles pre y post consumo* (Trabajo de investigación). Universidad Católica de San Pablo.
- Juanga-Labayen, J. P., Labayen, I. V., & Yuan, Q. (2022). A review on textile recycling practices and challenges. *Textiles*, 2(1), 174–188. <https://doi.org/10.3390/textiles2010010>
- Kuryk, A. (2022). *Nuevos materiales ecoeficientes basados en la revalorización de residuos del sector textil* [Tesis de maestría]. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/185850>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente). (2018). *Estrategia Nacional de Economía Circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. http://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%20B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio (Decreto 1077 de 2015)*. <https://www.minvivienda.gov.co>
- OECD. (2016). *Extended Producer Responsibility: Updated Guidance for Efficient Waste Management*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264256385-en>
- Orozco Mazo, A. (2022). *Diagnóstico de la gestión y manejo de residuos textiles en Medellín con el fin de establecer estrategias de aprovechamiento a Empresas Varias de Medellín S.A. E.S.P.* (Trabajo de grado). Universidad de Antioquia.

- Otero Meza, D. D., Cabello Eras, J. J., & Salcedo Mendoza, J. G. (2025). *Diseño de una herramienta metodológica para la evaluación integral y selección de alternativas de valorización energética de residuos sólidos municipales* (1.ª ed.). Editorial Unisucre.
- Pérez, C. (2018). *Manejo de residuos sólidos del sector textil en Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Prieto Sandoval, J. V. (2024). *Análisis de sostenibilidad de empresas de la industria de la moda en Colombia a través de un modelo de estudio de casos múltiples*. Bogotá D.C., Colombia.
- ProColombia. (2023). *Industria Textil Colombiana y su crecimiento a través de la innovación y la competitividad*. <https://procolombia.co/colombiatrader/exportador/articulos>
- Quintero Castro, D. (2022). *Aporte a la economía circular de la industria de la moda en Colombia, a partir del análisis de la generación de residuos, usos actuales y posibles alternativas de manejo* (Trabajo de grado). Universidad de los Andes.
- Ribul, M., Lanot, A., McQueen-Mason, S. J., Tommencioni Pisapia, C., & Baurley, S. (2021). Mechanical, chemical, biological: Moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129310
- Robles-Camargo, J. C., Hincapié-Corredor, P. T., & Ariza-Murillo, L. F. (2024). Caracterización de los residuos textiles posindustriales en Bogotá. *DYNA*, 91(232), 166–171. <https://doi.org/10.15446/dyna.v91n232.112205>
- Rodríguez Sanguino, L. A. (2022). *La economía circular y la gestión integral de residuos con objeto de valorización energética: reflexiones del caso colombiano y alemán* (Tesis de maestría). Universidad Externado de Colombia.
- Rosas-Ferrusca, F. J., Calderón-Maya, J. R., & Campos-Alanís, H. (2013). Elementos conceptuales para el análisis de la gobernanza territorial. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 15(2), 91–112.

- Sacristán Vega, L. B., & Urrego Arias, E. (2022). *Programa de reciclaje textil como herramienta para el aprovechamiento y valorización de residuos en la ciudad de Bogotá* (Trabajo de grado). Universidad Externado de Colombia.
- Sanabria, A., et al. (2023). *Informe de consultoría para la gestión del residuo textil en la línea estratégica de recuperación y valorización del proyecto Red Moda Circular en Bogotá* (Versión final). Universidad Javeriana.
- Sandin, G., & Peters, G. M. (2018). Environmental impact of textile reuse and recycling. *Journal of Cleaner Production*, 184, 351–358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.250>
- Sanjrani, M. A., Gang, X., & Mirza, S. N. A. (2025). *A review on textile solid waste management: Disposal and recycling*. *Waste Management & Research*, 43(4), 522–539. <https://doi.org/10.1177/0734242X241257093>
- Sohoo, I., Ritzkowski, M., Guo, J., Sohoo, K., & Kuchta, K. (2022). Municipal Solid Waste Management through Sustainable Landfilling: In View of the Situation in Karachi, Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph19020773>
- U.S. EPA. (2023). IPCC AR4, AR5, and AR6 20-, 100-, and 500-year GWPs. <https://catalog.data.gov/dataset/ipcc-ar4-ar5-and-ar6-20-100-and-500-year-gwps>
- Wojnowska-Baryła, I., Kulikowska, D., & Bernat, K. (2023). Circular management of textile waste: Toward digital traceability and sustainable recycling. *Sustainability*, 15(2), 1345. <https://doi.org/10.xxxxxx>