

Análisis del uso de tecnologías limpias en la industria textil en Colombia

Analysis of the use of clean technologies in the Colombian textile industry

Jose Luis Avilez Leal¹

Jose.avilez00@usc.edu.co

Eliana Cristina Mosquera¹

Eliana.mosquera01@usc.edu.co

Jose Alejandro Lasso Bolaños¹

Jose.lasso02@usc.edu.co

Lina Mariana Rodríguez-Jiménez²

linarodriguez00@usc.edu.co

**Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Tecnología en Gestión de Procesos Industriales (1)
Ingeniera Sanitaria PhD, Docente Facultad de Ingeniería. Universidad Santiago de Cali (2)**

Resumen

La industria textil en Colombia enfrenta grandes desafíos ambientales, como la emisión de gases de efecto invernadero y el alto consumo de agua. Estos problemas se agravan con el modelo de fast fashion, que sobrecarga los recursos naturales y genera grandes cantidades de residuos. A través de la implementación de tecnologías limpias, la industria puede reducir su impacto ambiental, mejorar su eficiencia energética y cumplir con las regulaciones ambientales. El objetivo principal de este estudio se centra en el análisis de tecnologías sostenibles en Colombia, los retos que enfrenta y sus beneficios tanto para el medio ambiente como para la economía. Se utilizó un enfoque descriptivo y documental para analizar el estado de la industria textil y su relación con las tecnologías limpias, además, se empleó un análisis bibliométrico y sistemático que permitió conocer, detallar y comparar tendencias, publicaciones e impactos de la temática antes mencionada, donde figura la contaminación de fuentes hídricas como la mayor problemática a erradicar, la alta necesidad de implementar mayor número de sistemas de reutilización y reciclaje de materias primas y el uso responsable de los recursos naturales.

Palabras Clave: Industria textil, Colombia, tecnologías limpias, sostenibilidad, economía circular, fast fashion, producción limpia, impacto ambiental.

Abstract

The textil industry in Colombia faces major environmental challenges, such as greenhouse gas emissions and high water consumption. These problems are aggravated by the fast fashion model, which overloads natural resources and generates large amounts of waste. Through the implementation of clean technologies, the industry can reduce its environmental impact, improve its energy efficiency and comply with environmental regulations. This study focuses on the analysis of these sustainable technologies in Colombia, the challenges it faces and its benefits for both the environment and the economy. A descriptive and documentary approach was used to analyze the state of the textile industry and its relationship with clean technologies. In addition, a bibliometric and systematic analysis was used to understand, detail and compare trends, publications and impacts of the aforementioned topics, where the contamination of water sources appears as the greatest problem to be eradicated, the high need to implement a greater number of systems for the reuse and recycling of raw materials and the responsible use of natural resources.

Keywords: Textile industry, Colombia, clean technologies, sustainability, circular economy, fast fashion, clean production, environmental impact.

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil en Colombia enfrenta serios desafíos ambientales que demandan atención inmediata, siendo responsable de más del 8% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial, lo que agrava el problema del cambio climático. (Muskus, 2020). Las emisiones de CO₂ en la industria textil provienen principalmente de la producción de materias primas, como el algodón, que requiere para su fabricación, el consumo de recursos como agua, energía y combustible, que, durante el proceso, generan la emisión de gases de efecto invernadero (Salas & Condorhuaman, 2014).

La producción de ropa requiere enormes cantidades de agua; por ejemplo, se necesitan alrededor de 2,720 litros para fabricar una sola camiseta, lo que pone en riesgo los recursos hídricos del mundo, las fibras sintéticas, como el poliéster, liberan micropartículas de plástico al ser lavadas, lo que contamina ríos y océanos (Muskus, 2020). El aumento en la demanda de productos textiles también implica un mayor consumo de recursos naturales, como agua y energía, lo que sobrepasa la capacidad de muchos ecosistemas (Carrera, 2017).

En lo que respecta consumir otros recursos, como materias primas, la situación es crítica, porque de acuerdo con Salas & Condorhuaman (2014), la industria textil requiere pieles, cueros, lanas, fibras, pinturas, entre múltiples materiales que como cualquier recurso, son limitados, y esto ocasiona que haya escasez, y se generen impactos medioambientales, como el hecho de la fuente de obtención del cuero, que depende de la producción ganadera o según el animal, y para que estos animales lleguen a la etapa de sacrificio, generan alto impacto al medio ambiente con contaminación por desechos, alimentación o hidratación, así, indirectamente la industria textil afecta el medio ambiente, la disponibilidad de recursos hídricos y la contaminación de ecosistemas, siendo un sistema circular donde la industria textil tiene participación.

En ese sentido amplio, hay una situación aún más crítica que se ha popularizado en el siglo XXI, y es el consumo masivo y de corta duración para productos textiles. En Colombia, el modelo de Fast Fashion se ha popularizado en los últimos años (Andrade et al., 2022), de acuerdo con Dzhengiz et al. (2023) consiste en una estrategia de producción y comercialización en la industria textil que prioriza la creación rápida y constante de prendas, replicando tendencias de moda a bajo costo y en tiempos reducidos, con el fin de ofrecer colecciones nuevas con gran frecuencia, fomentando el consumo masivo y la obsolescencia programada, ligado a una baja calidad durante el proceso de fabricación, para que el consumidor compre muchas ropa, constantemente, y esta este programada para ser obsoleta y/o dañarse en un periodo relativamente corto, inferior a 9 meses de uso.

Las principales características del Fast Fashion incluyen producción acelerada, ciclos de moda cortos y precios accesible, sin embargo, esta tendencia no es positiva, porque ocasiona impactos negativos que van desde lo social hasta lo ambiental, generando grandes volúmenes de desechos textiles y al mismo tiempo promueve condiciones laborales precarias en países donde la mano de obra es de menor costo, como países del continente asiático; además, contribuye a la contaminación ambiental, especialmente por el uso intensivo de recursos y químicos para producir colores, estampados o estilos “innovadores” que caracterizan esta industria (Feng et al., 2024).

Debido a lo anterior se resalta la importancia de implementar prácticas más sostenibles en la industria textil colombiana (Muskus, 2020), porque no solo representa una acción responsable hacia el medio ambiente, sino que también es una táctica crucial para fomentar un desarrollo económico sostenible en el país (Carrera, 2017). Adoptar tecnologías limpias es crucial hoy en día por sus múltiples beneficios: disminuyen los impactos ambientales, mejoran la eficiencia energética, reducen costos operativos, y optimizan la gestión de recursos naturales. (Fu et al., 2018). Cumplir con regulaciones ambientales y fortalecer la reputación empresarial son otros beneficios (Castaño & Arias, 2019), porque una empresa que está dentro de los parámetros legales, y al mismo tiempo demuestra a sus clientes que tiene buenas prácticas de trabajo, con certificaciones y estándares, genera un impacto positivo para promover la compra al ver que resalta frente a otras empresas.

De igual forma, la implementación de estas tecnologías también impulsa la innovación empresarial, la competitividad y responde a la creciente demanda de productos sostenibles, favoreciendo un desarrollo empresarial responsable y una economía sostenible. (García et al., 2022). Además, el uso de dichas tecnologías se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), según Escobar et al. (2023), afirma los ODS que se ven más afectados en la industria textil y que repercuten directamente con el cumplimiento de los objetivos para la agenda del 2030, son: el objetivo 13: Acción por el

clima, objetivo 12: Producción y consumo responsables y el objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico. De acuerdo con su investigación, es ahí donde la industria textil presenta más falencias.

La industria textil colombiana enfrenta varios retos importantes para adoptar prácticas de moda sostenible, en primer lugar, hay una falta de promoción y apoyo para iniciativas sostenibles, lo que dificulta la implementación de materiales y procesos renovables, además, la industria necesita transformar sus métodos de producción, lo que implica un esfuerzo considerable para reducir su impacto ambiental. (Acosta, 2022). Otro desafío es la necesidad de educar y concienciar a los consumidores, quienes deben ser vistos como participantes activos en la cadena de valor. Esto significa que no solo deben demandar productos, sino también exigir prácticas éticas y sostenibles (Nariño & González, 2023).

De acuerdo con lo anterior, la industria textil en Colombia tiene la necesidad de implementar tecnologías limpias y sostenibles que optimicen sus procesos productivos (Nariño & González, 2023), lo cual podría ser un beneficio para las empresas, contribuyendo al desarrollo económico y ambiental del país. Para llevar a cabo este trabajo, se empleó un enfoque descriptivo de investigación y un método documental (Hernández & Mendoza, 2020). El objetivo principal fue obtener información detallada sobre el uso de tecnologías limpias en la industria textil colombiana. El documento está estructurado en las siguientes secciones: i) Contextualización de la industria textil en Colombia, y su relevancia para la sostenibilidad ambiental del país, ii) Materiales y métodos: Metodología del análisis bibliométrico, incluyendo la revisión de documentos académicos y científicos (literatura) pertinente al tema, iii) resultados que incluyen todos los hallazgos y la comparativa entre estos y iv) conclusiones para sintetizar los hallazgos en función del desarrollo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Enfoque de la investigación

Para la realización de este artículo, se usó un enfoque descriptivo que tiene como finalidad proporcionar una visión detallada y clara de cómo la industria textil en Colombia está adoptando tecnologías limpias y sostenibles, así como identificar los desafíos y oportunidades asociados con estas prácticas (Hernández & Mendoza, 2020). Este enfoque permite documentar y analizar el estado actual de la industria textil en relación con la sostenibilidad, destacar los beneficios de las tecnologías limpias, y ofrecer una base sólida para futuras investigaciones o propuestas de mejora, a través de la descripción minuciosa de estos aspectos (Albán et al., 2020).

2.2. Análisis Bibliométrico

El análisis bibliométrico constituye una herramienta que posibilita un examen sistemático de la producción científica, facilitando la identificación de modelos, tendencias evolutivas e impacto de las investigaciones en un área específica (Duque et al., 2021). Este estudio empleó un análisis bajo la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses), de acuerdo con investigaciones como la de González-Castillo et al. (2023) y Sarker & Bartok (2024), para examinar el uso de tecnologías limpias en la industria textil colombiana. Utilizando la base de datos Scopus, Scielo, Dialnet, EBSCO y Google Scholar, se llevó a cabo una búsqueda de artículos científicos publicados entre 2014 y 2024.

2.3. Criterios de Selección de Fuentes

Los criterios se basaron en los estudios previos de acuerdo a la guía PRISMA, siendo:

- Se seleccionaron estudios, artículos y publicaciones que aborden específicamente el uso de tecnologías limpias y sostenibles en la industria textil.
- Se seleccionaron artículos en idioma español, portugués e inglés.
- Se consideraron fuentes publicadas en los últimos 10 años para asegurar que la información esté actualizada y refleje las tendencias y avances más recientes en el sector.

- Se priorizaron publicaciones en revistas académicas de alto impacto y estudios realizados por instituciones reconocidas, tanto nacionales como internacionales.
- Se incluyeron únicamente fuentes que estuvieran accesibles a través de bases de datos confiables y repositorios digitales reconocidos, como los de la Universidad Santiago de Cali, Scopus, Dialnet, Scielo, EBSCO, y Google Scholar.
- Se seleccionaron estudios que incluyan análisis de la industria textil tanto en Colombia como en otros países con condiciones comparables, para ofrecer un contexto más amplio y relevante.

2.4. Procedimiento de recolección de datos

El Procedimiento de recolección de datos basado en los documentos de Torres et al. (2019) y Useche et al. (2019) puede estructurarse de la siguiente manera:

- Definición del tema y palabras clave:

Se definió el tema central del estudio, centrado en el uso de tecnologías limpias en la industria textil. A partir de esto, se seleccionaron palabras clave relevantes como "tecnologías limpias", "industria textil", "sostenibilidad", "Colombia", "impacto ambiental", "fast fashion", entre otras.

2.5. Criterios de Inclusión y Exclusión

Se establecieron criterios de inclusión como la actualidad de las publicaciones (últimos 10 años), relevancia temática (enfocadas en tecnologías limpias en la industria textil), y calidad metodológica (estudios con metodología clara y sólida).

Se excluyeron estudios que no se enfocaran en la industria textil o que no abordaran la sostenibilidad y el uso de tecnologías limpias.

2.5.1. Revisión de fuentes secundarias:

Además de las publicaciones académicas, se revisaron informes y publicaciones de instituciones gubernamentales y organizaciones no gubernamentales (ONGs) relacionadas con la sostenibilidad y la industria textil en Colombia.

2.5.2. Organización de la información:

Se utilizó un software de gestión bibliográfica, como Mendeley para mantener un registro de todas las fuentes, sus citas, y las anotaciones pertinentes.

2.5.3. Herramientas para el análisis bibliométrico

Se utilizó la herramienta VOSviewer para realizar el análisis bibliométrico, el cual permite visualizar las relaciones entre los autores, palabras clave y temas de investigación.

Para crear mapas bibliométricos y visualizar las redes de autores, palabras clave, y citas, se utilizó VOSviewer y se analizan los datos según como se parametrize la herramienta.

2.5.4 Análisis estadístico

Para identificar las principales tendencias de investigación sobre tecnologías limpias en la industria textil, se realizó un análisis estadístico utilizando el paquete *Bibliometrix* en el software R Statistical Computing, versión 4.3.1® (R Core Team, 2023). Se analizó el conjunto de datos de los artículos obtenidos en la búsqueda de las bases de datos.

El análisis bibliométrico incorporó dos enfoques estadísticos complementarios:

- Mapa temático (*Thematic Map*): Se empleó el método de agrupamiento mediante análisis de clústeres (basado en k-means clustering) aplicado sobre una matriz de coocurrencia de palabras clave de autor (*Author Keywords*). Los temas se representaron en un espacio bidimensional, evaluando su densidad (nivel de desarrollo interno) y centralidad (importancia para la estructura general del campo de estudio).

- Análisis factorial de correspondencias múltiples (*Multiple Correspondence Analysis*, MCA): Se realizó un análisis de reducción de dimensiones que permite representar de forma gráfica la estructura de las palabras clave, agrupándolas según su proximidad semántica. Este análisis facilita la identificación de agrupaciones temáticas (clústeres) relevantes y emergentes.

Todos los resultados estadísticos se representaron gráficamente en diagramas bidimensionales para facilitar la interpretación de las tendencias y relaciones entre temas de investigación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis bibliométrico de las tendencias de investigación sobre la industria textil y PML en Colombia

A continuación, se presenta el diagrama de PRISMA para la recolección de los artículos utilizados para el análisis bibliométrico (Figura 1)

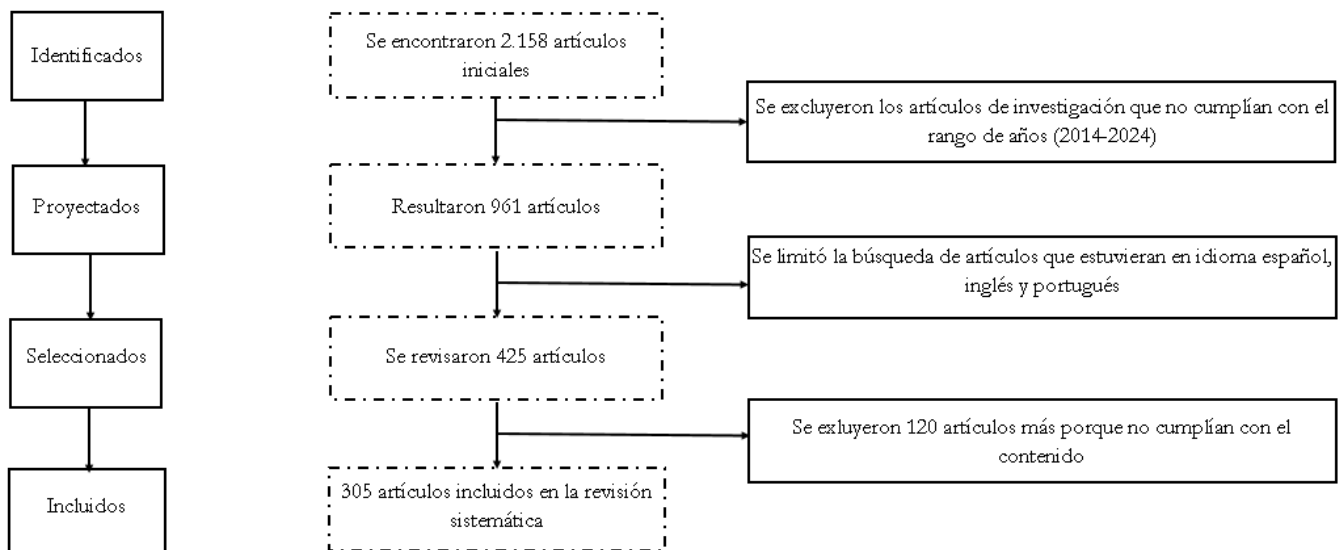


Figura 1. Metodología conforme a los elementos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA).

Fuente: Elaboración propia.

Para alcanzar estos resultados, en la base de datos Scopus se usó la siguiente ecuación de búsqueda: *clean AND technologies AND in AND the AND textile AND industry, y fashion AND industry*, se encontraron 2.158 artículos y documentos de investigación relacionados con el tema. De la base de datos de Scopus se exportaron finalmente 305 artículos en formato CSV y se cargaron en el VOSviewer, lo cual arrojó el siguiente mapa – (Figura 2) donde los artículos más predominantes durante la búsqueda fueron “*plastic apparel*”, que traduce ropa de plástico, como un concepto que se la da a la ropa moderna que es desechable, y que de acuerdo con Dzhengiz et al. (2023) no tiene más de 6 a 9 meses de uso hasta cumplir la totalidad de su vida útil, ropa que se alinea hacia los enfoques y objetivos del Fast Fashion.

Otras palabras encontradas fueron *Sustainability* y *fashion industry*, que, han predominado desde 2021, lo que quiere decir que previo a este año, eran pocos los artículos frente a este tema, sin embargo, a medida que pasa el tiempo, este tema cobra mayor relevancia, siendo en 2023 cuando más publicaciones, búsquedas y análisis se realizaron frente a este tema tan preocupante de la industria textil, que, además afecta el medio ambiente y el desarrollo social.

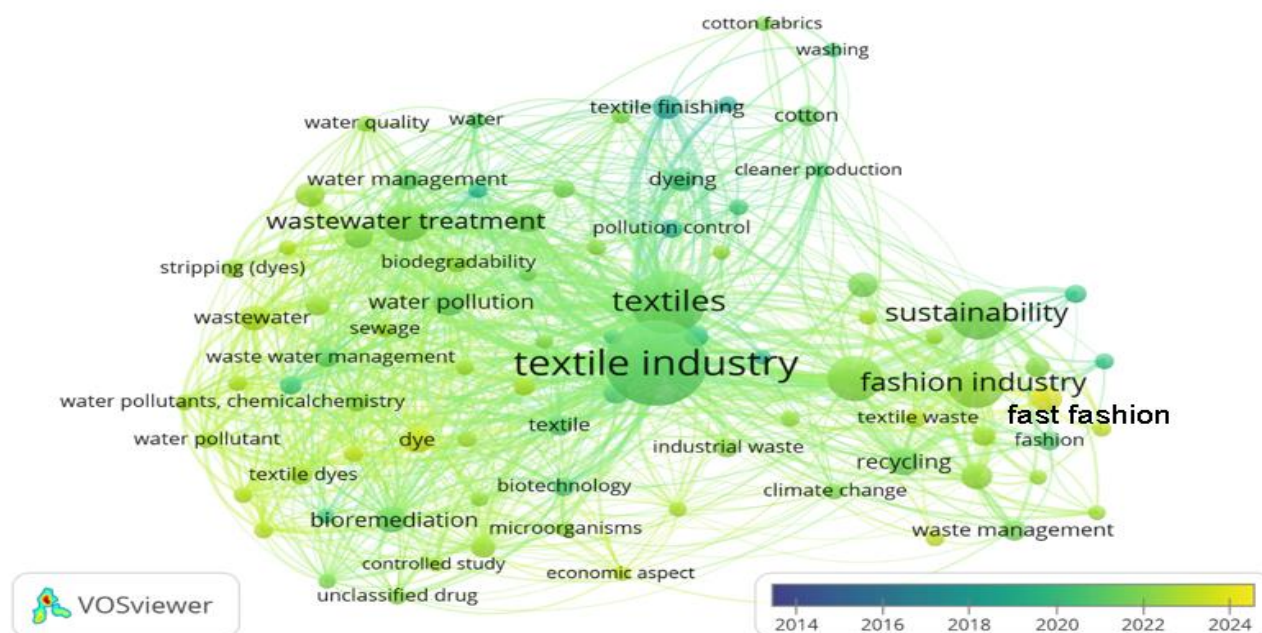


Figura 2. Mapa relación de palabras clave

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y VOSviewer 1.6.20.

En Scopus, la evolución de estudio frente al tema fue evidente, hacia 2021, empezaron a realizarse aproximaciones, donde algunos investigadores empezaron a poner sobre la mesa el concepto de “ropa de corta duración”, y calidad de textiles, posteriormente, hacia 2022 se empezó a hablar mucho de la industria de la moda, y el concepto “fashion”, como una moda que siguen principalmente, jóvenes por tendencias, y ya hacia 2023 y 2024 fue evidente el salto, con publicaciones masivas frente al tema de ropa de baja calidad, “Fast Fasion” y todos los temas relevantes al consumismo en la industria textil por prendas cuya vida útil no superaba los 9 meses de duración Dzhengiz et al. (2023). Así como también se evidencia una importante tendencia en el año 2024, con un alto número de artículos de investigación referente a temas como la gestión de aguas residuales y contaminación de las fuentes hídricas.

Por otro lado, de los 305 artículos seleccionados, se encontraron que 154 documentos hablaban netamente de temas relacionados con implementación de tecnologías limpias en la industria textil. Con la información antes mencionada, nace el interés de conocer aquellos países y territorios que presentan mayor número de artículos y temas de investigación frente a la temática de tecnologías limpias en el sector textil. A continuación, se presenta el mapa de la distribución geográfica de publicaciones en un rango de tiempo (2014-2024), donde, además, se permite evidenciar la baja presencia de recursos y publicaciones en países Latinoamericanos frente a estos temas de estudio. (Figura 3) –

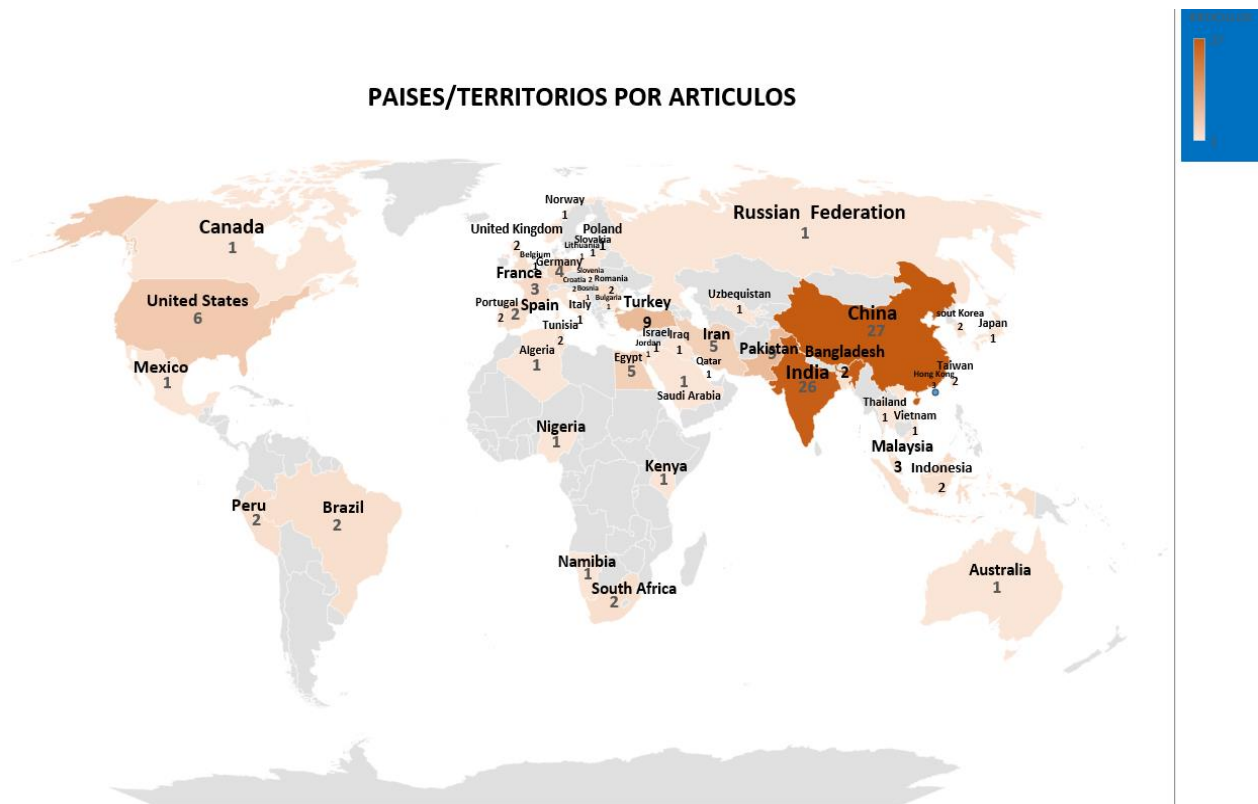


Figura 3. Mapa documentos publicados por país/territorio

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus

Se evidencia que, en el continente asiático se concentra la mayor cantidad de artículos publicados frente a la temática de tecnologías limpias en la industria textil, abarcando un 58%. Países europeos como Turquía, Francia y Alemania muestran aportes significativos frente a la temática, logrando posicionar al continente con un equivalente del 24% de artículos generados. Sin embargo, se evidencia la escasa presencia de artículos en países de América y África, ambos continentes suman una participación de solo el 16% del total de artículos encontrados, siendo Estados Unidos y Egipto los territorios que mayor número presentan.

Por otro lado, a través de la base de datos Scielo, se realiza la búsqueda de artículos con la temática “Industria textil”, y se logra percibir una importante panorámica y un amplio número de países latinoamericanos que muestran interés por generar documentos y temas de estudio científico frente a este sector manufacturero. A continuación se muestra la distribución geográfica en territorios de Latinoamérica y del Caribe (Figura 4). –



Figura 4. Mapa documentos publicados por país/territorio

Fuente: Elaboración propia a partir de Scielo

Se observa una amplia distribución de artículos en mayor parte del territorio, especialmente una alta producción en América del Sur, países como Brasil y Argentina, representan el 30% y 13% respectivamente, esto sugiere una considerable participación académica y científica. En Centroamérica, se percibe una baja concentración, siendo Cuba y Costa Rica los únicos países presentes, aportando una suma del 4% del total de documentos. Sin embargo, existen varios territorios con muy bajo número de artículos, siendo el caso de Venezuela y Paraguay. Además, otros países grandes en términos de territorio y población como México y Colombia tienden a tener un significativo número de publicaciones que podrían estar relacionados con la presencia de más instituciones académicas y/o recursos dedicados a la investigación.

En la Figura 5 se presenta el Mapa Temático, donde se observa que los términos “bioremediation”, “dye” y “nonhuman” se ubican en el cuadrante de temas motores (alta relevancia y alto desarrollo), indicando su importancia estratégica actual en la investigación relacionada con la industria textil y el tratamiento de residuos contaminantes. Su elevada centralidad y densidad sugiere que son tópicos bien integrados y avanzados dentro del campo.

El cuadrante de temas básicos revela conceptos como “textiles”, “textile finishing”, “dyeing”, “cotton”, “water pollution” y “wastewater treatment”. Estos términos son esenciales para el área, aunque presentan un nivel de especialización relativamente moderado. Esto implica que, si bien son ampliamente investigados, podrían beneficiarse de desarrollos metodológicos o tecnológicos adicionales para consolidar su madurez temática.

Por otro lado, los temas posicionados en el cuadrante de temas emergentes o en declive, como “biotechnology”, “temperature” y “pollution”, reflejan áreas que están en fases iniciales de desarrollo o que podrían estar perdiendo relevancia frente a nuevas tendencias. No obstante, su exploración podría abrir oportunidades de innovación, especialmente considerando los avances recientes en biotecnología aplicada al tratamiento de efluentes textiles.

Finalmente, en el cuadrante de temas de nicho, destacan términos como “biodegradability”, “adsorption”, y “water management”. Estos temas, si bien muestran alta especialización técnica, presentan menor conexión con el cuerpo central de investigación, sugiriendo campos potenciales de investigación interdisciplinaria o aplicaciones específicas en la remediación de aguas contaminadas.

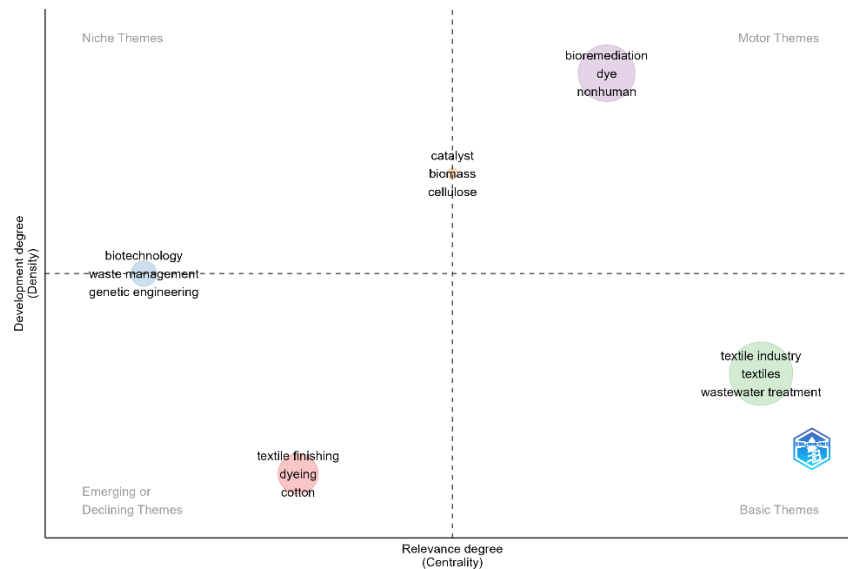


Figura 5. Mapa temático de las tendencias de investigación basado en análisis de densidad y centralidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y Bibliometrix

El Análisis Factorial de Correspondencias Múltiples (Figura 6) permitió visualizar la proximidad y relación entre los términos más relevantes. La primera dimensión (Dim 1) explica el 70.97 % de la variabilidad, asociada principalmente a la diferenciación entre términos de tratamiento de aguas residuales y contaminantes (*wastewater treatment, pollutant removal, sewage*) y términos orientados a procesos productivos textiles (*textile finishing, dyeing, cotton*).

La segunda dimensión (Dim 2), que representa el 9.34 % de la variabilidad, diferencia términos asociados a aspectos técnicos del tratamiento, como “biodegradability” y “water management”, de términos relacionados con procesos industriales convencionales como “costs” y “temperature”.

Se evidencian agrupamientos claros:

- Un clúster orientado al tratamiento de aguas residuales (*wastewater, pollutant removal, coloring agent*).
- Un clúster asociado a la industria textil tradicional (*textile finishing, dyeing, cotton, dyes*).
- Y un grupo más emergente relacionado con biotecnología ambiental (*bioremediation, lignin, biotechnology*).

La presencia de términos como “human” y “nonhuman” sugiere una expansión del interés hacia aspectos ecotoxicológicos y efectos sobre organismos vivos.

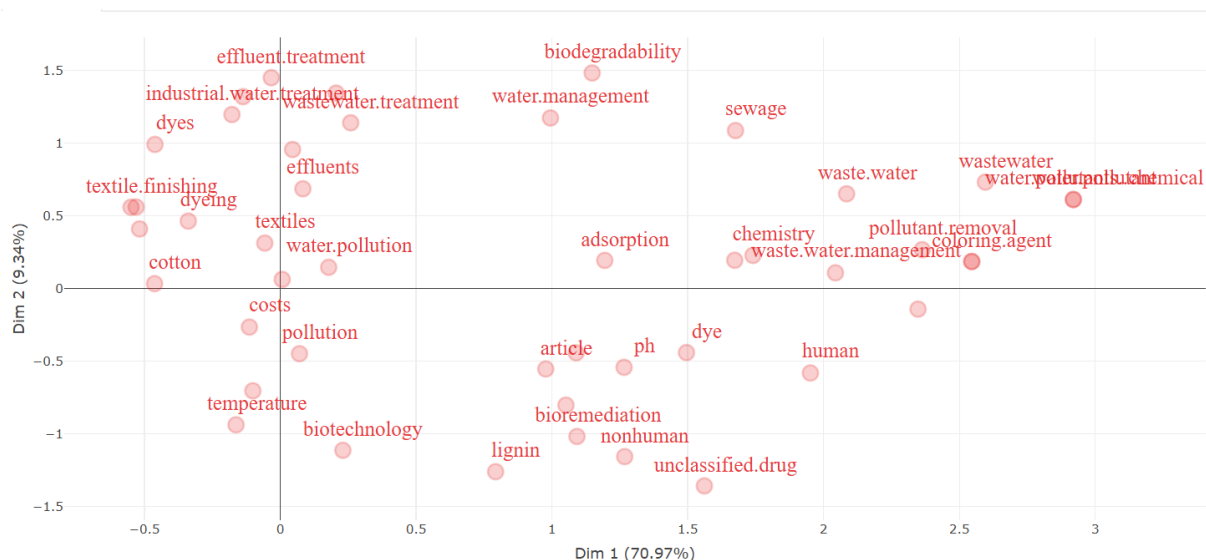


Figura 6. Mapa factorial de palabras clave obtenido mediante análisis de correspondencias múltiples.

Fuente: Elaboración propia a partir de Scopus y Bibliometrix

En conjunto, el análisis temático y el análisis factorial permitieron identificar tanto las áreas consolidadas como las tendencias emergentes en la investigación sobre tratamiento de efluentes textiles. El posicionamiento estratégico de temas como la bioremediación, la biodegradabilidad y la gestión de contaminantes sugiere una creciente atención hacia enfoques sostenibles e innovadores. Asimismo, la separación clara entre tecnologías tradicionales de acabado textil y nuevas estrategias de tratamiento ambiental evidencia una transición progresiva en las prioridades investigativas del sector.

3.2. Generalidades de la Industria Textil en Colombia

La industria textil en Colombia es una de las más importantes para la economía nacional, destacándose como un sector generador de empleo y crecimiento económico (Ramírez, 2023). Según datos del DANE junto a la Asociación Colombiana de Técnicos y Profesionales Textiles y de la Confección (ACOLTEX, 2023), este sector representa aproximadamente el 9,3% del Producto Interno Bruto (PIB) industrial del país y emplea a más de 600.000 personas de manera directa e indirecta, principalmente para labores de exportación. Históricamente, la industria textil en el país ha tenido fuerza por la calidad y la innovación cultural, (ACOLTEX, 2023), sin embargo, ha tomado grandes cambios debido a las nuevas tendencias de mercado y la globalización, que ha incentivado importancia de otros proveedores de menor costo, como China, para textiles de calidad más baja, pero precio mucho más accesible para el consumidor final (Caicedo, 2021).

Además, de acuerdo con Caicedo (2021), el sector textil se concentra principalmente en departamentos como Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Santander, donde existen importantes centros de producción y diseño. Medellín, conocida como la capital de la moda en Colombia, es sede de grandes productores y reconocidos diseñados, y siendo una de las regiones que mayor exportación genera, y esto genera ventas que alcanzaron más de 13,34 billones de dólares en 2023, siendo Estados Unidos, Ecuador, México y Perú los principales destinos. El ciclo de vida de un producto textil se presenta en la (Figura 7).

		aluminio, cadmio y cobre que están presentes en muchos efluentes textiles; y aceites y grasas, que al flotar en el agua, bloquean la luz necesaria para la flora acuática y resultan tóxicos para los ecosistemas	
Suelo	Contaminación de suelos	Los residuos de industria textil, principalmente sintéticos como nylon y poliéster, tardan años e incluso siglos en degradarse, afectando las condiciones de suelo.	(Andrade et al., 2022)
		Ante un incorrecto manejo de residuos de químicos para tinción de textiles, los aditivos tienden a penetrar suelos aledaños a vertederos y afectar las características de suelo, dañando cultivos y generando pérdida de materia orgánica.	(Dzhengiz et al., 2023)
Aire	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	La producción de fibras sintéticas requiere grandes cantidades de energía derivada de combustibles fósiles, emitiendo CO ₂ y otros GEI, además, el cultivo de algodón también genera emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) debido al uso de fertilizantes nitrogenados.	(Dzhengiz et al., 2023)
	Contaminación del aire	Para el teñido y acabado de textiles se emplean productos químicos que liberan compuestos orgánicos que contaminan el aire, las fábricas textiles liberan sustancias como Sox y NOx.	(Dzhengiz et al., 2023)
Energía	Alta huella de carbono	En los últimos 10 años, el país ha presentado a escala global una participación del 0,21% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y una cifra del 4,7% a nivel latinoamericano.	(Urrego, 2023) (Sentená, 2020)
	Consumación de recursos naturales	En la fabricación de prendas de vestir, se estima que el 63% corresponde a aquellas que son elaboradas a base de fibras sintéticas, que en su mayoría, derivan de combustibles fósiles.	
Flora y Fauna	Deforestación	Aproximadamente 150 millones de árboles son talados anualmente, para finalmente ser procesados y transformados en tejidos textiles.	(Sentená, 2020)
	Microplásticos derivados de desechos sólidos	En los últimos 20 años, se han generado anualmente cerca de 400 millones de toneladas de residuos provenientes de industrias y comercios. Logrando así, afectar considerablemente amplios ecosistemas acuáticos y terrestres.	(Ramírez & Antero, 2014)
		Las industrias dedicadas a la moda y la confección, son responsables de alrededor del 35% de los microplásticos presentes en los océanos y mares, generando en la biota reacciones debido a la bioacumulación ingerida, que pueden llegar a ser perjudiciales tanto para ellos como para otras especies de la cadena alimenticia.	(Sentená, 2020)

La industria textil en Colombia tiene impactos ambientales significativos que van desde contaminar ecosistemas, cuerpos de agua, hasta la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero por la producción industrial, y sin mencionar que el sector genera grandes cantidades de residuos peligrosos, especialmente en el área de acabados. También es notable su elevado consumo de agua y el uso intensivo de productos químicos, que contribuyen a la contaminación del aire, agua y suelo. El fenómeno del fast fashion ha exacerbado estos problemas al incrementar la producción masiva de ropa, lo que aumenta tanto los residuos como la presión sobre los recursos naturales. Estos desafíos subrayan la necesidad de prácticas más sostenibles en el sector. (Ramírez, 2023)

Por su parte, Urrego (2023) señala que la industria textil en Colombia genera un impacto ambiental considerable en todas las etapas del ciclo de vida de las prendas. Los principales problemas incluyen la contaminación del agua, ya que esta industria es responsable del 20% de las aguas residuales a nivel mundial, con vertidos químicos que afectan tanto a los ecosistemas acuáticos como a la salud humana. Además, el uso intensivo de recursos como el agua y los pesticidas para la producción de fibras, como el algodón, contribuye a la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. La generación de residuos también es preocupante, ya que solo el 0.4% de los textiles en Colombia se reciclan o reutilizan. Además, los procesos de tintura y acabado del denim utilizan productos químicos que, si no se gestionan correctamente, pueden dañar el medio ambiente (Osorio, 2018).

Los principales contaminantes generados por la industria textil en Colombia incluyen materias en suspensión, que aunque escasas, pueden afectar la vida acuática al depositarse en los cuerpos de agua y descomponerse. Estos contaminantes son especialmente problemáticos debido a su elevada concentración y a la complejidad de los efluentes generados en los distintos procesos de fabricación textil. (Patarroyo, 2014).

Ramírez (2023), destaca la importancia de implementar tecnologías adecuadas para el tratamiento de aguas residuales en la industria textil en Colombia, aunque no se detallan avances específicos. Menciona la necesidad de abordar los efluentes contaminantes a través de diferentes enfoques, como los sistemas de tratamiento biológico que utilizan microorganismos para descomponer contaminantes, tecnologías de filtración por membranas para separar sólidos, tratamientos químicos para neutralizar contaminantes y la reutilización de aguas tratadas en procesos industriales. El autor además señala la innovación en métodos más sostenibles para los procesos de acabado de textiles. Las empresas, especialmente las pymes, deben adoptar estas tecnologías y buenas prácticas ambientales para cumplir con las regulaciones y reducir su impacto en el medio ambiente.

El documento Salamanca (2024) revela varios hallazgos importantes sobre el greenwashing en la industria textil en Colombia, comenzando con su definición como la práctica de difundir información engañosa para aparentar responsabilidad ambiental, algo frecuente en este sector altamente contaminante. Empresas de moda rápida, como H&M y Zara, destacan por su implicación en esta práctica debido a su producción masiva y contaminante. Además, se observa un deterioro en la percepción del consumidor cuando se revelan estas acciones, como en el caso de la campaña "El Denim es + Verde" de Falabella. Aunque la industria textil colombiana enfrenta críticas por su impacto ambiental, hay poca información sobre greenwashing en marcas locales, lo que indica la necesidad de mayor investigación y transparencia.

Por otra parte, Escobar et al. (2023), afirma que los ODS que se ven más afectados en la industria textil y que repercuten directamente con el cumplimiento de los objetivos para la agenda del 2030, son: el objetivo 13: Acción por el clima, objetivo 12: Producción y consumo responsables y el objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico. De acuerdo a su investigación, es ahí donde la industria textil presenta más falencias.

3.4 TECNOLOGIAS DE PML EN COLOMBIA

Tabla 2. Tecnologías de PML en Colombia.

PML	Descripción	Beneficios	Referencia
Algodón orgánico	Es la materia prima principal para la producción de muchos artículos de tela suave, como camisas, gorros, guantes y similares. Se puede fabricar cualquier producto.	Una notable reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, con un 46% menos en su producción.	Ariza et al. (2022)
		Favorece un suelo más saludable, beneficiando tanto a los agricultores como a las comunidades cercanas.	
		Desde el punto de vista económico, este algodón puede disminuir costos de producción y gastos asociados al uso de químicos, resultando en una mayor rentabilidad al comercializarlo.	
		La tela de algodón orgánico es más resistente y suave que la convencional, ofreciendo así un producto de mayor calidad al consumidor.	
		Es un producto natural.	Ariza et al. (2022)
Teñido de Textiles sin el uso de Agua	Para teñir textiles, se han desarrollado técnicas a partir del uso de dióxido de carbono (CO ₂) en estado supercrítico.	Los millones de litros de agua que año tras año se utilizan para la industria textil podrían reducirse hasta en un 60%, porque la tintura implica este consumo, pero el agua empleada no puede ser reutilizada, siendo contaminada y desperdiciada.	(Dzhengiz et al., 2023)
Sistema de Reciclaje de Agua	En otras etapas externas al teñido, el agua utilizada para los textiles es desperdiciada y puede ser reciclada.	Ahorrraría el agua en más de un 90% al poder reutilizar.	(Feng et al., 2024)
		Se plantea la posibilidad de crear un sistema de purificación de agua del proceso de teñido para no generar desperdicios en más del 70%.	
Turbinas eólicas	Tecnología sostenible y eficaz que aprovecha la energía cinética del viento, para generar electricidad a través de la acción del movimiento giratorio. Se considera como una de las alternativas de mayor éxito en la generación de energía renovable.	Se estima que la producción de energía eólica en el territorio nacional representa tan solo el 0,1% del total de la demanda eléctrica. Sin embargo, se prevé finalizar la década de los 2020-2030 con cifras que logren suplir el 11.0%. De concretar nuevos proyectos, el país estaría disminuyendo cerca de 100 millones de toneladas de emisiones de CO ₂ .	(Sosapanta, 2020)
Biodigestores	Sistemas avanzados en forma de tanques, con cerraduras herméticas, encargados de transformar residuos orgánicos en biogás.	Contribuyen significativamente a la gestión sostenible de residuos, además es una fuente importante de energía renovable, siendo un reemplazo frente a los combustibles fósiles. Además, en términos sociales y económicos países como Colombia, se ven ampliamente beneficiados por la implementación de este tipo de tecnologías, ya que incentiva y generan empleos en áreas rurales.	(Celis, 2020)
Paneles solares	Permite la obtención de energía eléctrica a partir de la radiación generada por el sol.	Este tipo de sistemas, pueden llegar a sustituir los métodos tradicionales de obtención de energía, ya que el sol como fuente principal, es inagotable y no repercute a largo plazo con alteraciones al medio ambiente. Además, debido a su fácil mantenimiento y reducido costo, permite que sea implementado en industrias y zonas residenciales.	(Quirama et al., 2022)

Tintes naturales y biológicos	Pigmentos extraídos de insectos, plantas y algunos minerales.	El territorio es reconocido por ser uno de los países más megadiversos, albergando un 14% de la biodiversidad presente en el planeta. Por esta razón, potencializar el uso de estos materiales reduciría la huella del carbono al no utilizar productos derivados del petróleo, y a su vez, mitiga el vertimiento de desechos tóxicos.	(Urrego, 2023)
Sistemas de reciclaje de desechos textiles	Industrias textiles que implementan prácticas de reutilización, logran reducir importantes impactos ambientales y reducir costos en gestión de residuos.	En ciudades grandes como Bogotá, la reutilización y el reciclaje logran mitigar en un 40% las emisiones de CO2, y hasta un 30% el consumo hídrico.	(Ramírez & Buitrago, 2024)
Enzimas para el tratamiento de textiles	Procesos enzimáticos han demostrado producciones más ecológicas en la industria.	En procedimientos como el lavado y blanqueo de telas, se logran disminuir recursos energéticos e hídricos. Y reduce alrededor del 20-30% la implementación de químicos nocivos.	(Buitrago, 2016)
Energía geotérmica	Fuente de energía renovable obtenida del calor acumulado en el interior de la Tierra	Al ser una fuente de energía presente de forma natural a través de cuerpos termales y volcanes, genera recursos de forma constante y a largo plazo suele tener mayor vida útil. Además, la explotación de este tipo de energías, reduce las emisiones de CO2 debido a que no se hacen necesarias las importaciones.	(Quirama et al., 2022)

La implementación de la economía circular en la industria textil colombiana ofrece varios beneficios clave, como la reducción de residuos mediante procesos más eficientes y el reciclaje de materiales, lo que disminuye el impacto ambiental. Además, optimiza el uso de recursos naturales y materias primas, reduciendo costos y mejorando la sostenibilidad. También aumenta la competitividad de las empresas al impulsar la innovación y adaptarse a consumidores más conscientes del medio ambiente, mejorando su reputación y posicionamiento en el mercado (Gómez, 2021). Además, la disminución de contaminantes contribuiría a mejorar la salud pública y la calidad de vida de las comunidades, al reducir enfermedades vinculadas a la contaminación. Asimismo, se generarían nuevos empleos en áreas de reciclaje y sostenibilidad, mientras que la conciencia ciudadana sobre el manejo adecuado de recursos aumentaría. (Arévalo et al., 2022).

La investigación de Ariza et al. (2022) determina que los beneficios del algodón orgánico en la industria textil son diversos y significativos, observando una notable reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, con un 46% menos en su producción. Además, el cultivo de algodón orgánico favorece un suelo más saludable, beneficiando tanto a los agricultores como a las comunidades cercanas. Desde el punto de vista económico, este algodón puede disminuir costos de producción y gastos asociados al uso de químicos, resultando en una mayor rentabilidad al comercializarlo. Por último, la tela de algodón orgánico es más resistente y suave que la convencional, ofreciendo así un producto de mayor calidad al consumidor. Estos aspectos convierten al algodón orgánico en una opción viable y sostenible, ayudando a mitigar los efectos negativos del cultivo convencional tanto en el medio ambiente como en la sociedad.

Otra técnica empleada, es la ionización del agua, que se caracteriza principalmente en el mejoramiento de la calidad, color y disolución de contaminantes presentes en efluentes industriales, llevando a cabo procesos de purificación y desinfección, sin embargo, dada su complejidad no es tan frecuentemente utilizada, llevando a investigadores a recurrir a tecnologías más tradicionales o en su defecto, a buscar nuevas formas de tratar la problemática de aguas residuales derivadas de la industria (Tonetto, 2018). Por ejemplo, el método de Patarroyo (2014), resulta interesante, en él, se describe el proceso biológico aerobio de lodos activados como una técnica eficaz para el tratamiento de aguas residuales en la industria textil. Este método utiliza microorganismos aerobios para degradar los compuestos orgánicos en las aguas residuales. El tratamiento comienza en un reactor aireado que suministra oxígeno para que los microorganismos realicen la degradación de la materia orgánica. Posteriormente, el efluente pasa a un sedimentador donde se separa la biomasa suspendida de la fase líquida. Parte de la biomasa se recircula al reactor para mantener una concentración constante de microorganismos, mientras que el exceso se elimina como lodos. El objetivo principal de este proceso es convertir la materia orgánica en productos

finales como dióxido de carbono, agua y lodos, además de remover nutrientes como nitrógeno y fósforo. Este sistema es muy eficiente y se emplea ampliamente en la industria textil por su capacidad de tratar grandes volúmenes de efluentes altamente contaminantes.

Por otro lado, "Baguc" es un proyecto innovador respaldado por la Universidad Cooperativa de Colombia que busca crear bolsas reutilizables a partir de los desperdicios textiles generados en la industria, transformando retazos de tela desechados en productos sostenibles. El proceso incluye la recolección de estos retazos, el diseño de un prototipo resistente, y su posterior producción, con el objetivo de reducir residuos y fomentar prácticas sostenibles. La utilización de bolsas reutilizables y el aprovechamiento de retazos de tela representan soluciones eficaces para disminuir el impacto ambiental. Estas acciones contribuyen a la reducción de desechos plásticos y promueven tanto la economía circular como un consumo más consciente y responsable. (Pulgarin, 2023).

4. CONCLUSIONES

- La interconexión existente entre la industria textil frente a varios temas ambientales como lo son: el tratamiento de aguas residuales, la sostenibilidad y la gestión adecuada de residuos, sugiere una creciente preocupación y enfoque para las empresas e industrias. Además, la evolución temporal de los temas antes mencionados, indican un cambio en las prioridades a lo largo del tiempo, con un notable crecimiento en prácticas sostenibles y un mayor interés por generar alternativas para la reducción de contaminantes ambientales.
- La implementación de tecnologías limpias en la industria textil no solo logra reducir los impactos negativos en el medio ambiente, sino que también ofrece beneficios importantes como la mejora en la eficiencia energética, la reducción de costos operativos y la optimización en el uso de recursos naturales. Por otro lado, estas prácticas favorecen el cumplimiento de regulaciones ambientales, fortalecen la competitividad empresarial y responden a una creciente demanda de productos sostenibles.
- Herramientas como la búsqueda en base de datos académicas y científicas, el análisis bibliométrico y los resultados estadísticos, son de gran utilidad para comprender las dinámicas de investigación en diferentes partes del mundo, así como también para la identificación de áreas potenciales de colaboración, o la necesidad de apoyo en la producción de artículos frente a temáticas de sostenibilidad, tecnología y medio ambiente.
- Materias primas como el algodón orgánico, presentan ventajas tanto ambientales como sociales y económicas. Su adopción reduce considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en un 46%, mejorando la salud de los suelos y la disminución de costos asociados al uso de productos químicos. Además, al presentar características más resistentes que el algodón convencional, ofrece productos de mayor calidad y durabilidad para el consumidor, convirtiéndolo en una de las opciones más viable y sostenible en la industria textil.
- En Colombia, la industria textil es responsable de una parte de la contaminación mundial del agua, representando un 20% de las aguas residuales. Situaciones como el vertimiento de químicos logran afectar ecosistemas acuáticos, generan pérdidas de la biodiversidad y afectan significativamente la salud humana.
- La industria textil en Colombia representa una importante relevancia en la economía nacional, aportando un aproximado de 9,3% al Producto Interno Bruto (PIB) industrial del país. Adicional, el sector industrial es crucial para el empleo, generando más de 600.000 puestos de trabajos directos e indirectos, resaltando así su impacto en el bienestar económico y social.
- El mayor número de investigaciones sobre tecnologías limpias en la industria textil se concentra principalmente en países del continente asiático, representando el 58% del total de artículos publicados, perspectiva que nos permite visualizar el gran número de territorios con importantes industrias textiles que se encuentran a la vanguardia en la exploración de tecnologías limpias y sostenibles para el sector. Por otro lado, existe una escasa investigación del tema en países de Latinoamérica y África, esto resalta una brecha en la investigación y el desarrollo de tecnologías sostenibles, que podría

representar un desafiante enfoque de mejora para la industria en estas regiones.

- El análisis estadístico realizado, que incluyó un mapa temático y un análisis factorial de correspondencias múltiples, ha permitido identificar claramente las principales tendencias de investigación en el campo de la gestión de efluentes textiles. Los resultados revelan un enfoque predominante hacia tecnologías de biorremediación y tratamiento de contaminantes, destacando su creciente relevancia en el desarrollo de soluciones sostenibles para la industria textil.
- Los temas más relevantes, como la biodegradabilidad, el tratamiento de aguas residuales y los procesos de acabado textil, siguen siendo pilares fundamentales de la investigación, aunque se observa una transición hacia el uso de biotecnología y métodos más ecológicos en el tratamiento de efluentes. Además, los términos de nicho, como "biodegradabilidad" y "adsorción", sugieren un interés emergente en enfoques más especializados y avanzados.
- En resumen, los hallazgos de este análisis brindan una visión clara sobre las áreas de mayor desarrollo y aquellas que están comenzando a consolidarse, lo cual permitirá orientar futuras investigaciones hacia tecnologías innovadoras, especialmente aquellas que contribuyen a la sostenibilidad ambiental de la industria textil. Los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de seguir investigando y aplicando enfoques interdisciplinarios para abordar los desafíos de tratamiento de efluentes en el sector.
- A nivel Colombia, en estrategias emergentes y sostenibles, se resalta la importancia y necesidad del desarrollo de más sistemas encargados de clasificación y recolección de prendas de vestir, que proporcionen distinción de aquello que se pueda reciclar y reutilizar. Así como también, sugiere a empresas e industrias que la implementación de estrategias que fomentan la economía circular sea cada vez más sólida, en actividades como la reparación y reventa de productos textiles.
- Para la industria textil, sustituir el uso tradicional de productos sintéticos e implementar medidas más ecológicas como el uso del algodón orgánico y tintes a base de productos naturales para la elaboración de prendas de vestir, sugiere no solo la disminución de los impactos negativos al medio ambiente, sino que también representa una reducción en gastos operativos.
- La implementación de tecnologías limpias en países como Colombia, presentan un continuo crecimiento, con iniciativas que van desde los sistemas de reciclaje de agua y productos textiles, hasta la creación de biodigestores y obtención de energía renovable a través de paneles solares, sin embargo, la industria textil en el territorio nacional aún cuenta con una reducida presencia de fuentes como la eólica, que se conoce, aportan tan solo el 0,1% de la demanda energética del país. Además, enfrenta también desafíos importantes como la falta de apoyo a iniciativas sostenibles, la constante necesidad de reformar métodos tradicionales de producción y el interés de inculcar en el consumidor practicas cada vez más responsables con el medio ambiente.
- El alcance de energía geotérmica en países de América Latina y del Caribe, representaría para la región un gran potencial y avance hacia el uso de técnicas más ecológicas y sostenibles de extracción y procesamiento de los recursos naturales, el territorio además, cuenta con extensas zonas naturales que favorecerían la explotación y obtención responsable de ellos. Por otro lado, el uso de este tipo de tecnologías lograría beneficios no solo en la reducción de contaminantes atmosféricos, sino que también, reduciría la demanda energética local.

5. REFERENCIAS

- ACOLTEX. (2023). Impacto de la Industria Textil en Colombia. *Sitio oficial de Acoltex*, en línea: <https://www.acoltex.org/el-protagonismo-de-los-textiles-en-tiempos-de-covid/> [consultado el 13 de enero de 2025].
- Acosta Reina, L. C. (2023). Moda sostenible en Colombia: ¿utopía o posibilidad. *Episteme. Revista De Estudios Socioterritoriales*, 14(1), 84-89. <https://doi.org/10.15332/27113833.8344>
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., & Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4(3), 163-173.
- Andrade, M., Aponte, J., & Gale, P. (2022). Relación entre la producción “fast fashion” y la huella hídrica de la industria textil en China y Colombia: una revisión de su posible impacto a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). *Repositorio Institucional de la Universidad Simón Bolívar [tesis de pregrado]*, URI: <https://bonga.unisimon.edu.co/items/3132c2b7-b59e-47b8-bf2a-e8720a747d80>.
- Arévalo Campos, L. M., & Méndez Navarro, A. (2022). Acciones basadas en la economía circular que minimicen los impactos ambientales generados por la confección de prendas de vestir en Colombia.
- Ariza Moreno, C. D. y Huertas Díaz, S. (2022) Estudio de factibilidad ambiental para la implementación de algodón orgánico como materia prima sostenible en la industria textil colombiana. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8882>
- Buitrago, L. P. (2016). *Enzimas aplicadas para el desarrollo tecnológico en la industria textil*. *Journal of Research in Engineering Sciences*, 1(2), 77-84. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. <https://revistas.uniagraria.edu.co/index.php/jres/article/download/164/153>
- Caicedo, L. (2021). La realidad del sector textil colombiano. *Repositorio Universidad del Rosario [tesis de pregrado]*, https://doi.org/10.48713/10336_31807.
- Carrera Gallissà, E. (2017). Los retos sostenibilistas del sector textil. *Revista de Química e Industria Textil*, (220), 20-32.
- Castaño, G., & Arias, L. (2019). Efecto de la responsabilidad social corporativa en la reputación de las organizaciones: una revisión sistemática. *Revista Universidad y Empresa*, 23(40), 119-134, <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.8859>.
- Celis Celis, M. D. P. (2020). Biodigestores como alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en zonas rurales.
- Duque, Pedro, Trejos, Damiand, Hoyos, Oscar, & Mesa, Juan Carlos Chica. (2021). Finanzas corporativas y sostenibilidad: un análisis bibliométrico e identificación de tendencias. *Semestre Económico*, 24 (56), 25-51. Publicación electrónica del 12 de agosto de 2022. <https://doi.org/10.22395/seec.v24n56a1>
- Dzhengiz, T., Haukkala, T., & Sahimaa, O. (2023). Sustainable transitions towards fast and ultra-fast fashion. *Fashion And Textiles*, 10(19), 612-629, <https://doi.org/10.1186/s40691-023-00337-9>.
- Escobar, J., Martínez, J., & Silva, H. (2023). Caracterización del sector textil colombiano con enfoque en los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS. <https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/view/605>
- Feng, J., Hult, Y. Z., & Lin, C. (2024). Leveraging customer learning and time-based targeting for fast fashion new arrivals. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 82(21), 1041-1078, <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.104141>.

- García-Parra, M., de la Barrera, F., Plazas-Leguizamón, N., Colmenares-Cruz, A., Cancimance, A., & Soler-Fonseca, D. (2022). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América: Panorama. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 36(2), 45-59. 2020. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.03.072>
- Gómez Ruiz, M. C. (2021) Economía circular: una contribución a la competitividad dentro de la industria textil colombiana. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8333>
- Gomez, L. (2022). ¿Conoces los ciclos de vida de una prenda? *FRANCA. Magazine*, en línea: <https://francamagazine.com/conoces-los-ciclos-de-vida-de-una-prenda/> [consultado el 13 de enero de 2025].
- González-Castillo, N. S., Núñez-Rodríguez, J., y Ramírez-Rojas, M. S. (2023). Implicación de la logística inversa en la sostenibilidad del sector textil: una revisión sistemática. *I+D Revista de Investigaciones*, 18(1), 17-40. <http://dx.doi.org/10.33304/revinv.v18n1-2023002>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *McGraw-Hill Interamericana, Tercera edición, pág. 33*, Ciudad de México.
- Muskus, M. G. P. (2020). Está de moda ser sostenible, está de moda reciclar. [repository.urosario.edu.co. https://doi.org/10.48713/10336_30415](https://doi.org/10.48713/10336_30415)
- Nariño, E., & González, P. (2023). Practicas sostenibles y su relación con la contaminación de residuos en efluentes provenientes de la industria textil. *Repositorio Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria [tesis de pregrado]*, URI: <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/4969>.
- Osorio, S. (2018). Estudio de caso del denim y su impacto medioambiental en Fabricato : sostenibilidad de la industria textil en Medellín. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4053>.
- Patarroyo, E. M. (2014). Procesos de estabilización de residuos generados en la industria textil en Colombia mediante lodos activados Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/10862>
- Pulgarin Florez, H, Pachón Tamayo, J, Avilés Cortes, G, Lame Campo, P, Pérez Pulgarin, J y Arteaga Rojas, C. (2023). Reducción de desperdicios en la industria textil con Baguc': una solución ecológica. Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Industrial, Cali. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12494/52999>
- Quirama, U., Aguirre, J. S., Machado, M. M., Romaña, C. M., & Beleño, L. C. V. (2022). Beneficios económicos de la energía renovable en Colombia. *Administración & Desarrollo*, 52(2), 171-183.
- Ramírez Zapata, Y. P., & Buitrago Fernández, J. I. (2024). De retazos a recursos: estrategias para la reutilización de desechos textiles en productos.
- Ramírez, A. (2023). Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia: una revisión. *Informador técnico*, 87(2), 82-106, URI: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8901951>.
- Ramírez-Hernández, V., Antero-Arango, J. (2014). Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial. *Revista Luna Azul*, 39, 291-313. Recuperado de <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=960>
- Ramírez-Rodríguez, Julio (2023). Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia:

una revisión. Informador Técnico, 87(1), 82-106. <https://doi.org/10.23850/22565035.53>

- Salamanca Leguizamón, N. (2024). El greenwashing como estrategia de marketing en Colombia. El caso de la industria textil.
- Salas, G., & Condorhuaman, C. (2014). Huella de carbono en la industria textil. Revista Peruana de Química e Ingeniería Química, 12(2), 25-28.
- Sarker, M.S.I., & Bartok, I. (2024). Global trends in green manufacturing research in the textile industry using bibliometric analysis. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 9 (100578), 100578. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100578>
- Sentená, M. A. (2020). Huella ecológica del sector textil-confección en Colombia para el año 2018. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/52684>.
- Sosapanta Salas, J. C. (2020). Energía eólica en Colombia: panorama y perspectivas bajo la triple cuenta de resultados.
- Tonetto, M. L. (2018). Tratamiento de águas residuais da indústria têxtil utilizando celulose bacteriana. Tesis de licencia <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188043/TCC%20-%20Maria%20Luisa%20Tonetto.pdf?s>
- Torres, M., Salazar, F. G., & Paz, K. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación. Disponible en: Repositorio UDGVirtual: Métodos de recolección de datos para una investigación
- Urrego Pedraza, K. L. (2023). *Planteamiento de estrategias de sostenibilidad para mitigar el impacto ambiental de la industria textil en Colombia* [Tesis de especialización, Fundación Universitaria América]. Repositorio Institucional de la Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/4b01f760-9288-44ac-a2b1-f4f1e3c0124d/content>
- Useche, M, Artigas, W, Queipo, B y Perozo, É. (2019). Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos. Universidad de la Guajira. Disponible en: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>
- Yao Fu, Robert A.W. Kok, Ben Dankbaar, Paul E.M. Ligthart, Allard C.R. van Riel. (2018). Factors affecting sustainable process technology adoption: A systematic literature review. Journal of Cleaner Production, 226-251,