



Revisión de publicaciones científicas relacionadas con **textiles técnicos**

Technical Textiles: Literature Review

¹ Doctora en Ingeniería de Materiales. Investigadora SENNOVA - Centro de Manufactura en Textil y Cuero (CMTC), Bogotá. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, angelagarcia@sena.edu.co.

² Aprendiz Tecnología en Diseño para la Industria de la Moda, Semillero de investigación INTEX, Centro de Manufactura en Textil y Cuero (CMTC), Bogotá. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. sabuitrago1@misena.edu.co.

³ Magister en Docencia de la Química, Líder SENNOVA - Centro de Manufactura en Textil y Cuero. Bogotá, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, jlopez565@misena.edu.co



Ángela María García¹
Sharon Ailyn Buitrago²
Jonatan López Castillo³

RESUMEN

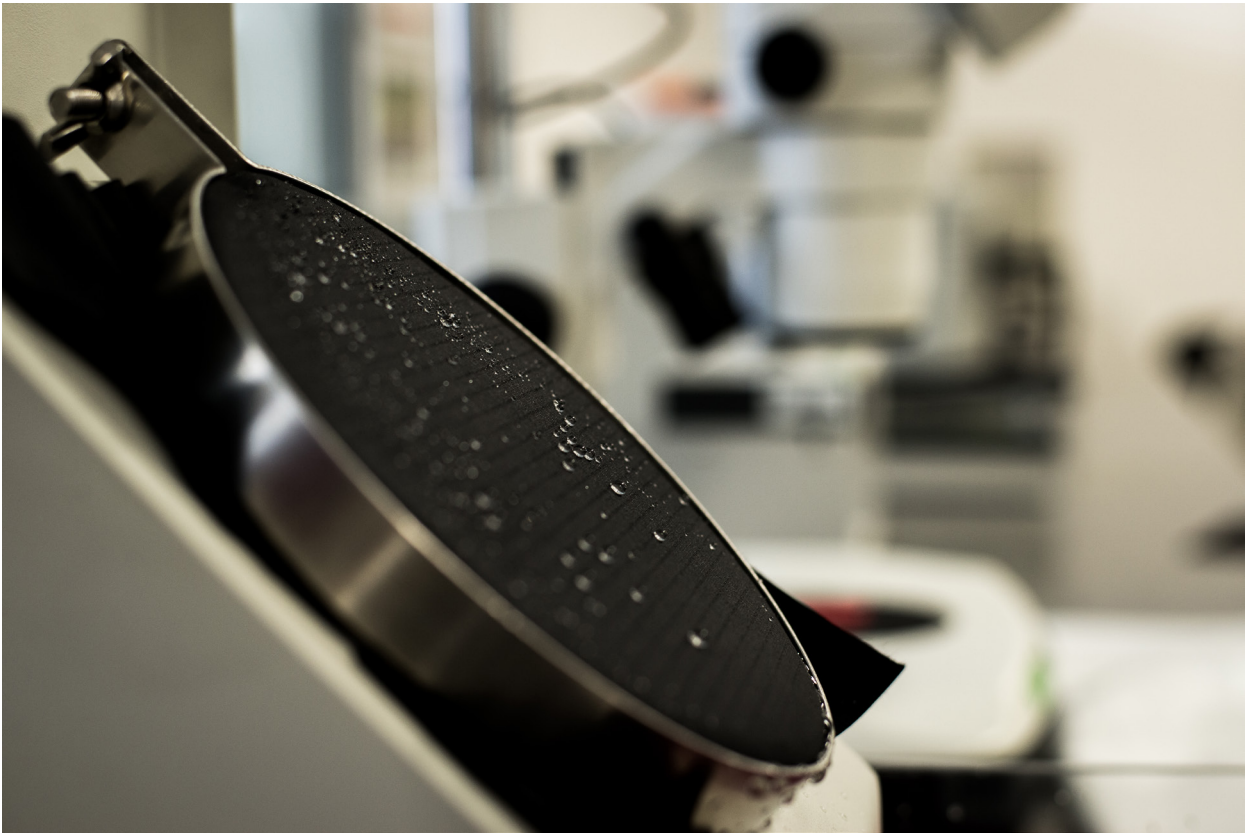
Los textiles técnicos o inteligentes son materiales o productos fabricados para cumplir requerimientos técnicos y funcionales, más que características estéticas o decorativas. De esta manera, los textiles pueden aportar propiedades antibacteriales, de resistencia al agua y al fuego, y protección balística, entre otras. Estos materiales funcionalizados pueden aprovecharse en diferentes sectores productivos como el agrícola, médico, militar, deportivo y de transporte. Con el objetivo de proponer nuevas perspectivas a la industria textil, este documento presenta un ejercicio de vigilancia tecnológica sobre las principales investigaciones científicas a nivel mundial, para ello se determinan algunos focos de vigilancia y se realiza una búsqueda a través de plataformas especializadas. Se espera que los hallazgos puedan contribuir a la ampliación de perspectivas frente al uso de materiales textiles técnicos y su potencial como nuevo nicho de mercado para el sector.

Palabras claves: Textiles técnicos, textiles inteligentes, funcionalización de textiles, biomímesis, nanotecnología.

ABSTRACT

Technical or intelligent textiles are materials or products manufactured to meet technical and functional requirements, more than aesthetic or decorative features. In this way, textiles have antibacterial properties, water and fire resistance, ballistic protection, among others. These functionalized materials can be used in different productive sectors, such as: agricultural, medical, military, sports and transportation. With the aim of proposing new perspectives for the textile industry, the document presents an exercise in technological surveillance on the main scientific research worldwide. For this purpose, some surveillance foci are determined, and a search is carried out through specialized platforms. It is expected that the findings may contribute to the broadening of perspectives regarding the use of technical textile materials and their potential as a new market space for the sector.

Key words: Technical textiles, smart textiles, textile functionalization, biomimetics, nanotechnology



"Los desarrollos que puede generar el país deberían estar orientados al desarrollo de materiales provenientes de nuestra biodiversidad..."

Introducción

A través de la formación de personal en programas técnicos, tecnológicos y complementarios el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA- busca mejorar la competitividad de las empresas colombianas en un mercado globalizado, de modo que esta formación debe estar orientada no solamente a las necesidades tecnológicas actuales, sino que debe prever las necesidades futuras.

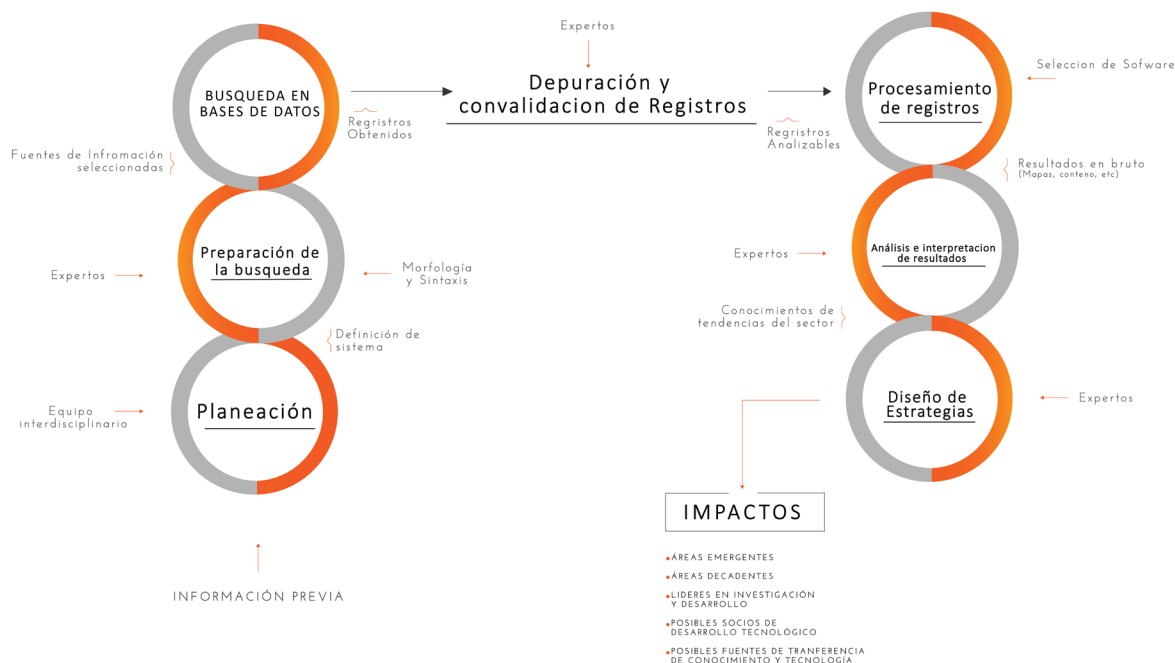
¿Cómo saber si se está preparado para las nuevas tecnologías? Un acercamiento inicial es el conocimiento mismo de las tecnologías que se llaman novedosas, lo novedoso es algo que existe en mercados externos y puede llegar a nuestro país en cualquier momento a través del licenciamiento de una multinacional o algo que ni siquiera se encuentra en el mercado, pero ha sido investigado en un centro especializado durante años. La vigilancia técnica y tecnológica busca identificar las tecnologías emergentes o nuevas tecnologías que aún no han sido aplicadas en un sector específico, bien sea a nivel regional o mundial.

Vargas y Castellanos (2005) proponen las etapas presentadas en la figura 1 para la realización de una vigilancia tecnológica. Este documento busca presentar los pasos que van desde la planeación hasta la depuración y convalidación de registros que

en este caso se procesan como un resumen o revisión de literatura.

Dentro de los ejercicios de integración de algunas entidades para la apropiación del conocimiento, la integración de nuevas investigaciones y desarrollos en la industria textil, se encuentran las siguientes experiencias:

Desde el programa de "Colombia Productiva" se han construido convocatorias para el desarrollo de proyectos y se han generado publicaciones que incorporan el tema de apropiación tecnológica para el sistema moda. Se registran tres proyectos para el año 2018: uno de "soluciones tecnológicas para el Gran San", que busca integrar tecnologías que permitan gestionar la oferta, la demanda y procesos administrativos y de comercialización. El segundo, denominado "vivimos pacíficamente", busca que empresarios de textiles y confecciones que han sido víctimas del conflicto armado mejoren sus procesos de producción, formalicen su modelo de negocio y fortalezcan su marca comercial. El tercero, "Colombia Transforma Moda" (año 2018), busca que 250 empresas redescubran su modelo de negocio, mejoren su productividad y sus procesos. Este proyecto está en asocio con el Instituto privado sin ánimo de lucro: Inexmoda ⁵.



4

SENA: ¿Quiénes somos?
<http://www.sena.edu.co/es-co/sena/Paginas/quienesSomos.aspx>

Figura 1

Ciclo de la vigilancia
 Fuente: Elaboración propia

Figura 1

Como publicaciones se han generado un estudio de diversificación inteligente por Datlas Colombia, en donde se relatan las líneas de acción para diversificación de mercados con la inclusión de nuevas tecnologías. También se encuentra un boletín en textiles inteligentes desarrollado por el Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial, en donde se mencionan las tendencias internacionales en sensorica, textiles electrónicos, microencapsulación y propiedad de los tejidos.

Desde el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo han propuesto el programa INNpula para inversión empresarial con proyección internacional con empresarios del sector "textil confección", asimismo, con ProColombia se están generando estudios para el desarrollo de nuevos nichos de mercado, canales y clientes para incrementar las exportaciones.

Desde el Banco Interamericano de Desarrollo -BID- se ha contado con tres proyectos en los últimos diez años, en donde se ha realizado el intercambio de experiencias para mejorar del sistema nacional de innovación, se ha fortalecido la política pública en ciencia y tecnología (CyT), y se han generado instrumentos para promover la innovación.

Estos proyectos han tenido cobertura nacional, pero han tenido mayor nivel de apropiación en la ciudad de Medellín. En el compendio estadístico desarrollado por esta entidad en relación con ciencia y tecnología para América Latina y el Caribe, Colombia presenta un bajo nivel de exportaciones en productos de manufactura en alta tecnología, igualmente la distribución del gasto ha estado enfocada más en maquinaria y equipamiento que en inversión de capacidades de innovación. Se presenta un bajo índice de cooperación entre empresas. En este estudio se evidencia que el país no contaba para el 2009 con instrumentos de políticas de innovación y sobre todo de promoción en transferencia tecnológica, de manera que ha sido un proceso de crecimiento en la última década, para comprender las dinámicas de funcionamiento de investigación en el país desde sus fondos sectoriales, las agrupaciones de innovación y los mecanismos pertinentes de coordinación. Desde este estudio para el sector textil, el país cuenta con un rol de observador en el comité técnico de la ISO.

5

<https://www.inexmoda.org.co/nosotros/>

6

www.webofknowledge.com

En este sentido, se debe continuar en el fortalecimiento en la integración y desarrollo de vigilancias tecnológicas, como ejercicios que tienen potencial para establecer prospectivas, nuevos nichos de mercado y desarrollo diferenciado de producto para el sector productivo.

Metodología

Para la revisión documental se consulta la plataforma Web of Science⁶, una de las de mayor reputación en el campo científico por estar formada por cerca de veinte mil revistas académicas de alta calidad, revisadas por pares y publicadas en todo el mundo. La plataforma cuenta con cerca de diecinueve mil memorias de conferencias y noventa mil libros (<http://clarivate.libguides.com/webofscienceplatform/introduction>).

Para ubicar las últimas publicaciones en el área de textiles técnicos se realizaron dos búsquedas cada una con las siguientes palabras clave:

1. "technic* AND textil*"
2. "smart AND textil*"

El conector booleano AND se utiliza para que ambas palabras aparezcan en un mismo registro ya sea en el título, palabras clave o resumen de la publicación. El signo * que sigue a la palabra textil se utiliza para que la búsqueda incluya la palabras textil y también textile o textiles. La búsqueda se limitó a los últimos diez años (2009 - 2019) atendiendo la vigencia de los artículos de investigación y su pertinencia en los índices citacionales.

La metodología utilizada para seleccionar los artículos es la que recomienda Keshav en su artículo "How to read a paper" sobre revisiones de literatura (Keshav, 2007), el cual consiste en revisar las publicaciones científicas más recientes con palabras claves seleccionadas minuciosamente, seleccionar tres o cinco artículos más relevantes para la búsqueda, seleccionar los autores destacados y revisar sus más recientes publicaciones en las conferencias que sean las más importantes, revisar las memorias de estas conferencias, y a partir de todas las publicaciones recogidas hasta ese momento realizar la revisión.

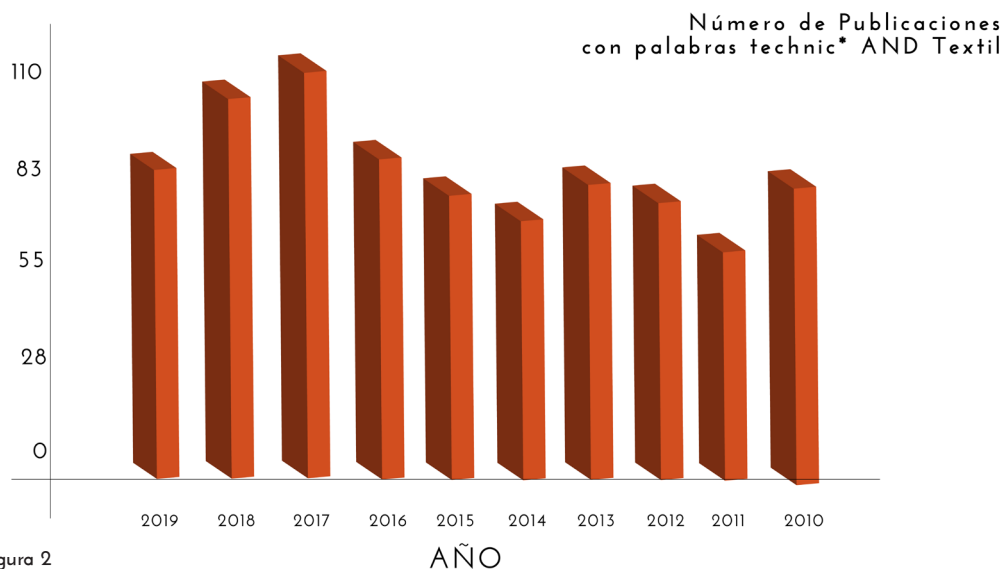


Figura 2

Resultados y Análisis

Para la palabra clave "technic* AND textil*" se encontraron 767 publicaciones científicas. Al organizar los hallazgos según el año de publicación se evidencia un aumento de publicaciones sobre el tema de textiles técnicos a partir del año 2017 (Figura 2).

Las 1091 publicaciones encontradas presentan un comportamiento de un aumento más o menos constante, a excepción del año 2014 que cuenta con pocas publicaciones, durante el año 2019 solamente se tienen 80 publicaciones.

La noción de textiles inteligentes como categoría de investigación ingresó recientemente;

cuestión que se evidencia en la gráfica de publicaciones organizadas por año, bajo la búsqueda "smart AND textil*" (Figura 3)

Del mismo modo que sucedió con la búsqueda de textiles técnicos, esta búsqueda arroja pocos resultados en comparación con otros temas generales como nanotecnología, lo que puede significar que estos términos son recientes en el campo científico.

Las 1515 publicaciones encontradas presentan un comportamiento en aumento desde el año 2015 (Figura 3) que inicia en 100 publicaciones durante ese año y en el año 2019 llega a tener cerca de 200 publicaciones relacionadas.

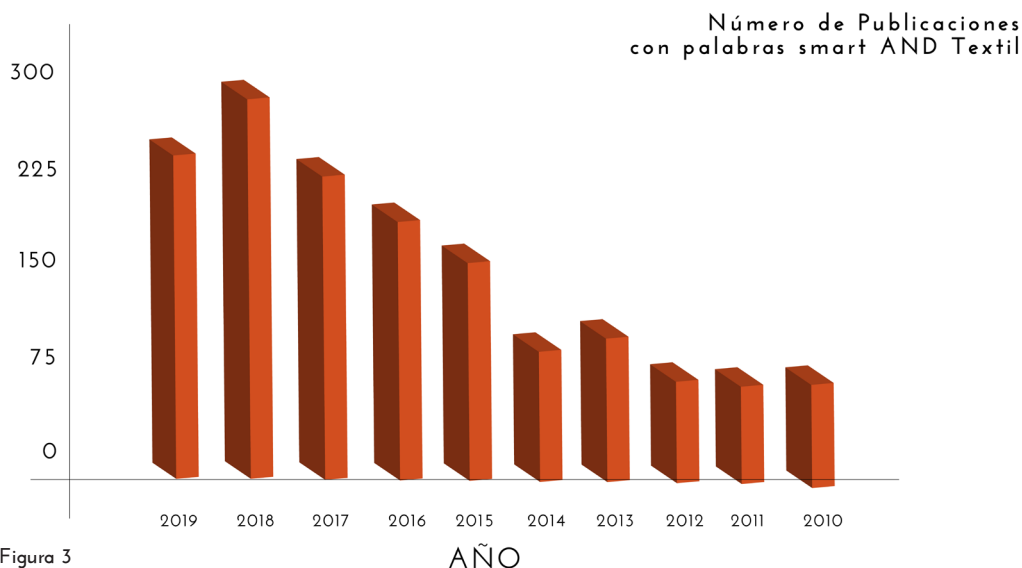


Figura 3

Figura 2

Número de Publicaciones con palabras technic* AND Textil
Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 18 de septiembre de 2019.

Figura 3

Número de publicaciones bajo la búsqueda "smart AND textil*" Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 18 de septiembre de 2019.

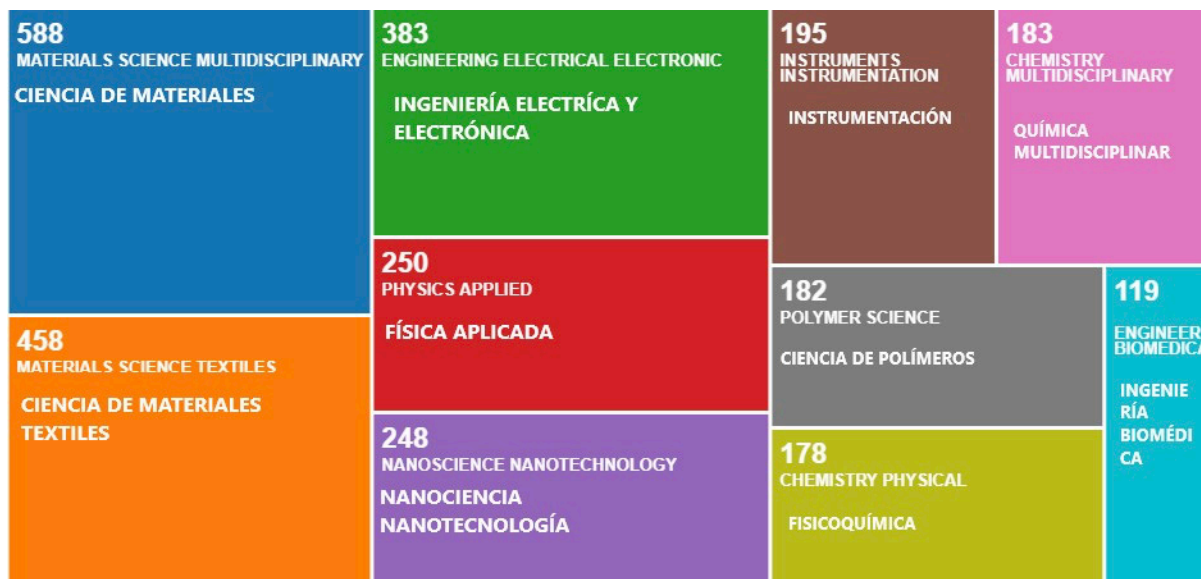


Figura 4

Las publicaciones bajo la búsqueda "smart AND textil*" se distribuyen en las áreas de investigación presentadas en la Figura 4, en donde se articula a campos de conocimiento relacionados con ciencia de materiales, ingeniería eléctrica y electrónica, física aplicada y nanotecnología, en mayor nivel, y de forma secundaria en áreas como química, fisicoquímica y ciencia de polímeros.

Con búsqueda "technic* AND textil*" aparecen investigaciones también relacionadas con ciencia de materiales, textiles y multidisciplinar, ciencias ambientales y ciencia de polímeros. Respecto a los países con mayor número de publicaciones, esta búsqueda presenta como el mayor representante a Alemania, y aparece China en segundo lugar, con un número de publicaciones comparables con

Turquía, EE. UU., entre otros (Figura 5).

Colombia tiene cuatro (4) publicaciones relacionadas con las palabras de búsqueda, realizadas durante los últimos tres años, tres de ellas en publicaciones relacionadas con producción más limpia y medio ambiente, y relacionadas con el efecto nocivo de los colorantes en el agua (Belalcázar-Saldarriaga, Prato-Garcia, & Vasquez-Medrano, 2018; Chavaco, Arcos, & Prato-Garcia, 2017; Grisales, Salazar, & Garcia, 2019). La otra publicación está relacionada con textiles para aplicaciones médicas (Valencia, Garcia, & Bustamante, 2018).

La organización con mayores publicaciones coincide con el principal país en el tema y es la Technische Universität Dresden, aparecen otra

Figura 4

Áreas del conocimiento en las cuales se encuentran publicaciones bajo la búsqueda "smart AND Textil*"
Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 18 de septiembre de 2019.

Figura 5

Países con mayores publicaciones en el tema de Technic* AND textil* según Web of Science
Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 25 de septiembre de 2019.

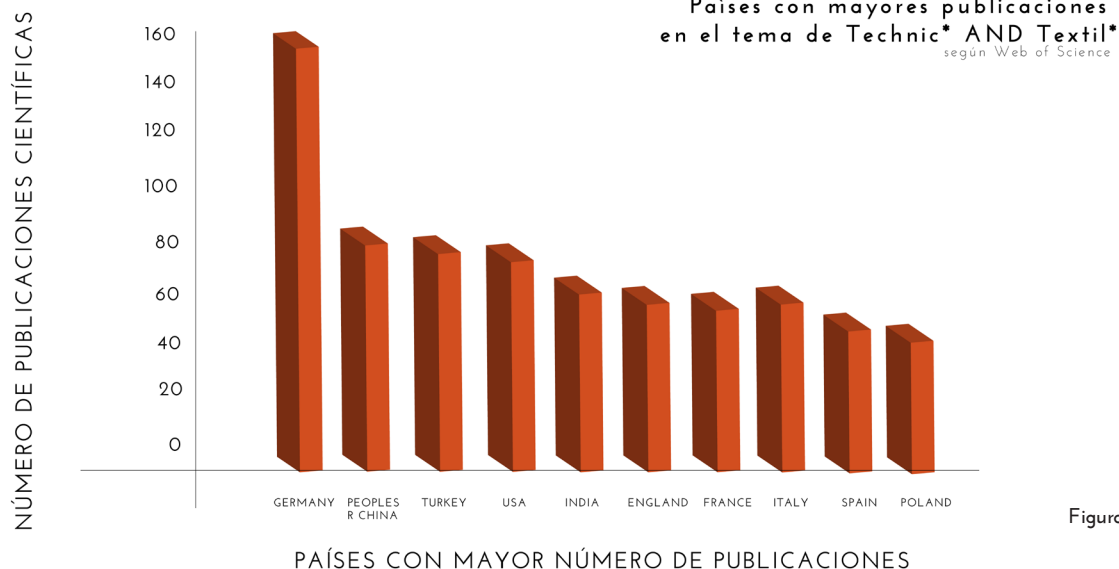


Figura 5



Figura 6

organización alemana: RTW Aachen University. La segunda organización con mayores publicaciones se encuentra en Turquía (EGE UNIVERSITY). Es interesante ver que varias de las organizaciones incluyen nombre como universidad técnica o tecnológica lo que probablemente resultó de las palabras clave escogidas para realizar la búsqueda (Figura 6).

Aparece con 17 publicaciones National Research & Development Institute Textiles & Leather INC DTP, entidad de Romania y varias de sus publicaciones aparecen financiadas por un plan sectorial del ministerio de Investigación e Innovación del país, lo cual muestra los resultados de este tipo de iniciativas, la mayoría de sus publicaciones se encuentran en INDUSTRIA TEXTALIA, una revista del mismo país pero que se encuentra en esta base de datos (Web of Science⁹ ya que cumple con los

requisitos de rigor científico.

Varias de sus publicaciones giran alrededor de textiles técnicos: para una agricultura sostenible o agro textiles (Carpus, Dorogan, Matache, Vladut, & Muscalu, 2019; Scarlat, Pricop, & Rusu, 2017), para empaques (Carpus, Dorogan, & Stroe, 2020), aislamiento de edificios (Ghituleasa et al., 2018) y para aplicaciones médicas (Ene, Mihai, Burlacu, & Zgarbura, 2012).

En la Figura 7, se muestra una gráfica de los principales autores bajo este término de búsqueda. El principal autor Cherif, Chokri pertenece a una institución alemana: Technische Universität Dresden. Un tercio de sus publicaciones se encuentran en bases de datos de acceso abierto, y su publicación más citada (Dobrich, Gereke, & Cherif, 2014) utiliza elementos digitales de simulación al comportamiento

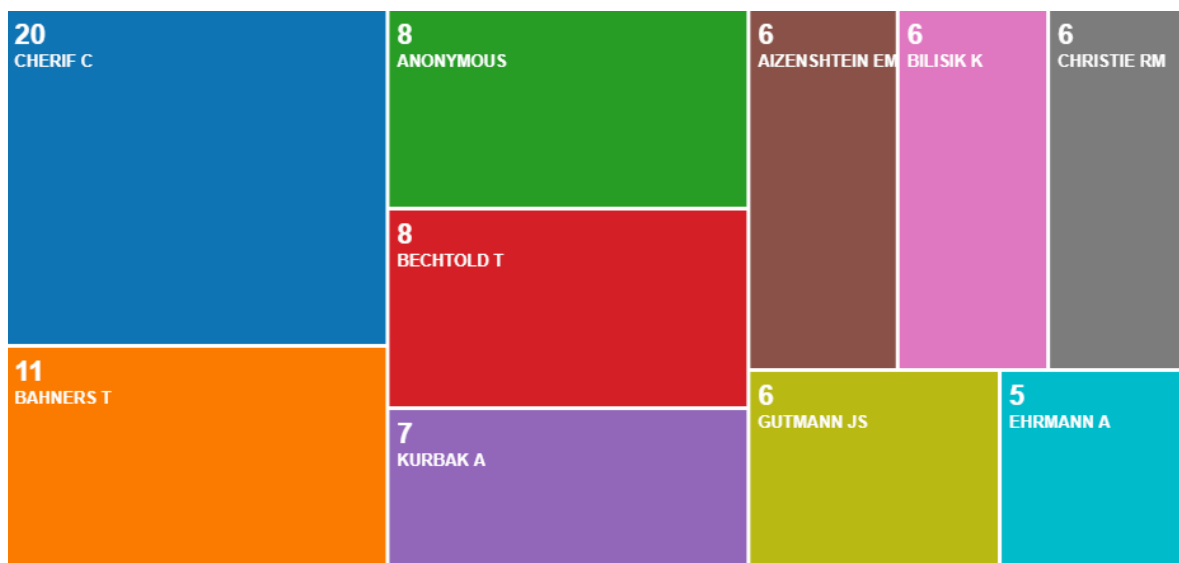


Figura 7



Figura 6

Organizaciones con mayores publicaciones científicas relacionadas con el tema de textiles técnicos según Web of Science (Palabras de búsqueda Technic* AND textil* entre 2005 y 2020). Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 25 de septiembre de 2019 de 2019.



Figura 7

Autores con mayor número de publicaciones bajo la búsqueda "Technic* AND Textil*" según Web of science Fuente: Recuperado de plataforma Web of Science. Búsqueda realizada el 25 de septiembre de 2019

mecánico de textiles reforzados.

La segunda publicación más citada de Chokri es una caracterización de las propiedades de barrera de telas tejidas para textiles quirúrgicos de protección (Laourine & Cherif, 2011) y varias publicaciones tienen aplicaciones de fibras textiles como refuerzo de materiales compuestos (Ashir, Nocke, & Cherif, 2020; Cherif, Tran, Kirsten, Brunig, & Vogel, 2018), o como actuadores en aleaciones con memoria de forma (Kluge et al., 2013). Varios de sus trabajos son caracterizaciones mecánicas o físicas, como resistencia a la tensión o propiedades de barrera de materiales textiles (Cherif, Seidel, Younes, & Hausding, 2010).

Cherif Chokri publica en revistas especializadas en textiles de acceso abierto, como *Textile Research Journal* y *Autex Research Journal* (Fazeli et al., 2018; Hubner, Fazeli, Gereke, & Cherif, 2018; Younes, Sankaran, Seidel, & Cherif, 2014).

Ambas búsquedas (smart and technic* textil) permiten identificar las siguientes tendencias de desarrollo de los textiles técnicos: biomímesis (A. V. Singh et al., 2012; N. A. Singh, 2017), nanotecnología (Shabbir & Mohammad, 2018; Shahidi & Moozenchi, 2018) y uso de fibras naturales (Duarte, Kohan, Pinheiro, Fonseca, & Baruque-Ramos, 2019; Ferreira, Ferreira, & Fangueiro, 2018; Yang, Wang, & Miao, 2018). Algunas de estas tendencias en investigación se describen con mayor detalle a continuación:

Biomímesis

Otra área en vigencia, son las investigaciones en Biomímesis, un campo de trabajo impulsado por problemas, donde sus alternativas de solución derivan de la adaptación de mecanismos presentes en la naturaleza. Este modelo analiza y responde cuáles son los mecanismos, estructuras, materiales, mecánicas, ópticas, fisiologías o patologías funcionales, que pueden constituir una inspiración o referencia para su articulación en procesos de diseño e ingeniería. Posterior a esta comprensión, se requiere desarrollar la fabricación de materiales o estructuras artificiales a través de métodos físicos, químicos o biológicos.

Sun (2017) investiga diferentes ejemplos de materiales desarrollados por biomímesis y presenta varios ejemplos que han terminado en aplicaciones textiles, caso del traje de baño Speedo Fastskin, "que proporciona mayor compresión muscular permitiendo al mismo tiempo una excelente libertad de movimiento"⁸, las aplicaciones de coloración estructural inspiradas en escarabajos y mariposas. Se destacan múltiples ejemplos de materiales superhidrofóbicos, inspirados en hojas de loto, escarabajos, hojas de arroz e inclusive ojos de mosquitos.

En la revisión que realizan Brown y Bhushan sobre materiales bioinspirados para el manejo de agua se presentan trabajos que datan desde 1985 en los que se utilizó la piel de tiburón como inspiración para el desarrollo de textiles que tengan menor resistencia en el agua para nadadores, las patas de los griegos en el año 2000, para materiales superhidrofóbicos y de alta adhesión, las alas de cigarras en el 2004 para superhidrofóbicos y antireflectivos, trabajos de 2007 y 2012 inspirados en las alas de mariposas, para materiales superhidrofóbicos, con coloración estructural y baja resistencia, el pétalo de rosas en los años 2008 y 2010 para materiales de alta o baja adhesión superhidrofóbicos y cactus en el 2012 para materiales con diferentes gradientes de mojabilidad o superhidrofóbicos (Brown Philip & Bhushan, 2016).

Nanotecnología

Diferentes nanopartículas de recubrimiento se han utilizado para mejorar el desempeño de diferentes propiedades textiles, entre ellas se encuentra el factor de protección ultravioleta con nanopartículas de ZnO (Staneva, Atanasova, Vasileva-Tonkova, Lukanova, & Grabchev, 2015), o con deposición metálica (Emam & Bechtold, 2015). También comportamiento antibacterial (Wang et al., 2016) con plata, cobre y óxido de zinc; de hecho, una estructura triparticulada AgNPs/ZnONPs/CuNPs sobre algodón otorga propiedades antibacteriales, de protección UV y de conductividad (Hassabo, El-Naggar, Mohamed, & Hebeish, 2019).

Attia et al, (2017) propone la síntesis de un recubrimiento compuesto por un aglutinante y nanopartículas de óxidos metálicos, el cual se aplica

sobre materiales textiles obteniendo propiedades de protección UV, comportamiento antibacterial y propiedades superhidrofóbicas.

Usualmente estas propiedades pueden combinarse en un mismo textil y a partir de un solo tratamiento obtener protección UV y autolimpieza por textiles tratados con nanopartículas de óxido de Titanio (Montazer & Seifollahzadeh, 2011)

Uso de fibras naturales

Las fibras de origen natural empleadas para fabricar cuerdas y bolsas o artesanías se están incluyendo en los últimos como objeto de funcionalización. Monzon (2019) publicó un artículo orientado al uso de fibra obtenida de la planta de banano en materiales compuestos.

Usar fibras naturales favorece a la disminución del impacto ambiental, como recurso renovable necesitan menos energía para su producción e implica procesos de tintura menos tóxicos, un comparativo energético entre fibras naturales y fibras sintéticas de alto rendimiento muestra que existe un consumo de 4 MJ/kg de fibra natural respecto a 30 MJ/kg de fibra de vidrio o 130 MJ/kg para fibra de carbono. Finalmente, su aprovechamiento permite una forma alternativa para la gestión de residuos (Monzon et al., 2019).

La investigación en fibras naturales agrupa desde técnicas de obtención, caracterización fisicoquímica, tratamiento y su inclusión en textiles y materiales compuestos, sobre todo con matrices poliméricas (Mehmood & Madsen, 2012; Ortega, Moron, Monzon, Badallo, & Paz, 2016; Pothan, Thomas, & Neelakantan, 1997).

En la caracterización fisicoquímica de fibras y telas naturales resultan de importancia la estandarización de pruebas que logren identificar las propiedades reales de estos materiales para que luego los valores y comportamientos puedan incluirse en modelos mecánicos (Dhakal, Zhang, Bennett, Lopez-Arraiza, & Vallejo, 2013; Mehmood & Madsen, 2012; Muralidhar, 2012). En las publicaciones se identifican los paquetes de software WiseTex y Multiscaler Designer para modelar estos

materiales naturales (Monzon et al., 2019).

El tratamiento de fibras naturales que puede ser químico, físico o biológico hace parte de una porción importante de las publicaciones en esta área ya que de él dependen sus propiedades finales: las de adhesión en materiales compuestos, o de hilado y tejido en textiles, siendo el tratamiento biológico el más común para aplicaciones en textiles (Kalia, Kaith, & Kaur, 2009).

Aplicaciones

Frente a textiles técnicos e inteligentes se encontraron múltiples publicaciones dirigidas a prendas funcionalizadas por sensórica (wearables o e-Textiles) (Fobelets, Thielemans, Mathivanan, & Papavassiliou, 2019; Pu et al., 2016; Puystiens et al., 2019; Rajan, Garofalo, & Chiolerio, 2018; Song et al., 2019); aplicaciones médicas (Massaroni et al., 2019), militares (Abtew, Boussu, Bruniaux, Loghin, & Cristian, 2019; Holmes & Horrocks, 2016; Revaiah, Kotresh, & Kandasubramanian) y existe una amplia área de trabajo en manejo del recurso agua con materiales repelentes a líquidos (Brown Philip & Bhushan, 2016).



En el sector agrícola resultan de interés las propiedades antibacteriales y repelencia a insectos, estas propiedades se han probado en redes de polietileno de alta densidad para su uso en agricultura (De Simone et al., 2015).

Propiedades poco convencionales y de mucho interés en la actualidad son el blindaje a infrarrojo y a interferencia electromagnética, dado que muchos aparatos electrónicos como celulares o computadoras emiten ondas electromagnéticas que pueden afectar la salud de los seres vivos (Xu et al., 2019).

Materiales conductores como los metales incrustados como nanopartículas en las superficies textiles (Bian et al., 2016; Han, Kim, & Oh, 2001; Moazzzenchi & Montazer, 2019), el uso de polímeros conductores dentro de las fibras textiles (Cohen David et al., 2017; Maiti, Das, & Sen, 2014; Shim et al., 2019) o técnicas como la pulverización magnetron (Miao, Jiang, Shang, & Chen, 2014; Miao, Li, Jiang, & Shang, 2015) pueden utilizarse como blindaje a la radiación electromagnética.

Conclusiones

Los textiles técnicos o inteligentes presentan potencial ilimitado, su desarrollo se trata de un trabajo conjunto entre diseñadores, ingenieros, profesionales de las ciencias puras e industriales que puedan hacer de las investigaciones productos comerciales.

La nanotecnología es uno de los principales motores de desarrollo para los textiles técnicos e inteligentes. Varias de las aplicaciones con más desarrollo y de mayor interés, reflejado en las citaciones de los autores más reconocidos, están orientadas a aplicaciones biomédicas y electroquímicas de las nanofibras, y a la producción de nanofibras biodegradables.

Los desarrollos que puede generar el país deberían estar orientados al desarrollo de materiales provenientes de nuestra biodiversidad y en lo posible con propiedades técnicas como liberación de humedad, de sustancias activas o propiedades de anti-flamabilidad. La biodiversidad en Colombia también ofrece potencial para el desarrollo de materiales biomiméticos.

En Colombia, según las palabras clave usadas, se encuentra solo una aplicación de textiles técnicos, lo cual significa una inmensa oportunidad de desarrollo.

Referencia Bibliográficas

Abtey, M. A., Boussu, F., Bruniaux, P., Loghin, C., & Cristian, I. (2019). Ballistic impact mechanisms - A review on textiles and fibre-reinforced composites impact responses. *Composite Structures*, 223. doi:10.1016/j.compstruct.2019.110966

Alseroury, F. A. (2018). Purification Of Water From Contaminated Dyes Through Adsorption By Agricultural Residues. *Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences*, 9(4), 918-925.

Armagan, B., & Toprak, F. (2015). Using pistachio shell for Remazol Red removal from aqueous solutions: equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Desalination and Water Treatment*, 56(1), 136-145. doi:10.1080/19443994.2014.934719

Attia, N., Ahmed, H., Yehia, D., Hassan, M., & Zaddin, Y. (2017). Novel synthesis of nanoparticles-based back coating flame-retardant materials for historic textile fabrics conservation. *Journal of Industrial Textiles*, 46(6), 1379-1392. doi:10.1177/1528083715619957

Attia, N. F., Moussa, M., Sheta, A. M. F., Taha, R., & Gamal, H. (2017). Effect of different nanoparticles based coating on the



- performance of textile properties. *Progress in Organic Coatings*, 104, 72-80. doi:<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2016.12.007>
- Baliarsingh, S., Jena, J., Das, T., & Das, N. B. (2013). Role of cationic and anionic surfactants in textile dyeing with natural dyes extracted from waste plant materials and their potential antimicrobial properties. *Industrial Crops and Products*, 50, 618-624. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.037>
- Bedekar, P. A., Bhalkar, B. N., Patil, S. M., & Govindwar, S. P. (2016). Moringa oleifera-mediated coagulation of textile wastewater and its biodegradation using novel consortium-BBA grown on agricultural waste substratum. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(20), 20963-20976. doi:[10.1007/s11356-016-7279-8](https://doi.org/10.1007/s11356-016-7279-8)
- Bhushan, B. (2007). Adhesion of multi-level hierarchical attachment systems in gecko feet. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 21(12-13), 1213-1258. doi:[10.1163/156856107782328353](https://doi.org/10.1163/156856107782328353)
- Bhushan, B. (2009). Biomimetics: lessons from nature-an overview. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 367(1893), 1445-1486. doi:[10.1098/rsta.2009.0011](https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0011)
- Bian, X.-M., Liu, L., Li, H.-B., Wang, C.-Y., Xie, Q., Zhao, Q.-L., . . . Hou, Z.-L. (2016). Construction of three-dimensional graphene interfaces into carbon fiber textiles for increasing deposition of nickel nanoparticles: flexible hierarchical magnetic textile composites for strong electromagnetic shielding. *Nanotechnology*, 28(4), 045710. doi:[10.1088/1361-6528/28/4/045710](https://doi.org/10.1088/1361-6528/28/4/045710)
- Bohn, H. F., & Federle, W. (2004). Insect aquaplaning: *Nepenthes* pitcher plants capture prey with the peristome, a fully wettable water-lubricated anisotropic surface. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(39), 14138. doi:[10.1073/pnas.0405885101](https://doi.org/10.1073/pnas.0405885101)
- Brown Philip, S., & Bhushan, B. (2016). Bioinspired materials for water supply and management: water collection, water purification and separation of water from oil. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2073), 20160135. doi:[10.1098/rsta.2016.0135](https://doi.org/10.1098/rsta.2016.0135)
- Brown, P. S., & Bhushan, B. (2017). Liquid-impregnated porous polypropylene surfaces for liquid repellency. *Journal of Colloid and Interface Science*, 487, 437-443. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.10.079>
- Cohen David, N., David, Y., Katz, N., Milanovich, M., Anavi, D., Buzhor, M., & Amir, E. (2017). Electro-conductive fabrics based on dip coating of cotton in poly(3-hexylthiophene). *Polymers for Advanced Technologies*, 28(5), 583-589. doi:[10.1002/pat.3857](https://doi.org/10.1002/pat.3857)
- De Simone, S., Lombardi, F. A., Paladini, F., Starace, G., Sannino, A., & Pollini, M. (2015). Development of antibacterial silver treatments on HDPE nets for agriculture. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(11). doi:[10.1002/app.41623](https://doi.org/10.1002/app.41623)
- Dean, B., & Bhushan, B. (2010). Shark-skin surfaces for fluid-drag reduction in turbulent flow: a review. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1929), 4775-4806. doi:[10.1098/rsta.2010.0201](https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0201)
- Dhakal, H. N., Zhang, Z. Y., Bennett, N., Lopez-Arraiza, A., & Vallejo, F. J. (2013). Effects of water immersion ageing on the mechanical properties of flax and jute fibre biocomposites evaluated by nanoindentation and flexural testing. *Journal of Composite Materials*, 48(11), 1399-1406. doi:[10.1177/0021998313487238](https://doi.org/10.1177/0021998313487238)
- Duarte, L. O., Kohan, L., Pinheiro, L., Fonseca, H., & Baruaque-Ramos, J. (2019). Textile natural fibers production regarding the agroforestry approach. *Sn Applied Sciences*, 1(8). doi:[10.1007/s42452-019-0937-y](https://doi.org/10.1007/s42452-019-0937-y)
- Emam, H. E., & Bechtold, T. (2015). Cotton fabrics with UV blocking properties through metal salts deposition. *Applied Surface Science*, 357, 1878-1889. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.09.095>
- Ferreira, D. P., Ferreira, A., & Figueiro, R. (2018). Searching for Natural Conductive Fibrous Structures via a Green Sustainable Approach Based on Jute Fibers and Silver Nanoparticles. *Polymers*, 10(1). doi:[10.3390/polym10010063](https://doi.org/10.3390/polym10010063)
- Fobelets, K., Thielemans, K., Mathivanan, A., & Papavassiliou, C. (2019). Characterization of Knitted Coils for e-Textiles. *Ieee Sensors Journal*, 19(18), 7835-7840. doi:[10.1109/jsen.2019.2917542](https://doi.org/10.1109/jsen.2019.2917542)
- Gao, X., & Jiang, L. (2004). Biophysics: water-repellent legs of water striders. *Nature*, 432(7013), 36.
- Han, E. G., Kim, E. A., & Oh, K. W. (2001). Electromagnetic interference shielding effectiveness of electrodeless Cu-plated PET fabrics. *Synthetic Metals*, 123(3), 469-476. doi:[https://doi.org/10.1016/S0379-6779\(01\)00332-0](https://doi.org/10.1016/S0379-6779(01)00332-0)
- Hassabo, A. G., El-Naggar, M. E., Mohamed, A. L., & Hebeish, A. A. (2019). Development of multifunctional modified cotton fabric with tri-component nanoparticles of silver, copper and zinc oxide. *Carbohydrate Polymers*, 210, 144-156. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.066>
- Holmes, D. A., & Horrocks, A. R. (2016). 10 - Technical textiles for survival. In A. R. Horrocks & S. C. Anand (Eds.), *Handbook of Technical Textiles (Second Edition)* (pp. 287-323): Woodhead Publishing.
- Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (2016). *Handbook of Technical Textiles (Second Edition)*: Woodhead Publishing.
- Hou, X. L., Fang, F. F., Guo, X. L., Wizi, J., Ma, B. M., Tao, Y. Y., & Yang, Y. Q. (2017). Potential of Sorghum Husk Extracts as a Natural Functional Dye for Wool Fabrics. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(6), 4589-4597. doi:[10.1021/acssuschemeng.6b02969](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b02969)
- Kalia, S., Kaith, B. S., & Kaur, I. (2009). Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing mate-

- rial in polymer composites—A review. *Polymer Engineering & Science*, 49(7), 1253-1272. doi:10.1002/pen.21328
- Keshav, S. (2007). How to read a paper. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, 37(3), 83-84. doi:10.1145/1273445.1273458
- Kurbak, A. (2019a). Models for basic warp knitted fabrics Part II: single guide bar fabrics (closed-lap and open-lap). *Textile Research Journal*, 89(10), 1886-1916. doi:10.1177/0040517518780001
- Kurbak, A. (2019b). Models for basic warp knitted fabrics Part III: the two guide bar fabrics (Double Tricot, Locknit, Reverse Locknit, Satin, Sharkskin). *Textile Research Journal*, 89(10), 1917-1937. doi:10.1177/0040517518779998
- Madou, M. J. (2002). *Fundamentals of microfabrication: the science of miniaturization*. CRC press.
- Maiti, S., Das, D., & Sen, K. (2014). Characterization of electro-conductive fabrics prepared by in situ chemical and electrochemical polymerization of pyrrole onto polyester fabric. *Materials Science and Engineering: B*, 187, 96-101. doi:https://doi.org/10.1016/j.mseb.2014.05.003
- Massaroni, C., Di Tocco, J., Lo Presti, D., Longo, U. G., Micciniti, S., Sterzi, S., . . . Schena, E. (2019). Smart Textile Based on Piezoresistive Sensing Elements for Respiratory Monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 19(17), 7718-7725. doi:10.1109/jsen.2019.2917617
- McCarthy, B. J. (2016). 1 - An overview of the technical textiles sector. In A. R. Horrocks & S. C. Anand (Eds.), *Handbook of Technical Textiles (Second Edition)* (pp. 1-20). Woodhead Publishing.
- Mehmood, S., & Madsen, B. (2012). Properties and performance of flax yarn/thermoplastic polyester composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(24), 1746-1757. doi:10.1177/0731684412441686
- Mejía López, L. M., Alzate García, F., Gutiérrez Zuluaga, F., & Galeano Rojo, M. F. (2017). *Textiles Técnicos/Manual de uso*. In (Primera Edición ed.): CLUSTER TEXTIL/ CONFECCIÓN, DISEÑO Y MODA DE MEDELLÍN.
- Miao, D., Jiang, S., Shang, S., & Chen, Z. (2014). Highly transparent and infrared reflective AZO/Ag/AZO multilayer film prepared on PET substrate by RF magnetron sputtering. *Vacuum*, 106, 1-4. doi:https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2014.02.021
- Miao, D., Li, A., Jiang, S., & Shang, S. (2015). Fabrication of Ag and AZO/Ag/AZO ceramic films on cotton fabrics for solar control. *Ceramics International*, 41(5, Part A), 6312-6317. doi:https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.01.057
- Mirschel, G., Daikos, O., & Scherzer, T. (2019). In-line monitoring of the thickness distribution of adhesive layers in black textile laminates by hyperspectral imaging. *Computers & Chemical Engineering*, 124, 317-325. doi:10.1016/j.compchemeng.2019.01.015
- Moazzzenchi, B., & Montazer, M. (2019). Click electroless plating of nickel nanoparticles on polyester fabric: Electrical conductivity, magnetic and EMI shielding properties. *Colloids and Surfaces a-Physicochemical and Engineering Aspects*, 571, 110-124. doi:10.1016/j.colsurfa.2019.03.065
- Montazer, M., & Seifollahzadeh, S. (2011). Enhanced Self-cleaning, Antibacterial and UV Protection Properties of Nano TiO₂ Treated Textile through Enzymatic Pretreatment. *Photochemistry and Photobiology*, 87(4), 877-883. doi:10.1111/j.1751-1097.2011.00917.x
- Monzon, M. D., Paz, R., Verdaguier, M., Suarez, L., Badallo, P., Ortega, Z., & Diaz, N. (2019). Experimental Analysis and Simulation of Novel Technical Textile Reinforced Composite of Banana Fibre. *Materials*, 12(7). doi:10.3390/ma12071134
- Mumtaz, R., Bashir, S., Numan, M., Shinwari, Z. K., & Ali, M. (2019). Pigments from Soil Bacteria and Their Therapeutic Properties: A Mini Review. *Current Microbiology*, 76(6), 783-790. doi:10.1007/s00284-018-1557-2
- Muralidhar, B. A. (2012). Tensile and compressive properties of flax-plain weave preform reinforced epoxy composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32(3), 207-213. doi:10.1177/0731684412469136
- Na, H., Chen, P., Wong, S.-C., Hague, S., & Li, Q. (2012). Fabrication of PVDF/PVA microtubules by coaxial electrospinning. *Polymer*, 53(13), 2736-2743. doi:https://doi.org/10.1016/j.polymer.2012.04.021
- Ortega, Z., Moron, M., Monzon, M. D., Badallo, P., & Paz, R. (2016). Production of Banana Fiber Yarns for Technical Textile Reinforced Composites. *Materials*, 9(5). doi:10.3390/ma9050370
- Pandey, S., Pandey, S., Parashar, V., Mehrotra, G., & Pandey, A. (2011). Ag/PVA nanocomposites: Optical and thermal dimensions (Vol. 21). Pothan, L. A., Thomas, S., & Neelakantan, N. R. (1997). Short Banana Fiber Reinforced Polyester Composites: Mechanical, Failure and Aging Characteristics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 16(8), 744-765. doi:10.1177/073168449701600806
- Pu, X., Song, W. X., Liu, M. M., Sun, C. W., Du, C. H., Jiang, C. Y., . . . Wang, Z. L. (2016). Wearable Power-Textiles by Integrating Fabric Triboelectric Nanogenerators and Fiber-Shaped Dye-Sensitized Solar Cells. *Advanced Energy Materials*, 6(20). doi:10.1002/aenm.201601048
- Puystiens, S., Van Craenenbroeck, M., Van Hemelrijck, D., Van Paepegem, W., Mollaert, M., & De Laet, L. (2019). Implementation of bending-active elements in kinematic form-active structures - Part I: Design of a representative case study. *Composite Structures*, 216, 436-448. doi:10.1016/j.compstruct.2019.03.001
- Rajan, K., Garofalo, E., & Chiolerio, A. (2018). Wearable Intrinsically Soft, Stretchable, Flexible Devices for Memories and Computing. *Sensors*, 18(2). doi:10.3390/s18020367

Revaiah, R. G., Kotresh, T. M., & Kandasubramanian, B. Technical textiles for military applications. *Journal of the Textile Institute*. doi:10.1080/00405000.2019.1627987

Shabbir, M., & Mohammad, F. (2018). Multifunctional AgNPs@Wool: colored, UV-protective and antioxidant functional textiles. *Applied Nanoscience*, 8(3), 545-555. doi:10.1007/s13204-018-0668-1

Shahidi, S., & Moazzenchi, B. (2018). Carbon nanotube and its applications in textile industry - A review. *Journal of the Textile Institute*, 109(12), 1653-1666. doi:10.1080/00405000.2018.1437114

Singh, A. V., Rahman, A., Kumar, N., Aditi, A. S., Galluzzi, M., Bovio, S., . . . Parazzoli, D. (2012). Bio-inspired approaches to design smart fabrics. *Materials & Design*, 36, 829-839. doi:10.1016/j.matdes.2011.01.061

Singh, N. A. (2017). Nanotechnology innovations, industrial applications and patents. *Environmental Chemistry Letters*, 15(2), 185-191. doi:10.1007/s10311-017-0612-8

Shim, E., Su, J., Noro, J., Teixeira, M. A., Cavaco-Paulo, A., Silva, C., & Kim, H. R. (2019). Conductive bacterial cellulose by in situ laccase polymerization of aniline. *Plos One*, 14(4). doi:10.1371/journal.pone.0214546

Song, L. X., Wang, T. W., Jing, W. R., Xie, X. Y., Du, P. F., & Xiong, J. (2019). High flexibility and electrocatalytic activity MoS₂/TiC/carbon nanofibrous film for flexible dye-sensitized solar cell based photovoltaic textile. *Materials Research Bulletin*, 118. doi:10.1016/j.materresbull.2019.110522

Staneva, D., Atanasova, D., Vasileva-Tonkova, E., Lukanova, V., & Grabchev, I. (2015). A cotton fabric modified with a hydrogel containing ZnO nanoparticles. Preparation and properties study. *Applied Surface Science*, 345, 72-80. doi:https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.03.141

Sun, L. J., Sun, J. J., Chen, L., Niu, P. F., Yang, X. B., & Guo, Y. R. (2017). Preparation and characterization of chitosan film incorporated with thinned young apple polyphenols as an active packaging material. *Carbohydrate Polymers*, 163, 81-91. doi:10.1016/j.carbpol.2017.01.016

Vargas, F. & O. Castellanos (2005) Vigilancia como herramienta de innovación y desarrollo tecnológico. Caso de aplicación: sector de empaques plásticos flexibles. *Ingeniería e Investigación*, 25, 32-41.

Wang, Y., Sha, L., Zhao, J., Li, Q., Zhu, Y., & Wang, N. (2016). Antibacterial property of fabrics coated by magnesium-based brucites (Vol. 400). Xu, J. T., Jiang, S. X., Peng, L. H., Wang, Y. X., Shang, S. M., Miao, D. G., & Guo, R. H. (2019). AgNps-PVA-coated woven cotton fabric: Preparation, water repellency, shielding properties and antibacterial activity. *Journal of Industrial Textiles*, 48(10), 1545-1565. doi:10.1177/1528083718764908

Yang, X. H., Wang, W. H., & Miao, M. H. (2018). Mois-

ture-Responsive Natural Fiber Coil-Structured Artificial Muscles. *Acs Applied Materials & Interfaces*, 10(38), 32256-32264. doi:10.1021/acsami.8b12144

Yasin, S., & Sun, D. M. (2019). Propelling textile waste to ascend the ladder of sustainability: EOL study on probing environmental parity in technical textiles. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1451-1464. doi:10.1016/j.jclepro.2019.06.009

Zheng, Y., Gao, X., & Jiang, L. (2007). Directional adhesion of superhydrophobic butterfly wings. *Soft Matter*, 3(2), 178-182. doi:10.1039/B612667G



Forma de citar el artículo

García, Angela, G.A., Buitrago, Ailyn, B.A., (2019) Vigilancia Tecnológica Sobre Textiles Técnicos. *Revista INNMODALAB*. (4), XX-XX.

