

De actualidad

Desde la UAM

Noticias de la AMC



José de Jesús Serralta Macías y Juan Carlos Tapia Picazo

Tejiendo el futuro: nanotecnología en la industria textil

El objetivo de este artículo es ofrecer a los lectores una visión general de cómo el tamaño, la geometría y la composición química de los materiales influyen en el rendimiento y las propiedades de los diversos productos que utilizamos en nuestra vida cotidiana, como pueden ser los textiles. El fascinante mundo de los nanomateriales ha revolucionado industrias enteras, como la aeroespacial, energética, de tecnologías de la información y la medicina. La industria textil no es la excepción, pues representa un sector económico crucial en muchos países, incluido México.

Historia de los textiles

La industria textil, cuyo nombre proviene del latín *texere*, que significa “tejer”, originalmente se centraba en la creación de telas a partir de fibras naturales, principalmente para la confección de vestimenta. Hoy en día, abarca una amplia gama de procesos y aplicaciones, incluidos el *tufting* y los no tejidos que se utilizan en mercados como el de la filtración de aire y agua, salud y medicina, higiene personal, construcción, agricultura, moda y textiles para el hogar.

Desde sus comienzos, los textiles han experimentado numerosas transformaciones y revoluciones. El arte de hilar fibras de lino se desarrolló alrededor del año 3400 a. C. en Egipto, y fue adoptado por los pueblos mesopotámicos como un material textil principal. La seda, obtenida del gusano de seda, fue descubierta en China hacia el 5600 a. C., aunque el desarrollo de la sericultura y el hilado de la seda comenzó alrededor del 2640 a. C. Posteriormente, el algodón, que sigue siendo uno de los textiles más comunes y utilizados en la actualidad, empezó a ser cultivado. Los mesopotámicos también comenzaron a emplear la lana obtenida de ovejas.

Durante la Revolución Industrial (1760-1840), las fibras naturales como el algodón, combinadas con la introducción de maquinaria y grandes plantaciones, permitieron innovaciones significativas en la manufactura de tejidos e hilados. Aunque la producción textil tiene una historia que se remonta a miles de años, la industria textil moderna se consolidó en el siglo XVIII con la adopción de tecnologías mecánicas durante este periodo.

En 1884 se desarrolló la primera fibra artificial, el rayón, conocida inicialmente como seda artificial. Luego, en 1923, se comenzó a producir industrialmente el acetato de celulosa. En 1931, el químico estadounidense Wallace Carothers, de la compañía DuPont, descubrió polímeros, moléculas gigantes que dieron origen a materiales sintéticos como el *nylon*, el acrílico y el poliéster. Esto llevó a la creación de fibras sintéticas más duraderas y resistentes a químicos, lo que dio lugar a una nueva gama de tecnologías y productos.

En las últimas décadas, el desarrollo de nanomateriales ha transformado radicalmente la industria textil, permitiendo la creación de tejidos con propiedades asombrosas que impactan desde la ropa de uso diario hasta los textiles más especializados. La integración de nanopartículas en las fibras textiles ha dado lugar a innovaciones que antes parecían sacadas de la ciencia ficción.

Nanociencia y nanotecnología

La nanociencia es un campo interdisciplinario que combina física, ciencia de materiales y biología, enfocándose en la manipulación de la materia a escala nanométrica ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Por otro lado, la nanotecnología se refiere a los métodos y técnicas utilizadas para observar, medir, manipular, ensamblar, controlar y fabricar materiales a esta escala (Bayda y cols., 2020).

Las partículas pueden clasificarse de acuerdo con su tamaño mediante el uso de prefijos, como “micro-” en el caso de los referidos a una micropartícula y “nano-” en el de las nanopartículas. En la **Tabla 1** se definen los diferentes prefijos y conversiones para las unidades de longitud.

Las micropartículas, que se encuentran en una escala de tamaño micrométrico (de 1 a 100 micrómetros), son visibles sólo con la ayuda de microscopios ópticos. A esta escala, es posible encontrar microorganismos como ácaros, hongos microscópicos y bacterias. Las fibras textiles individuales, con un diámetro típico de alrededor de 20 micrómetros, también se sitúan en esta categoría. Sin embargo, al hablar de nanopartículas, nos adentramos en un

Tabla 1. Prefijos y conversión de unidades de longitud.

Escritura	Símbolo	Potencia
Metro	m	$1 \times 10^0 \text{ m}$
Centímetro	cm	$1 \times 10^{-2} \text{ m}$
Milímetro	mm	$1 \times 10^{-3} \text{ m}$
Micrómetro	μm	$1 \times 10^{-6} \text{ m}$
Nanómetro	nm	$1 \times 10^{-9} \text{ m}$
Picómetro	pm	$1 \times 10^{-10} \text{ m}$

mundo de dimensiones mucho más pequeñas, típicamente de 1 a 100 nanómetros. Aunque el diámetro de una fibra textil puede parecer pequeño (entre 10 y 100 micrómetros), desde la perspectiva de un nanomaterial, esta dimensión sigue siendo gigantesca, lo que permite que las nanopartículas se dispersen de manera uniforme a lo largo de toda la estructura de una fibra. Para ilustrar mejor lo anterior, la **Figura 1** muestra una escala de tamaño de las nanopartículas en comparación con objetos comunes.

Importancia del tamaño en los nanomateriales

Los nanomateriales presentan propiedades únicas y diferentes a las de sus contrapartes en escalas más grandes, debido principalmente a dos factores clave: una mayor área superficial relativa y el efecto de confinamiento cuántico. Una mayor área superficial significa que una proporción significativa de los átomos de la partícula se encuentra en la superficie, lo que aumenta su reactividad y permite que los nanomateriales interactúen de manera más eficiente con su entorno.

Por ejemplo, si reducimos una masa de un material, por ejemplo, óxido de silicio (SiO_2), a dimensiones nanométricas (específicamente 20 nm de longitud), se podría cubrir un área equivalente a una cancha de tenis con sólo 1.5 gramos de material. Esto se debe a que, al reducir el tamaño de las partículas, la superficie total aumenta significativamente, lo que subraya la eficiencia y el ahorro de material que se puede lograr al trabajar con nanomateriales. Lo anterior se ejemplifica gráficamente en la **Figura 2**.

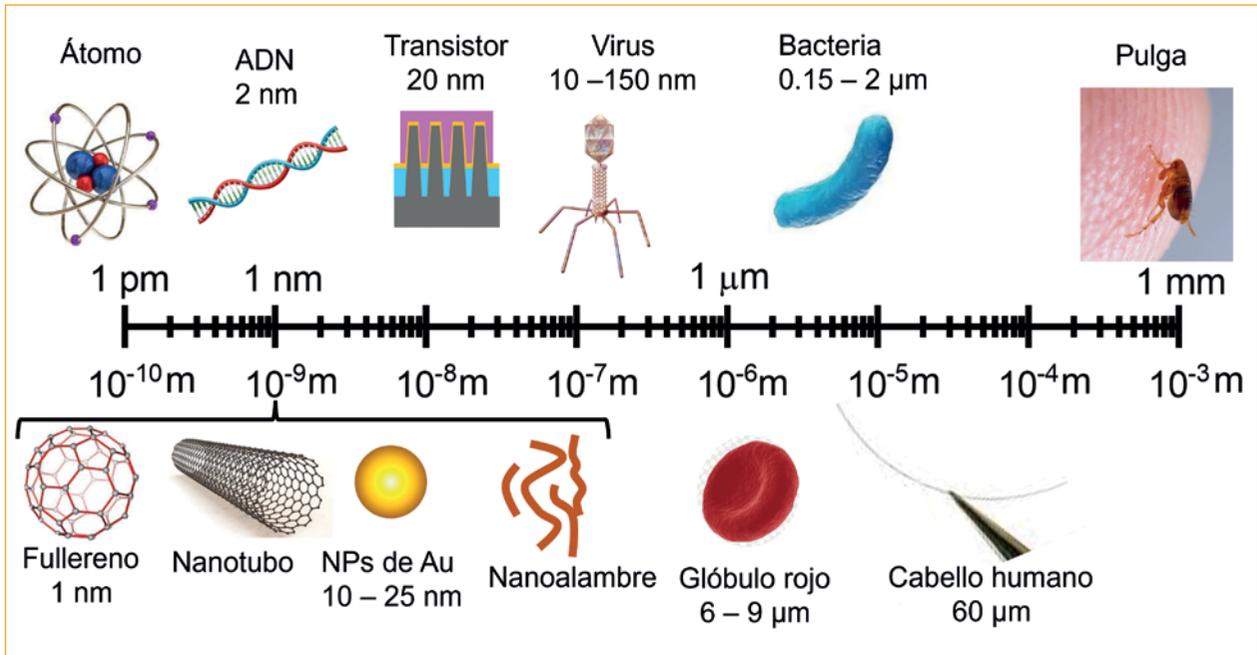


Figura 1. Comparación de tamaño de los objetos.

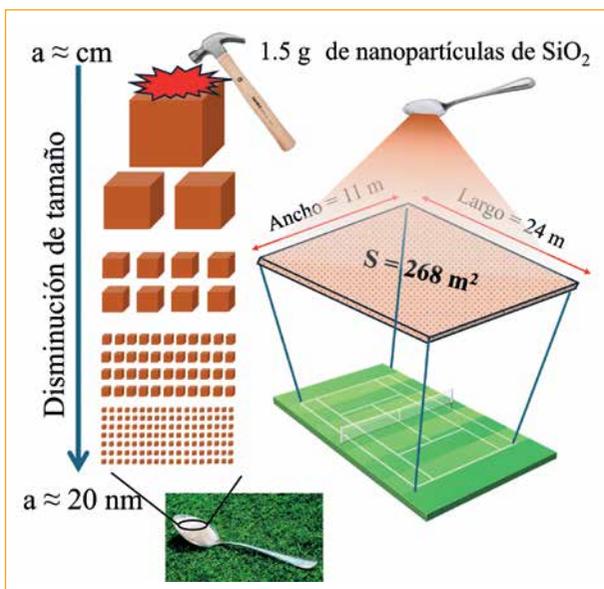


Figura 2. Perspectiva de área superficial relativa de las nanopartículas.

El efecto de confinamiento cuántico también tiene un papel crucial. A escalas nanométricas, las propiedades electrónicas de los materiales cambian significativamente en comparación con sus versiones más grandes. Esto se debe a que los electrones dentro del material están confinados en espacios muy pequeños (menos de 100 nanómetros) en al menos una

dimensión (largo, ancho o alto). Este confinamiento altera el comportamiento del material y puede dar lugar a fenómenos como cambios en la absorción de la luz, conductividad eléctrica y emisión de luz.

Los nanomateriales se clasifican en cuatro categorías principales en función de su dimensionalidad:

- **0D (cero dimensiones superiores a 100 nm):** incluidas nanopartículas esféricas, que no tienen dimensiones mayores que 100 nanómetros.
- **1D (una dimensión mayor que 100 nm):** incluye nanoalambres, nanotubos y nanoagujas, donde una dimensión, como el largo, supera los 100 nanómetros.
- **2D (dos dimensiones mayores que 100 nm):** encontramos películas ultradelgadas, que tienen dos dimensiones por encima de los 100 nanómetros.
- **3D (tres dimensiones mayores que 100 nm):** estos materiales tienen todas sus dimensiones mayores que 100 nanómetros, pero pueden incluir componentes a escala nanométrica, como fibras textiles modificadas con nanopartículas.

En la **Figura 3** pueden apreciarse gráficamente estas clasificaciones de nanomateriales en función

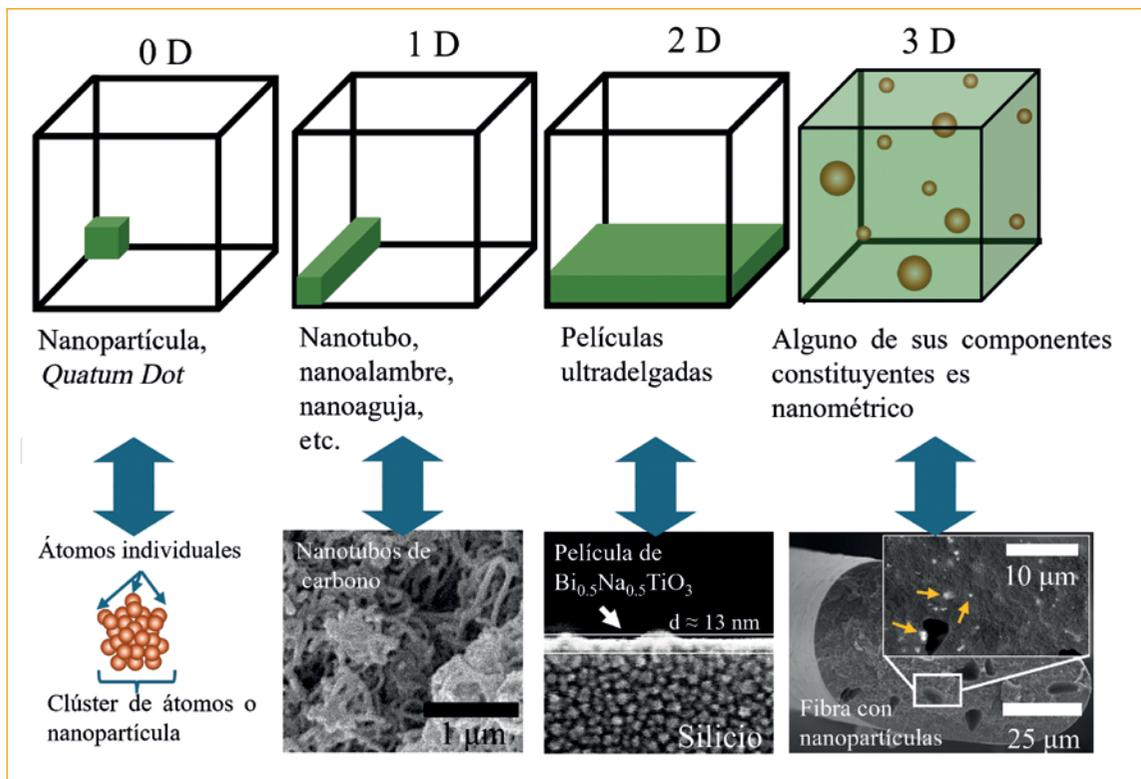


Figura 3. Clasificación de los materiales nanoestructurados en función de su dimensionalidad y algunos ejemplos.

de su dimensionalidad (0D, 1D, 2D, y 3D) y algunos ejemplos reales.

El pequeño tamaño de los nanomateriales no sólo modifica sus propiedades en función de su dimensión y forma, sino que también hace que manifiesten fenómenos únicos –y deseables desde el punto de vista industrial y tecnológico–, que no se observan en sus contrapartes macroscópicas, incluso si están compuestos del mismo material.

Aplicación de las nanopartículas en la industria textil

En los últimos años, el diseño y la fabricación de nanomateriales adaptados a las necesidades de diversas industrias, como la química, alimentaria, textil, informática, electrónica y médica, ha dado lugar a más de 1 300 aplicaciones conocidas, y son muchas más las proyectadas para el futuro (Sebastián, 2018). En particular, la incorporación de nanopartículas en los textiles permite obtener fibras con nuevas características sin alterar sus propiedades de confort.

Algunos ejemplos de estas aplicaciones son tejidos de vestir que no se arrugan o cambian de color en respuesta a la luz solar, entre otras características innovadoras (Yetisen y cols., 2016). Sin embargo, una de las más grandes aplicaciones de los nanomateriales es en el campo médico, como fibras y estructuras para ingeniería de tejidos, andamiaje, sistemas de administración de fármacos e integración de materiales conductores a escala nanométrica (Singh y cols., 2025).

Dentro de este panorama, los textiles médicos modificados con nanomateriales representan una innovación particularmente significativa debido al papel crucial que tienen en diversas aplicaciones clínicas que van desde el cuidado avanzado de heridas hasta el control de infecciones que se adquieren durante la estancia de un paciente en hospitales (infecciones nosocomiales), pasando por procedimientos quirúrgicos más seguros y por el mantenimiento de estándares elevados de higiene hospitalaria. Lo anterior se logra a partir de la implementación de equipos de protección médica, como cofias, batas

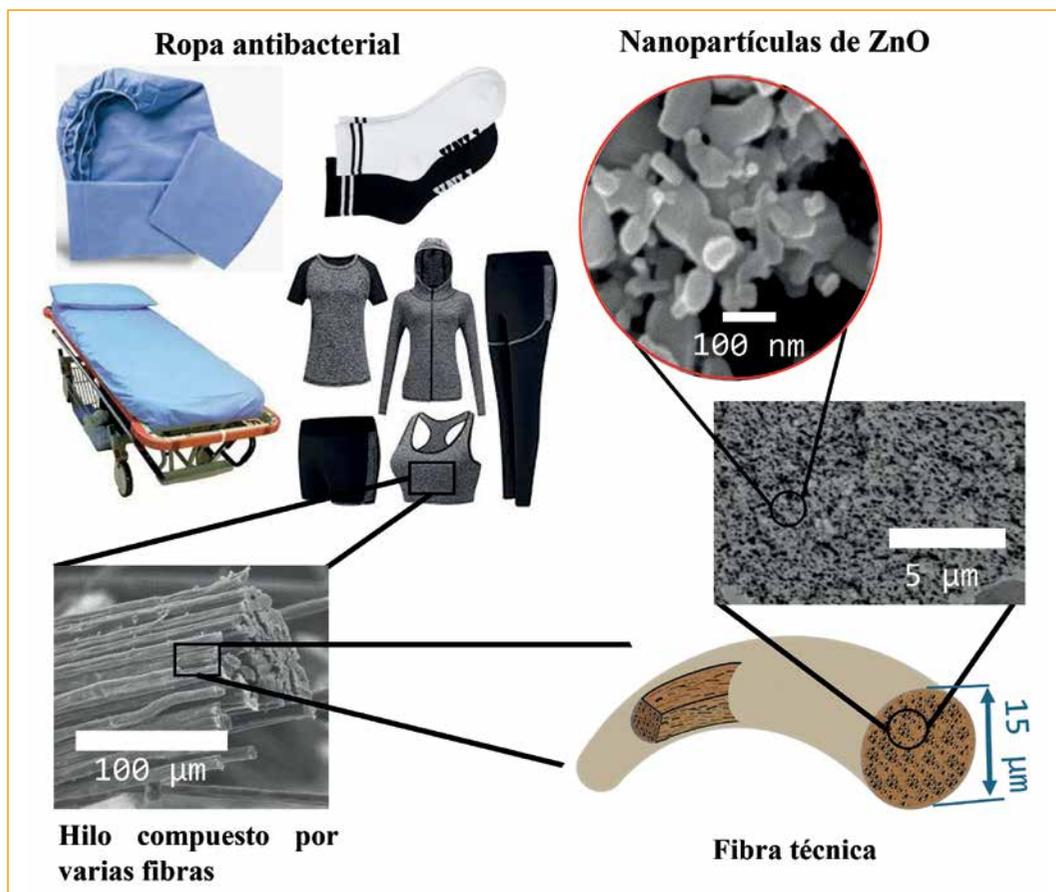


Figura 4. Microestructura de algunos textiles técnicos antibacteriales.

quirúrgicas y cubrebocas, así como con ropa de cama hospitalaria (sábanas, cortinas y fundas) con propiedades antimicrobiales de amplio espectro (Haleem y cols., 2023).

Además, la creciente adopción de textiles antibacterianos se ve reflejada en el interés de consumidores preocupados por la higiene y la salud. Como se muestra en la **Figura 4**, su uso se ha extendido, especialmente en el ámbito de la ropa deportiva, donde combaten eficazmente infecciones y controlan los olores. Estos tejidos incorporan nanomateriales sin comprometer su funcionalidad ni el confort en usos cotidianos.

Otra aplicación prometedora del uso de textiles modificados con nanopartículas es su potencial como soporte o sustrato para la incorporación de dispositivos electrónicos y ópticos. Es importante destacar que estos textiles no sólo actúan como un soporte, sino que desempeñan funciones indis-

pensables en el funcionamiento de los dispositivos electrónicos, convirtiéndose en una parte integral de los mismos. Esto ha dado lugar al desarrollo de electrónicos flexibles y portátiles que pueden incluir sensores, dispositivos de adquisición de datos y unidades de procesamiento. Estas innovaciones han permitido la creación de los llamados “textiles inteligentes”, usados en ropa, gorras, mochilas, entre otros productos (Júnior y cols., 2022; Yetisen y cols., 2016).

Imaginemos, por ejemplo, una prenda fabricada con textiles inteligentes capaz de captar y almacenar energía solar y de proporcionarnos energía eléctrica en cualquier lugar, o bien de monitorear el ritmo cardíaco, la humedad del ambiente y la temperatura corporal (Júnior y cols., 2022; Yetisen y cols., 2016). Esta aplicación queda claramente representada en la **Figura 5**, donde se muestran diversos dispositivos electrónicos que no sólo están integra-



Figura 5. Algunas aplicaciones de textiles inteligentes en dispositivos de almacenamiento y generación de energía eléctrica, así como en el monitoreo de signos vitales y condiciones ambientales.

dos en la ropa, sino que forman parte constitutiva de la misma. Éstas y muchas más aplicaciones ya pueden ser encontradas en el mercado y cada vez tienen más demanda en el mundo (Yetisen y cols., 2016).

Cabe mencionar que las aplicaciones de nanopartículas en los materiales textiles no se limitan a la moda y funcionalidad. Un gran número de estas aplicaciones están enfocadas en mejorar la salud, la sostenibilidad y la sustentabilidad global, abordando problemas críticos como la energía, el medio ambiente y las enfermedades derivadas del crecimiento poblacional (Álvarez-Láinez y cols., 2020). Por ejemplo, algunos dispositivos médicos que utilizan nanopartículas –como los biosensores de diagnóstico, los sistemas de administración de fármacos y las sondas de imagen (Bayda y cols., 2020)– pueden integrarse en fibras textiles. Además, los textiles modificados con nanopartículas se están utilizando para desarrollar una nueva generación de celdas solares, baterías de hidrógeno y sistemas innovadores de almacenamiento de energía. Estos sistemas son capaces de almacenar y generar energía limpia de manera

eficiente y económica, reduciendo la dependencia de combustibles no renovables y altamente contaminantes (Bayda y cols., 2020).

Conclusiones

El avance de la nanotecnología ha transformado la industria textil, satisfaciendo la creciente demanda de los consumidores por productos que combinan estética, funcionalidad y cuidado de la salud. La incorporación de nanomateriales en los textiles ha permitido el desarrollo de tejidos con propiedades antibacterianas, **protección UV**, repelencia al agua y resistencia a las arrugas, características que han encontrado aplicaciones clave en el ámbito médico y sanitario. Además, la integración de tecnologías electrónicas y de nanomateriales en los textiles ha dado lugar a dispositivos portátiles y flexibles como baterías, capacitores, celdas solares y sensores biométricos integrados en la ropa, encargados de monitorear la salud personal en tiempo real. Estas innovaciones están llevando la moda y la funcio-

Protección uv
En el contexto textil, la protección uv se refiere a la capacidad de un tejido para bloquear los rayos ultravioleta (uv) del sol, reduciendo su penetración en la piel y minimizando los riesgos de daño mediante la incorporación de nanomateriales especiales durante su fabricación.

nalidad textil a un nuevo nivel, transformando los componentes electrónicos rígidos tradicionales en materiales flexibles y ligeros, integrados de manera casi imperceptible en nuestra vida diaria. La continua evolución en este campo no sólo promete satisfacer, sino también anticipar y superar las expectativas de los consumidores en el futuro cercano.

José de Jesús Serralta Macías

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
serralta_macias@yahoo.com.mx

Juan Carlos Tapia Picazo

Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Aguascalientes.
tapiajc65@yahoo.com.mx



Lecturas recomendadas

- Álvarez-Láinez, M. L., H. V. Martínez-Tejada y F. Jaramillo Isaza (2020), *Nanotecnología: Fundamentos y aplicaciones*, Colombia, Universidad de Antioquia.
- Bayda, S., M. Adeel, T. Tuccinardi, M. Cordani y F. Rizzolio (2020), "The history of nanoscience and nanotechnology: From chemical-physical applications to nanomedicine", *Molecules*, 25(1):112. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/molecules25010112>>, consultado el 7 de agosto de 2025.
- Haleem, A., M. Javaid, R. P. Singh, S. Rab y R. Suman (2023), "Applications of nanotechnology in medical field: a brief review", *Global Health Journal*, 7(2):70-77. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.glohj.2023.02.008>>, consultado el 7 de agosto de 2025.
- Júnior, H. L. O., R. M. Neves, F. M. Monticeli y L. Dall Agnol (2022), "Smart fabric textiles: Recent advances and challenges", *Textiles*, 2(4):582-605. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/textiles2040034>>, consultado el 7 de agosto de 2025.
- Sebastián, V. (2018), "Nanocristales, nuevos materiales con propiedades y aplicaciones únicas", *Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26(3):306.
- Singh, N., A. Kaur, A. Madhu y M. Yadav (2025), "Advancements in nanotechnology for biomedical and wearable applications", *Next Materials*, 8:100658. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/J.NXMATE.2025.100658>>, consultado el 7 de agosto de 2025.
- Yetisen, A. K., H. Qu, A. Manbachi, H. Butt, M. R. Dokmeci *et al.* (2016), "Nanotechnology in textiles", *ACS Nano*, 10(3). Disponible en: <<https://doi.org/10.1021/acsnano.5b08176>>, consultado el 7 de agosto de 2025.