

PROYECTO DE GRADUACION
Trabajo Final de Grado

Nanotextiles en Argentina
Panorama tecnológico y comercial del mercado de la moda

Sofia Albert
Cuerpo B del PG
11 de diciembre de 2013
Diseño textil y de indumentaria
Ensayo
Nuevas tecnologías

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por la oportunidad maravillosa de estudiar en otro país, abriéndome la mente y cambiando mi visión del mundo para siempre. Su amor y apoyo constantes, inmensurables e incondicionales. A Ricardo Albert por motivarme a ser mejor y superarme cada día. Este logro está especialmente dedicado a él. A Pixie Albert por ser la mejor amiga siempre.

También quiero agradecer también a los profesores que son indirectamente parte de este proceso. A Gustavo Lento, por haberme enseñado las bases más sólidas de diseño que un estudiante puede pedir; a Martín Blanco y María Elena Onofre, que me motivaron y apoyaron siempre además de mostrarme lo que más me gustó de la carrera. A Beatriz Matteo y Yanina Moscoso, las primeras caras amigables y dulces que me encontré al llegar a un lugar foráneo y me hicieron sentir cómoda en la universidad. Finalmente, a Marisa Cuervo y Magalí Turkenich por haberme acompañado y guiado a lo largo de la construcción del presente Proyecto de Graduación.

A Bárbara McGuire y Paula Benedetto, pues sin ellas llegar hasta aquí hubiera sido imposible, hacen que estando lejos me sienta como en casa.

A Ricardo López y Rodrigo Barrera por su apoyo desde lejos y las largas noches de compañía virtual.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a Roberto Belmont por su compañía en la última parte de la realización y todos los chocolates que fueron la energía para terminar este Proyecto.

Indice

Índice de figuras	p. 6
Introducción	p. 7
1. La nanotecnología	p. 16
1.1. ¿Qué es la nanotecnología?	p. 16
1.2. Breve historia del desarrollo de la nanotecnología	p.19
1.3. La nanotecnología en las diversas ramas de la ciencia	p. 23
2. Aplicaciones actuales	p. 26
2.1. Electrónica	p. 27
2.2. Medicina	p. 28
2.3. Energía	p.29
2.4. Materiales	p. 31
2.5. Otros	p. 32
3. Impacto: Riesgos y beneficios.	p. 35
3.1. Salud humana	p. 37
3.2. Medio ambiente	p. 40
3.3. Ética, economía y sociedad	p. 43
4. Aplicaciones tecnológicas a la ingeniería textil	p. 47

4.1. E-textiles, textiles inteligentes y otros	p. 47
4.2. Nanotecnología aplicada a textil	p. 51
4.2.1. Impermeabilización	p. 58
4.2.2. Repelencia de estática	p. 61
4.2.3. Protección anti bacterial	p.62
4.2.4. Protección UV	p.63
4.2.5. Tratamientos anti arrugas	p. 64
4.2.6. Manejo de calor y humedad	p. 65
4.2.7. Otros	p. 66
4.3. Cuidado y mantenimiento	p. 67
4.4. Precios	p. 69
5. La industria argentina	p. 71
5.1. Entes y empresas	p. 73
5.2. Tecnología y recursos humanos	p. 77
5.3. Inversión y proyectos	p. 79
5.4. Los retos del mercado argentino	p. 83
5.5. Prospectos futuros	p. 85

Conclusiones	p. 87
Lista de referencias bibliográficas	p. 91
Bibliografía	p.97

Índice de figuras

Figura 1	p. 51
Figura 2	p. 53
Figura 3	p. 81

Introducción

Este Proyecto de Graduación pertenece a la carrera de Diseño Textil y de Indumentaria, y está enmarcado dentro de la categoría de Ensayo y la línea temática Nuevas Tecnologías. El tema elegido a desarrollar es la nanotecnología aplicada al mundo textil, y el recorte que se hace sobre este tema tan amplio, es la posibilidad de desarrollar la nanotecnología textil en el mercado de la moda argentina.

Los procesos de alta tecnología a nivel microscópico se desarrollan a pasos agigantados. Actualmente la nanotecnología representa la rama más estudiada y avanzada de la ciencia, siendo aplicada principalmente en la medicina y en otros campos que apuntan a mejorar de manera constante la calidad y funcionalidad de los objetos que nos rodean. Las aplicaciones actuales de la nanotecnología son variadas y diversas, pero aún no se ha logrado una penetración importante en el mercado ni un conocimiento del tema por parte del público, mucho menos en el mercado argentino.

En lo que respecta al sector textil, las nano fibras representan una excelente oportunidad de desarrollo no solamente para indumentos de uso específico o ropa de trabajo de alta performance, sino también para que el diario vestir de las personas sea cada vez más cómodo, eficiente y beneficioso para el medio ambiente.

Su avance es de suma importancia en cuanto al posicionamiento científico de la Argentina y al desarrollo de un nuevo mercado de la moda. Hoy por hoy este mercado está saturado por una sobreoferta en la cual no se resuelven las necesidades de los consumidores desde un punto de vista funcional; se desarrolla

ampliamente el diseño y la experimentación, pero todavía no se ha logrado avanzar en lo que se refiere a la materia prima de última generación.

El objetivo de este Proyecto de Graduación es, luego de introducir al lector en el campo de la nanotecnología, construir un panorama del mercado textil y la industria dedicada a la nanotecnología en Argentina, y desarrollar a manera de ensayo la posibilidad de aplicar este proceso tecnológico al mercado de la moda. El futuro aporte para el campo correspondiente, en caso de que la conclusión sea positiva, es impulsar un proyecto que fomente este pasaje de tecnologías, permitiendo así introducir un concepto totalmente novedoso en la vida diaria de las personas y en el mercado

Para realizar este ensayo, se utilizarán fuentes diversas de segunda y tercera mano; textos internacionales referidos al tema, entrevistas a referentes en el mercado de la moda y en el mundo de la nanotecnología argentina, así como también publicaciones y revistas científicas. En cuanto a los textos se pueden nombrar *Introducción a la nanotecnología* de M. Kuno y *Essentials of Nanotechnology* de J. Ramsen. En cuanto a la entrevista realizada se menciona a la Ing. María Miró, encargada de la división de nanotecnología del Instituto Nacional de Tecnología Industrial. También se tomarán como referencia revistas científicas como la *IEEE Transactions on nanotechnology* a cargo de la universidad de Cornell, *Nano letters* a cargo de la Asociación Química Americana y publicaciones de la fundación Bankinter, organizadora del *Nano Trends Forum*.

Utilizando fuentes tan variadas será posible explicar de manera sencilla en qué consiste la nanotecnología, cuáles son sus aplicaciones y proyecciones actuales y finalmente hacer un panorama del país para concluir si es posible o no dar este salto tecnológico.

Este trabajo se apoya, a su vez, en Proyectos de Graduación anteriores publicados dentro de la Universidad de Palermo. Uno de ellos es el PG publicado en julio de 2012 titulado *Nuevos desarrollos tecnológicos textiles: Fibras microencapsuladas*, y escrito por Celeste Tornari. En este PG se explica de qué se trata la microencapsulación, una de las ramas más explotadas de la nanotecnología, y extiende una de sus posibles aplicaciones a su uso comercial en aplicaciones médicas como vendas antibacteriales, y aplicaciones cosmetológicas como fajas reductoras.

Otro Proyecto de graduación relevante es *Inteligencia textil* escrito por Julieta Daruiz y publicado en mayo de 2011. Después de hacer un recorrido general por las fibras naturales y sintéticas más antiguas, se acerca a los procesos de manufactura de fibras y tejidos de última tecnología, mencionando brevemente a la nanotecnología pero no siendo esta el punto central de su planteamiento.

El vestir inteligente escrito por María José Silvestri y publicado en julio de 2011, plantea la posibilidad de aplicar celdas solares a prendas de diseño para obtener así eficiencia energética aplicable a dispositivos electrónicos portátiles.

Todas estas publicaciones previas tocan la nanotecnología en algún punto de su desarrollo. Sin embargo, como se desarrollará más adelante, es preciso diferenciar el concepto de textiles inteligentes y nanotextiles, términos comúnmente confundidos y mezclados. En todos estos proyectos previos sucede que nanotecnología e inteligencia textil aparecen bajo el mismo concepto y con el mismo tratamiento.

Se puede decir también que el presente Proyecto de Graduación se diferencia no solamente en la profundidad con la que se trata el tema de nanotecnología, sino

también en que es el primero en acercarlo a una realidad comercial e industrial en Argentina.

Para comenzar este escrito, es pertinente explicar en qué consiste la nanotecnología, haciendo una breve cronología de su desarrollo y acercándonos a sus aplicaciones. Es por esto que el primer capítulo está destinado a esta temática.

La palabra “nanotecnología” se refiere a las ciencias y técnicas que se aplican al nivel de la nanoescala, teniendo en cuenta que un nanómetro equivale a la millonésima parte de un metro. Esto permite manipular los materiales a nivel molecular y atómico. En este nivel de análisis y despojada de otros átomos con quienes interactuar, la materia no solamente presenta fenómenos totalmente nuevos si no también la oportunidad de reordenar sus partículas y por lo tanto cambiar completamente sus propiedades.

Por tanto, es de suma importancia entender que la nanotecnología se refiere a la escala en la cual se desarrollan todos sus procesos y no es una rama de la ciencia si no que interactúa con muchos otros campos y procesos.

La nanotecnología se comenzó a desarrollar en la década de 1980 y 1990. En los últimos años su utilización se ha extendido ampliamente. Los visionarios de la época, Eric Drexler y Richard Feynmann son los responsables de los primeros conceptos modernos de manipulación de la materia y nanotecnología como se la entiende hoy.

Las aplicaciones de esta rama tienen como principal característica la precisión con la cual se puede trabajar el material, suponiendo un nuevo mundo de posibilidades para desarrollar nuevos materiales mejorados y optimizados, nuevas

aplicaciones informáticas cada vez más veloces y pequeñas, y dar saltos gigantescos en cuanto a la salud y calidad de vida se refiere.

El segundo capítulo está dedicado a recorrer las aplicaciones diversas que se implementan hoy en diferentes áreas. En la actualidad se fabrican más de mil productos que utilizan nanotecnología en algún punto de su producción, y los principales campos en los que éstos se comercializan son la medicina, electrónica, mejora del aprovechamiento energético y de nuevos materiales con propiedades avanzadas.

La nanotecnología se utiliza, por ejemplo, multiplicando moléculas de agua para facilitar su acceso en lugares donde este recurso escasea, en la fabricación de paneles de energía solar haciendo éstos más pequeños y eficientes, en dispositivos electrónicos permitiendo su optimización, en construcción alterando los materiales para mejorarlos, construyendo minúsculos robots que hagan más fácil el trabajo de los cirujanos, desarrollando e implementando nanopartículas anticancerígenas, y así sucesivamente en casi una infinidad de productos y rubros distintos.

El capítulo tres explica el impacto de estos procesos en el medio ambiente y la salud humana, además de considerar los factores éticos del desarrollo de nuevas tecnologías que permiten la manipulación de la materia a un nivel tan profundo. La nanotecnología encierra un importante potencial para mejorar la protección medioambiental y aumentar la competitividad industrial del mercado.

Puesto que los nanomateriales están presentes cada vez en un mayor número de productos, desde aparatos electrónicos e insumos médicos hasta productos cosméticos y textiles, es pertinente preguntarnos cómo éstos afectarán nuestra vida en el futuro, tanto en sus aspectos positivos como en sus aspectos negativos.

Además de ofrecer energía limpia, los nanomateriales permiten a los fabricantes mejorar el rendimiento medioambiental de los productos gracias a la reducción de la toxicidad, al aumento de la durabilidad y a la mejora del rendimiento energético. Se prevé que la nanotecnología conduzca a innovaciones en el tratamiento de las aguas residuales y en la recuperación de suelos.

Las membranas nanoestructuradas permitirán realizar una filtración mecánica eficaz que ayudará a eliminar los contaminantes del agua. Del mismo modo, las partículas de hierro y acero a nanoescala podrían utilizarse en la recuperación de suelos como agentes desintoxicantes, especialmente en zonas abandonadas.

No obstante, existe el riesgo de que estos materiales se conviertan en una fuente de contaminación. Durante la producción, los nanomateriales pueden liberarse en la atmósfera y con el tiempo, pueden acumularse en el suelo, en el agua y en la vida vegetal. De igual manera, a causa de su diminuto tamaño, estos materiales pueden penetrar en las células de los organismos vivos y acumularse causando toxicidad, y todavía se desconocen con exactitud los otros efectos tanto positivos como negativos en la vida y el ambiente.

Asimismo, las cuestiones éticas sobre este tema aparecen en el punto en el que la nanotecnología interactúa con la biotecnología y la genética y es capaz de alterar la vida y sus interacciones entre los elementos y organismos como se han llevado por millones de años. Además, como cualquier tecnología de punta en manos equivocadas, es también un arma poderosa en potencia capaz de causar estragos que por su reducido tamaño serían muy difíciles de detectar.

El capítulo cuatro está referido de manera específica y profunda a las aplicaciones de nanotecnología en los textiles. Antes de comenzar a enumerar estas aplicaciones, se debe notar la diferencia entre los textiles electrónicos y textiles

inteligentes, que normalmente son utilizados como sinónimo de nanotextiles pero que se diferencian de manera abismal. Los textiles electrónicos son aquellos que poseen componentes eléctricos en su fabricación y si bien se nutren de la nanotecnología que hace posible la fabricación de microcomponentes, no son parte de esta rama de investigación. Al mismo tiempo, los textiles inteligentes son aquellos que reaccionan y se adaptan a los cambios del cuerpo o del medio ambiente, pero no todos los nanotextiles tienen esta propiedad.

En este capítulo se desarrollan y explican todos los métodos y procesos de mejoramiento de textiles posibles. Estos procesos dan como resultado prendas que no se ensucian, repelen manchas, evitan el desarrollo de virus y bacterias, poseen una vida útil más larga, resisten la estática y las arrugas, son capaces de liberar de manera controlada tanto fragancias como medicamentos y otras sustancias, absorben mejor la humedad, protegen contra los rayos dañinos ultravioleta del sol, regulan la temperatura del cuerpo e incluso llegan a cambiar de color.

La utilización de altas tecnologías para la fabricación de textiles, le dan un valor agregado a cualquier marca que los utilice, haciendo que el precio sea coherente con la calidad del producto que se compra. Pese a esto, a largo plazo, cuando las tecnologías del resto del mercado lo permitan, los procesos de nanotecnología terminarán abaratando los costos del sistema productivo en general y por lo tanto también de la prenda entregada al usuario. Es de saber público que los textiles de más alta tecnología se aplican desde hace varios años en prendas de uso específico, trabajo industrial y alta performance. El reto de la actualidad es acelerar la decantación de tecnologías de los estratos más altos a los niveles más mundanos, que suele ser un proceso natural en todos los avances de la tecnología pero que generalmente es más lento que el mercado que lo requiere.

Finalmente, el quinto capítulo hace un panorama general sobre la industria textil y el estado tecnológico del país. Argentina es un país de grandes capacidades industriales. En este país, la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) es la encargada de fomentar e impulsar todos los emprendimientos que se relacionen a este tema. La tecnología está aquí y es posible desarrollarla.

Varias empresas, como Indarra, Mafissa y Nanotek por nombrar a las más representativas, ya han incorporado estos procesos en la fabricación de sus productos. En el campo de la investigación, desde el Instituto Nacional de Tecnología Industrial se trabaja en la investigación del uso de microcápsulas y sus aplicaciones como repelentes de insectos. Actualmente la nanotecnología es el punto más fuerte de inversión industrial del Estado.

Sin embargo, las aplicaciones más importantes se encuentran en el campo de la medicina. Se encuentran también en estado de investigación y desarrollo proyectos como la fabricación de memorias no volátiles a base de óxidos, sensores y biosensores electroquímicos, iluminación más eficiente, microencapsulación aplicada a la industria alimenticia y estudios sobre la ecotoxicología de los residuos nanotecnológicos.

En el campo textil, en Argentina ya se fabrican telas repelentes al agua e ignífugas, pero éstas son destinadas únicamente a prendas de uso específico. También se encuentra en etapa de investigación la microencapsulación de repelentes de mosquitos aplicables a telas para la fabricación de carpas y prendas de vestir de montaña.

El desafío de este proyecto de grado es investigar y analizar la posibilidad de extender estas aplicaciones al consumo masivo y la industria de la moda, teniendo en cuenta la situación económica mundial actual, las restricciones a la importación

y exportación de materiales y maquinaria y los diversos obstáculos del escenario existente.

Finalmente, se exponen las conclusiones que constan de un análisis personal en base a la información obtenida durante la indagación, que determina si es factible o no extender la nanotecnología a la industria de la moda comercial argentina en prendas de uso diario.

Capítulo 1. La nanotecnología

Antes de desarrollar cualquier aspecto referente a la nanotecnología, es pertinente definir esta escala de la ciencia concretamente para poder entender el alcance y conceptos manejados a lo largo del presente PG.

Asimismo, realizar un breve recorrido por su historia permite comprender el punto de desarrollo en el cual se encuentra, y la correspondencia con la industria de la fabricación y modificación de fibras para la producción textil.

Ambos aspectos serán desarrollados en este capítulo a manera de introducción al tema, para luego poder profundizar en el impacto y las aplicaciones de este tipo de manufactura y especialmente en su relación al campo de la indumentaria en los capítulos subsiguientes.

1.1. ¿Qué es la nanotecnología?

El pionero de la nanotecnología Eric Drexler (1992) afirma que las características de la materia son definidas por cómo se ordenan y relacionan los átomos que la conforman. La nanotecnología se refiere al campo en el cual se utiliza la ingeniería y manufactura molecular para alterar dichas características y adaptarlas a las necesidades humanas.

De igual manera, es importante notar que dichas características de los elementos varían cuando éstos se encuentran como átomos sueltos. (Booker y Boysen, 2005).

Etimológicamente, la palabra nanotecnología proviene de la unión del prefijo nano, del latín *enanus*, que se refiere a la milmillonésima parte de un metro, y la palabra tecnología definida como “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” (RAE, 2001). Un

nanómetro es la distancia equivalente de dos a veinte átomos colocados uno al lado de otro dependiendo de su tamaño. (Foresight, 2012).

Para poder tener una idea de esta escala, se debe concebir que el diámetro de un cabello humano es de a setenta y cinco mil nanómetros y el espectro visible del ojo humano desnudo alcanza solamente a elementos y objetos hasta los diez mil nanómetros. Por debajo de este punto es necesaria la ayuda de microscopios y otros aparatos que aumenten el tamaño de lo que se ve. Por ejemplo, los glóbulos rojos de la sangre tienen un diámetro de cinco mil nanómetros, mientras que el ancho de la cadena de ADN humano es de dos nanómetros. (Booker y Boysen, 2005). Una comparación más amplia de esta escala se puede ver en la Figura 1 del cuerpo C del presente proyecto de graduación.

La definición de nanotecnología tiene varios enfoques. Según el Diccionario de Nanotecnología esta ciencia se define como el diseño, caracterización, producción y aplicación de materiales, artículos y sistemas controlando sus formas y tamaños a una nanoescala (Nano Dictionary, 2005); el *Foresight Institute* (2012) la define como el grupo de tecnologías emergentes en las cuales se controla la estructura de la materia a escala nanométrica para producir materiales y artículos novedosos que posean propiedades útiles y únicas; la Real Academia Española plantea a su vez una definición más acotada: “Tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología”. (RAE, 2001).

Según la definición oficial de la *National Nanotechnology Initiative* estadounidense, la nanotecnología entraña ‘investigación y desarrollo tecnológico a escala atómica, molecular o macromolecular, de un orden de longitud de aproximadamente 1 a 100 nm, para acceder a una comprensión básica de los fenómenos y materiales a nanoescala y para crear y utilizar estructuras, aparatos y sistemas que revistan nuevas propiedades y funciones justamente por ser de pequeño y/o mediano tamaño’ [...] La *Royal Society* británica distingue entre ‘nanociencia’ y ‘nanotecnología’, entendiéndolo que la primera incluye el ‘estudio y la manipulación’ de partículas a nanoescala y que

la segunda corresponde a la 'concepción, caracterización y construcción de estructuras, aparatos y sistemas' a esa escala. (Unesco, 2007, p. 5).

Según Merkle (1993), la biología, la química y la física son las ciencias hermanas de la nanotecnología, pues en ambas se manejan átomos y moléculas y se construyen con precisión nuevos compuestos. La química permite más participación humana en estos procesos, pero las posibilidades están limitadas por el orden natural de los elementos y sus interacciones. El punto clave para definir a la nanotecnología y diferenciarla de ciencias afines se encuentra en el control humano sobre las propiedades de los materiales a una escala atómica.

El autor J. Ramsen (2009) sintetiza estos conceptos en una definición muy aguda, especificando a la nanotecnología como ingeniería con precisión atómica. Esta ingeniería maneja los átomos de la materia como ladrillos, que son acomodados con extrema exactitud y orden. Se apunta a probar los límites de los materiales, modificando y mejorando su fuerza, dureza, conductividad, peso, características eléctricas, magnéticas y demás propiedades naturales.

Para este mismo autor, la nanotecnología se puede definir, desde sus aplicaciones, en tres campos distintos. El primer campo se refiere a materiales pasivos como ser las nanopartículas, que por sí mismas no poseen cualidades distintivas pero que hoy en día representan el más importante valor comercial de la nanotecnología pues son la materia prima para el resto de sus aplicaciones. El segundo campo se refiere a los objetos tangibles que son fruto de la nanotecnología en cualquiera de sus estados, es decir, que involucran nanomateriales o nanopartículas en cualquier parte de su proceso productivo. Y finalmente el tercer campo comprende la aplicación de nanotecnología directa, la creación de materiales alterados a nivel molecular, que son en sí mismos productos terminados.

Por tanto, se puede decir que la nanotecnología es una escala de producción, no un tipo de tecnología en sí misma (Shatkin, 2008).

Es por esto que como método de fabricación se interrelaciona con muchas ramas diversas y es aplicable a muchas industrias, como ser la medicina, la electrónica, la óptica, la informática y la mecánica. Estas aplicaciones serán desarrolladas y explicadas en capítulos posteriores.

1.2. Breve historia del desarrollo de la nanotecnología

El estudio de la materia se remonta a tiempos muy lejanos. Ya en su tiempo, filósofos de la antigua Grecia como Demócrito, Leucipo y Epicuro se planteaban que los elementos no se podían dividir infinitamente, si no que se debía llegar a una unidad indivisible que al combinarse de diferentes formas hiciera posible el mundo que nos rodea. El estudio del átomo en su sentido moderno no es posible si no hasta la aparición del modelo de Bohr en 1913, quien plantea un rudimentario modelo del átomo como es aceptado hoy, con un núcleo compuesto de neutrones y protones rodeados por electrones que orbitan a su alrededor. (Sokolovsky, 2002).

Asimismo, en la edad media se manejaban nanopartículas de manera rudimentaria. El notable fabricante de vidrios John Utynam patentó en 1449 el vidrio templado que contenía nanopartículas de oro, que también eran utilizadas por el famoso alquimista de la época Teofrasto Paracelso para curar ciertas enfermedades.

El primero en introducir esta escala aplicada en objetos con fines comerciales es Richard Feynman, que en su conferencia de 1959 en la universidad de Caltech, titulada Hay mucho espacio al fondo, planteó un modelo de industria en el que máquinas construían a su vez máquinas más pequeñas y así sucesivamente hasta llegar a la escala atómica. Este concepto fue desarrollado posteriormente por Eric Drexler, quien ideó de manera teórica El ensamblador, una máquina universal

construida meticulosamente átomo por átomo, dedicada a crear no solamente cualquier nanomaterial si no también replicarse a sí misma, lo que haría posible un verdadero desarrollo industrial de la nanotecnología.

Esta teoría de nanomáquinas está apoyada en un suceso natural de la biología, las células que crean a su vez más células. De igual manera, si una nanomáquina puede fabricar cualquier cosa, puede fabricar más copias de sí misma. Más tarde, el modelo de Feynman fue rechazado y no se indagó más en su desarrollo por el miedo que generaba el concepto de máquinas autónomas que prescindían de la participación humana. Drexler (2004) afirmaba que si este modelo llegaba a ser realizado sería incontrolable y el mundo se vería invadido por estos pequeños robots.

Basándose en estos dos modelos de ensamblaje sucesivo, Norio Tamaguchi acuñó el término nanotecnología en 1974 para referirse a los últimos niveles de este proceso.

Un enfoque distinto, que obtiene su inspiración de la biología, es el auto ensamblaje de ciertos virus, cuyos elementos sueltos se combinan espontáneamente para dar origen a un virus viviente simplemente al colocar sus componentes y mezclarlos en un tubo de ensayo. Este concepto es el punto de partida para analizar las posibilidades de la fabricación de nanoproduitos de manera eficiente (Ramsen, 2009).

En 1981 Gerd Bining y Heinrich Rohrer crearon el primer microscopio de efecto túnel, un instrumento que utiliza una corriente eléctrica y un punzón metálico de tan sólo un átomo de diámetro, destinado a atraer los electrones del objeto que se estudia al aplicársele corriente. Una intensidad eléctrica prefijada hace que el punzón se acerque o aleje de la superficie, dando como resultado una imagen

electrónica de precisión atómica sobre las características de dicha superficie (Campillo, 2007).

En 1986, y bajo la misma consigna, se creó el microscopio de fuerza atómica, que funcionaba de manera similar al microscopio de efecto túnel pero servía también para sustancias no conductoras u orgánicas.

Ese mismo año se descubren los *fullerenes*, moléculas de carbono agrupadas en forma esférica o de tubo. El *buckminsterfullerene*, su agrupación en forma esférica, es también conocido simplemente como fullereno o Carbono 60, que en su momento fue tomada como una nueva forma alotrópica, es decir, en estado natural, del carbono que posteriormente favoreció el estudio de sus propiedades en la química.

La agrupación en forma de cilindro de los fullerenes es conocida como nanotubos de carbono. Estos fueron estudiados ampliamente en 1991 por Sumio Iijima, quien se adjudicó su descubrimiento pese a que éstos ya habían sido fabricados en años anteriores.

Los nanotubos de carbono contienen un gran valor científico por su versatilidad tecnológica, ya que poseen un alto poder de conductividad eléctrica, así como niveles de resistencia y estabilidad que exceden las leyes comunes de la física. Entre sus aplicaciones presentes están la fabricación de celdas solares, súper condensadores, almacenaje de hidrógeno y diversas funciones en aparatos electrónicos. Poseen también la versatilidad de fabricarse con una o dos capas, ampliando su espectro de propiedades. (Dresesselhaus, 2001).

En 1987 se logró por primera vez sintetizar una proteína animal en un entorno artificial de laboratorio.

En 1989, sin ninguna finalidad científica, IBM escribió sus iniciales manipulando átomos sueltos de xenón sobre una placa de níquel. Esta hazaña fue organizada por Don Eigle para probar que efectivamente se había llegado a un punto en el cual era posible manipular átomos uno a uno. (Foresight, 2011)

A partir de 1996 la nanotecnología cobró verdadera relevancia para los gobiernos de países como Estados Unidos, Japón y posteriormente la Unión Europea. Se comenzaron a generar fondos de inversión específicos para esta escala de producción con proyectos de investigación avanzada. (Unesco, 2007).

Según los registros del Foresight Institute (2011) En este año la NASA comenzó a trabajar en las posibles aplicaciones de la nanotecnología a las computadoras tanto para la clasificación y almacenaje de sus investigaciones como a las posibles mejoras de las naves espaciales.

En 1997 se fundó la primera compañía dedicada enteramente al desarrollo de la nanotecnología: Zyvex. En su concepción original su propósito era únicamente dirigido a la fabricación de productos comercializables, pero en la actualidad ha crecido hasta dividirse en tres compañías, cada una dedicada a un sector en particular. Zyvez Technologies, que se especializa en desarrollo y diseño de productos; Zyvex Labs, dedicada a la fabricación de insumos, y DCG Systems / Zyvex Instruments, especializada en la investigación y mejora constante de la maquinaria requerida para los procesos de nanotecnología.

En 1999 se publicó el primer libro de nanomedicina. El primero de los cuatro volúmenes que conforman la serie escrita por Robert Freitas da una introducción a las posibilidades teóricas de la manipulación molecular en el cuerpo y las aplicaciones de la nanorobótica medicinal. (Freitas, 1999).

El 2001 se funda la *National Nanotechnology Initiative* un proyecto “interinstitucional de coordinación de las investigaciones de los distintos organismos oficiales de financiación de la investigación y desarrollo.” (Unesco, 2007, p. 11).

Durante la década del 2000, teniendo un conocimiento más profundo sobre las bases teóricas de la nanotecnología se comenzaron a desarrollar y aplicar los nanomateriales en usos prácticos en diversas ramas a una tasa de crecimiento exponencial.

1.3. La nanotecnología en las diversas ramas de la ciencia

Una vez comprendida la definición de nanotecnología y la escala que abarca, es posible comenzar a entender la amplia interdisciplinariedad del campo.

Como se mencionó anteriormente, la nanotecnología encuentra su origen natural en la biología, la química y la física pero como se trata de una técnica específica de manejo de elementos se puede aplicar a cualquier aspecto de la manufactura humana. Sus aplicaciones más importantes se generan alrededor de los avances médicos y su aplicación en productos de consumo. (Merkle, 1993).

Según el *Future Trends Forum* de 2006 en España, la nanotecnología se divide en cuatro principales áreas de aplicación:

La primera es la nanotecnología aplicada a la electrónica, que permite la creación de circuitos, chips, transistores, baterías y memorias más pequeñas y eficientes, así como pantallas más brillantes, nítidas, ligeras e incluso dispositivos flexibles. La meta más grande de esta rama es lograr una reproducción lo más parecida posible al funcionamiento y capacidades de un cerebro humano, en lo que

corresponde a electrónica inteligente y mejorada para simplificar su uso y sus aplicaciones.

La segunda, corresponde a la nanotecnología aplicada a la medicina. En este campo la búsqueda se dirige a medicamentos auto-dirigidos que afecten solamente a la parte del cuerpo para la que están hechos, tejidos artificiales más eficientes e implantes de varios tipos que reduzcan los riesgos al ser introducidos en el paciente, e incluso pequeñas cámaras de video conectadas al cerebro que les devolverían la visión a los ciegos.

La tercera área es la producción de energía más eficiente y que represente menos riesgos para el medio ambiente, así como nuevas y mejores formas de almacenarla y aprovecharla. Dentro de este campo existen ya celdas solares mejoradas, nanocombustibles utilizados en viajes espaciales que generan agua como único residuo, lámparas que jamás generan desperfectos y baterías con una vida útil más larga que además generan menos desperdicio una vez que son desechadas.

Finalmente, la cuarta área, y a la que le compete el presente proyecto de graduación, es el desarrollo de nuevos materiales. En este campo se persigue un eterno mejoramiento de los objetos cotidianos, haciéndolos más resistentes, más durables, más fuertes, más livianos, o cambiando alguna de sus demás características en beneficio de un mejor uso de los mismos. Es por esto que la constante exploración de materiales y sus fines comerciales es sin duda alguna el punto de mayor interés y crecimiento en el área de la nanotecnología. El mayor nivel de inversión en la investigación de materiales, en lo que corresponde a productos de venta al público, se encuentra en la industria deportiva y de indumentaria especializada. (Fundación Bankinter, 2006).

En el próximo capítulo se detallarán las aplicaciones que están disponibles al presente, en sus cuatro áreas de aplicación más importantes mencionadas anteriormente ejemplificando algunos productos que se encuentran disponibles en el mercado.

Capítulo 2. Aplicaciones actuales

Sellers y sus colaboradores afirman que M.C. Roco, representante influyente en la creación de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología, NNI por sus siglas en inglés, ha logrado categorizar la industria de la nanotecnología en cuatro generaciones de productos. La primera generación, a partir del año 2000, está conformada por productos que incorporan algún material en nanoescala en su conformación, ya sea a manera de polímero constitutivo, refuerzo o recubrimiento; la segunda generación se da a partir del año 2005 y está dada por las nanoestructuras activas en los productos, es decir partículas que interactúan de alguna manera con el medio que las rodea; la tercera y cuarta generación se encuentran aún en estado de investigación y desarrollo, comenzaron a partir del 2010 e involucran nanopartículas que tengan la capacidad de auto ensamblarse, replicarse e interactuar entre sí. (Sellers et. al, 2009).

“Las aplicaciones de nanotecnología para mejorar la performance de los productos representaban en 2007 un mercado de 13.600 millones de dólares. En 2010, alcanzó los 115.000 millones de dólares, incrementándose en un 750% en tan sólo tres años” (Marino, 2007) y se espera que para el 2015 supere el trillón de dólares. (Mongillo, 2007).

Para marzo del 2011, en la última actualización del inventario de *The Project on emerging nanotechnologies*, se encontraban registrados 1317 productos que aplican la nanotecnología, todos ellos comercializados y registrados por sus fabricantes en el mercado, provenientes en su mayor parte de Estados Unidos y otros 30 países más. De estos productos más de un 50% están agrupados en la industria de la medicina, la cosmética y la salud.

Los compuestos más presentes en estos productos son dióxido de titanio, hierro cerovalente, nanopartículas de plata, nanotubos de carbono y fullerenos. (Sellers et. Al., 2009).

Se puede decir sin riesgo de error que, con las recientes aportaciones de financiación y la atención que ha suscitado, no hay una sola disciplina científica que haya quedado fuera de juego. Ámbitos fundamentales como la física, la química, la ingeniería eléctrica, la biología molecular y la informática ocupan una posición idónea para realizar investigaciones, pero otras disciplinas como la ciencia de los materiales, la ingeniería química, la ingeniería ambiental, la bioingeniería, la investigación médica, la óptica y la fotónica encierran conocimientos que contribuyen al desarrollo de la nanotecnología, y en especial a su aplicación práctica. (Unesco, 2007, p. 12).

2.1. Electrónica

Los nanotubos de carbón son los principales actores de la nanotecnología aplicada a la electrónica (Accelrys, 2004). A esta escala los electrones no fluyen a manera de corriente por los elementos conductores como dictarían las leyes comunes de la física, por lo tanto es necesario readaptar los métodos de uso de los mismos.

Monguillo (2007) plantea, como ejemplo en este campo, pantallas ultra finas y de mejor calidad utilizando una película de nano-diodos que emiten luz; éstos permiten un mejor aprovechamiento de la energía, poseen mayor nitidez de imagen y pesan menos que las pantallas comunes de LED. Son aplicables a celulares, computadoras portátiles, cámaras fotográficas y de video, y casi cualquier dispositivo electrónico.

Similar en sus múltiples aplicaciones, la tinta *Invisicon* creada por la empresa Eikos que permite imprimir circuitos y sensores transparentes en pantallas y otros dispositivos de visualización para crear pantallas táctiles más sensibles y precisas. Estos también siguen el curso de la investigación actual de crear pantallas y

dispositivos flexibles y una gran variedad de otras aplicaciones para elementos de visualización. (Sellers et. al., 2009).

2.2. Medicina

La nanotecnología es una de las herramientas más potentes para la medicina.

La fabricación de nanofibras con materias primas biológicas en función de la creación de tejidos vivos es una de las búsquedas más desarrolladas. El método para crear injertos derivados de biopolímeros consiste en fabricar primero estructuras similares a la estructura particular de la parte del cuerpo a la que son destinadas. Después, se colocan en su interior las células nuevas y vivas que crecerán y darán origen al nuevo tejido. Este tipo de injertos hacen posible una más rápida y mejor recuperación de los pacientes que así lo requieran y pueden ser aplicados en la regeneración de arterias, tendones, piel, válvulas del corazón, ligamentos, etc. (Ghandi, 2007).

Mongillo (2007), ejemplifica además el uso de nanotecnología en la cosmética. Los protectores solares que incorporan nanopartículas de zinc permiten aprovechar al máximo sus propiedades refractantes de la luz, haciéndolos hasta el doble de efectivos que los que utilizan partículas de zinc de tamaño normal.

Como otro ejemplo, esta vez en la búsqueda de mejorar la calidad de vida de los pacientes con trastornos respiratorios, este autor menciona a la compañía *NanoTwin Technologies*, que ha desarrollado un purificador de aire llamado *NanoBreeze*. Está fabricado a partir de nanotubos recubiertos de zinc que, al ser activados por una corriente eléctrica, liberan oxígeno a su alrededor y matan las bacterias de su superficie, eliminando así bacterias, virus e impurezas en el aire que entran en contacto con ellas. Puede ser utilizado en hogares, hospitales y clínicas para mejorar la calidad general del aire que se respira. Este elemento

también se puede incorporar en la fabricación de aires acondicionados para así purificar el aire al mismo tiempo que se maneja su temperatura.

Para este mismo autor las nanopartículas de plata son otras de las mejoras de la nanotecnología para la medicina. Son ampliamente utilizadas puesto que las propiedades antibacteriales de la plata son conocidas desde hace mucho tiempo. Pero la novedosa introducción de nanopartículas de plata en las vendas y apósitos médicos permiten evitar el crecimiento de bacterias, logrando así una recuperación más rápida de heridas y quemaduras. También permiten alargar los intervalos que son necesarios para el doloroso proceso de cambio de vendajes.

En la terapia de lucha contra el cáncer se han desarrollado nanoesferas de oro, consistentes en un núcleo de cristal recubierto por varias capas de oro de distintos espesores. Estas capas, distintas entre sí, poseen también distintas propiedades de interacción con la luz, es decir que solo ciertas longitudes de onda de luz son absorbidas mientras que otras son reflejadas.

Las esferas se recubren con anticuerpos para que se adhieran exclusivamente a las células dañinas. Una vez dentro del cuerpo del paciente, al ser irradiado con la longitud de onda correspondiente mediante rayos ultravioleta de baja intensidad, las nanoesferas se calientan al punto de ser capaces de destruir las células cancerígenas que las rodean. (Unesco, 2007).

2.3. Energía

Monguillo (2007) nos cuenta que desde el 2005, la industria de fabricación de celdas solares ha alcanzado un valor de 4 millones de dólares.

En una celda solar normal, los fotones solares golpean la celda y liberan electrones, que son recogidos en un semiconductor para generar una corriente

eléctrica. También pueden ser fotovoltaicas, es decir en base a la energía de la luz que puede o no ser solar; termovoltáicas, que funcionan acumulando el calor de la luz solar, o fotoelectrolíticas, que por acción del calor separan moléculas de agua en hidrógeno y oxígeno y recuperan la energía liberada en el proceso.

Actualmente son comunes en pequeñas aplicaciones como calculadoras y molinos familiares, pero sin embargo, todavía no se ha logrado un avance importante en su escala de fabricación. Si bien esta fuente de energía posee muchísimos beneficios ecológicos, su implementación sigue siendo más costosa que la generación de energía en base a combustibles fósiles. Hoy en día su fabricación es dificultosa y la relación con su eficiencia energética no es muy conveniente, aprovechando entre un 15 % y 25 % de la energía solar.

La compañía Nanosolar ha desarrollado un nuevo tipo de celda solar que se fabrica en base a la imprimación de cobre, indio, galio y selenio sobre un polímero y tiene un costo de apenas una décima parte que una celda solar común, con un aprovechamiento energético que compite con las demás celdas del mercado.

Las baterías de Litio-Ion, comúnmente aplicadas a baterías de computadoras portátiles y celulares, han sido mejoradas sustituyendo el grafito que es utilizado para fabricarlas por nanocristales de titanato de litio, lo que aumenta su eficiencia y vida útil hasta en un dos mil por ciento.

En otro campo de las mejoras de baterías, también citado por el autor, las compañías mPhase Technologies, Bell Labs y Lucent Technologies trabajan en construir una batería sin fecha de vencimiento. En una batería común, los químicos de su interior se encuentran mezclados y tienen un período de vida determinado. En las nuevas baterías que implementan este sistema, los químicos no se mezclan hasta que la batería no se activa, por lo tanto aumentan su vida útil

y reducen de manera considerable el efecto nocivo ambiental de las baterías desechadas.

Otro tipo de generadores de energía, y quizás los que están destinados a tener mayor impacto al llegar a su completo desarrollo, son los que funcionan a base de hidrógeno. Las celdas de combustible a base de hidrógeno son utilizadas actualmente por la NASA para aplicaciones en el espacio y prometen un cambio radical en la industria automovilística pues su único residuo es agua.

El impedimento más grande en el desarrollo de estos generadores es que el volumen necesario de hidrógeno para generar energía es muy grande y su almacenamiento en el automóvil puede ser poco práctico. Pero los nanotubos de carbono pueden ser la respuesta ya que atraen de forma natural a las partículas de hidrógeno y podrían actuar como una esponja de almacenamiento. Sin embargo, a este campo todavía se encuentra en fase de investigación y desarrollo. (Mongillo, 2007).

2.4. Materiales

Como otro ejemplo de aplicaciones de la nanotecnología, el autor que se vino citando afirma que la industria de los deportes es quizás la primera en comercializar y acercar al público productos que estén mejorados por algún proceso o material referente al campo de la nanotecnología.

Al presente se comercializan bates de béisbol, palos de hockey y raquetas de tenis que al contener nanofibras o nanotubos de carbono ya sea en su estructura interna o cubierta exterior permiten una mayor durabilidad, fuerza y flexibilidad. También se desarrollan pelotas de tenis y de golf que optimizan la inercia del material y permiten un mayor control sobre su dirección sin ser un jugador experimentado; las

compañías Wilson y Head son las líderes en la utilización de este tipo de materiales (Sellers et. al. 2009).

2.5. Otros

La nanotecnología es aplicable también a la industria de los alimentos, haciendo posible combinar compuestos que naturalmente se rechazan, como por ejemplo, las grasas que se encuentran en el chocolate y los materiales necesarios para hacer goma de mascar, logrando sabores nunca antes posibles ampliando el mercado y la demanda de este producto tan popular.

También se fabrican empaques plásticos mejorados con nanopartículas de arcilla, que son más eficientes en el aislamiento de partículas de oxígeno y dióxido de carbono, así como más resistentes a las rupturas y al calor. Esto permite una mejor conservación de los alimentos y preserva su calidad evitando su oxidación y crecimiento de bacterias. (Mongillo, 2007). De igual manera, la compañía *Sharper Imager* creó un contenedor de alimentos llamado *FresherLonger* que mediante un recubrimiento de partículas de plata combate la creación de bacterias y permite mantener los alimentos frescos por más tiempo (Sellers et. al., 2009).

La nanotecnología también propone soluciones para luchar contra la contaminación ambiental, especialmente en el tratamiento de aguas contaminadas. El arsénico es un elemento que se encuentra comúnmente en pesticidas, conservantes y también alimento balanceado para pollos, y su desecho en las fuentes de agua limpia perjudica la salud pues es un elemento altamente tóxico y cancerígeno. Este elemento reacciona al hierro adhiriéndose a él. Al introducir nanopartículas de hierro en el agua contaminada, la remoción in situ del arsénico se facilita aprovechando las propiedades magnéticas del hierro y retirando ambos

elementos con un imán. Este proceso es actualmente aplicado en Argentina, ejemplo que se desarrollará en el capítulo cinco.

Siguiendo este camino, se creó un filtro de agua llamado *Meso Lite*, que consiste en una espiral de varias capas de zeolitas con poros en nanoescala. Las zeolitas son minerales porosos de aluminosilicato, que existen en estado natural en casi 100 composiciones diversas, teniendo un amplio espectro de aprovechamiento de sus propiedades.

Meso Lite actúa como una especie de colador microscópico permite que las moléculas de agua pasen libremente, dejando atrás virus, bacterias, metales y otros desechos que se encontraban previamente en el agua. En una aplicación similar, también hace posible la separación de gases, propiedad que es aprovechada en los generadores de aire puro en las cabinas presurizadas de los aviones.

Este producto promete un gran cambio en la manera en la que las industrias manejan sus residuos líquidos, y también una mejor calidad de vida para las personas que habitan en zonas con problemas de contaminación de aguas.

Finalmente, en la constante búsqueda de fuentes de agua limpia, la compañía americana estatal *Lawrence Livermore National Laboratory* (LLNL) creó un filtro en base a nanotubos de carbono para desalinizar y hacer potable el agua del mar. (Monguillo, 2007). Esta empresa, si bien no se especializa en nanotecnología, investiga a fondo también otras aplicaciones de nanocompuestos en ingeniería, seguridad nacional, armas de defensa, bioingeniería, óptica avanzada y otros campos de interés y avance científico. (LLNL, 2013)

De esta manera, una vez que se ha comprendido en qué consiste la nanotecnología, entendiéndola como una escala de trabajo y habiendo hecho un

recorrido por sus principales aplicaciones desde un enfoque general, es pertinente comenzar a preguntarse sobre el futuro de este campo científico y el impacto que puede tener sobre nuestras vidas a largo plazo. Las implicaciones relacionadas a la salud, su impacto climático y sus cuestionamientos éticos acerca de la manipulación de materiales serán desarrolladas en el próximo capítulo.

Capítulo 3. Impacto: Riesgos y beneficios.

La revolución nanotecnológica es la nueva revolución industrial. Así como sus predecesoras está destinada a cambiar totalmente la producción, e incluso, en un plazo más extendido, la manera en que la vida humana se desarrolla día a día. (Shatkin, 2008).

Como se pudo observar en el capítulo anterior, las aplicaciones de la nanotecnología son sumamente amplias y diversas. La capacidad de manipular la materia abre las puertas a una infinidad de nuevos productos y procesos destinados a estar en constante evolución y mejora, siendo aplicados cada vez en más ámbitos.

No obstante, al ser un campo científico que es relativamente joven y con poco desarrollo, todos los riesgos y beneficios se plantean desde un enfoque hipotético. Aún se desconoce el verdadero efecto de las nanopartículas a largo plazo en la vida humana.

Shatkin (2008) menciona al plomo, el asbesto, el policlorobenfeno utilizado en aparatos eléctricos o el dicloro difenil tricloroetano utilizado en insecticidas como productos que respondieron a una necesidad determinada en su momento pero a largo plazo probaron ser dañinos para la vida humana.

Al encontrar cada vez mas y mas productos que en algún proceso de fabricación rozan a la nanotecnología, y también encontrándonos bajo un paradigma de conciencia climática, es pertinente detenernos a estudiar los posibles efectos futuros de los ya mencionados nuevos procesos para la vida humana y el medio ambiente. Mientras estos penetren más en la cadena de producción, más usuarios serán afectados de una u otra manera por su utilización. Evaluar los posibles riesgos en un estado temprano de producción hace posible manejarlos de la mejor

manera e incluso evitarlos totalmente. De esta manera se puede optimizar la investigación para avanzar en el campo de manera más eficiente y libre de riesgos.

Según Sellers y sus colaboradores (2009), en la actualidad son pocas las organizaciones destinadas a regular el uso de nanotecnologías en los productos de consumo y sus otras aplicaciones. Entre estas están la *Food and Drug Administration* (FDA) y la *Environmental Protection Agency* (EPA) en Estados Unidos, la *Medicines and Healthcare Regulatory Agency* (MHRA) en el Reino Unido y la *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks* (SCENIHR) en Europa Occidental.

De igual manera entidades privadas y empresas fabricantes colaboran en crear organizaciones regulativas y sus parámetros. La compañía DuPont está a cargo de manejar y administrar la *Nano Risk Framework*, una organización a cargo de plantear parámetros básicos de aplicación y desecho de los principales compuestos nanoactivos, así como una guía de experimentación básica para determinar sus diversas reacciones, toxicidad y otras propiedades (Sellers et al., 2009). No obstante, al ser un campo tan poco estudiado se hace casi imposible regular todos los nuevos productos que salen al mercado y cuyos efectos son desconocidos.

El proceso se dificulta aún más pues, según los autores mencionados anteriormente, los elementos manejados en nanoescala, son sumamente sensibles a su entorno y reaccionan de maneras distintas bajo diferentes situaciones. Una vez liberadas en el ambiente pueden agruparse para formar moléculas más grandes, unirse con otros elementos e incluso alterar su composición. Por ejemplo, el fullereno o carbono 60 mencionado en el capítulo anterior no es tóxico ni soluble bajo ciertas condiciones, pero en un escenario distinto produce un agregado que

es soluble en agua y tóxico para organismos acuáticos pequeños. Esto quiere decir que los resultados de las pruebas de laboratorio en ambientes controlados tienen un gran margen de error imposibilitando una medición directa y precisa de los efectos de dichos elementos (Shatkin, 2008).

A continuación se detallan a grandes rasgos los posibles efectos negativos y positivos del uso de nanotecnología, en especial en relación a sus compuestos más utilizados mencionados en el anterior capítulo: dióxido de titanio, hierro cerovalente, nanopartículas de plata, nanotubos de carbono y fullerenos (Sellers et. al. 2009).

3.1. Salud humana

En lo que corresponde a su interacción con la vida humana, la nanotecnología nos promete una vida más cómoda y eficiente, tanto en lo referente a prendas de vestir, materiales mejorados, objetos más eficaces, un mejor tratamiento de las enfermedades, prevención de las mismas reduciendo el contacto con virus y bacterias, mejores cosméticos y también aprovechamiento energético.

Pero también es importante tener en cuenta si estos beneficios no conllevarán un alto coste para la salud. Como el campo todavía no está desarrollado, es difícil saber cuál es el verdadero impacto del contacto habitual a largo plazo con las nanopartículas de cualquier elemento; al tener éstas propiedades distintas a las de los elementos se conocen normalmente en su estado y tamaño natural, es imposible saber el efecto concreto que tendrán.

Es por esto que la estrategia a adoptar es el manejo de riesgos, estudiando las variables hipotéticas que serían posibles con el uso de nanomateriales y sus efectos en la salud.

El efecto que cierto material puede tener en nuestro cuerpo depende de dos factores: la toxicidad del elemento y la cantidad de exposición que se tenga al mismo. En líneas generales, las nanopartículas son entre 100 y 1000 veces más pequeñas que las células humanas y se encuentran en la misma escala que la longitud de onda de la luz ultravioleta y los rayos x (Sellers et al., 2009). Por tanto, los nanomateriales son propensos a interactuar y afectar los mecanismos celulares normales, y suelen ser más tóxicas que sus contrapartes de mayor tamaño por poseer una mayor superficie de contacto, tener una alta reactividad química y poder penetrar las células más rápidamente (Gurr, Wang, Chen, y Jan, 2005).

Un ejemplo de esto es el dióxido de titanio, que es una sustancia considerada inerte pero que en nanoescala produce reacciones con el oxígeno presentando un daño potencial al funcionamiento de las células eucariotas y procariotas. Si tomamos en cuenta el ejemplo mencionado en el capítulo anterior en el cual estas nanopartículas son utilizadas en la purificación de aire, su utilización presenta un riesgo importante al quedar suspendidas y propensas a su inhalación.

En el caso de los fullerenos, los experimentos demuestran que al ser administrados oralmente a ratas de laboratorio no son metabolizados, pero que si ingresan al torrente sanguíneo pueden acumular toxicidad en el cerebro y el hígado. Además, presentan una reacción con la proteína del virus del HIV-1, sugiriendo actividad antiviral pero sin obtener resultados concluyentes (Monteiro-Riviere y Orsière, 2007).

Los pulmones son los órganos que presentan el mayor riesgo de padecer daños, pues las nanopartículas que quedan suspendidas en el aire y se inhalan llegan a alojarse en los alveolos, no solamente dañando permanentemente el funcionamiento del pulmón si no también pasando al torrente sanguíneo. (Sellers

et al., 2009). Esto es preocupante de manera especial en el caso de los nanotubos de carbono, los principales componentes de las estructuras después destinadas al crecimiento de nuevos tejidos como se mencionó en el anterior capítulo, que son muy volátiles y pueden dañar a los trabajadores encargados de su manufactura y aplicación.

Es de vital importancia manejar el material con cuidado extremo en su manipulación y aplicación pues son muy propensos a alojarse en el cuerpo y causar inflamaciones, obstrucciones y fibrosis en los pulmones y en otros órganos, según demuestran los estudios realizados en ratas.

En el caso de las nanopartículas de zinc, mencionadas en sus aplicaciones previamente, los experimentos también demuestran que en contacto con los tejidos pulmonares pueden producir inflamación, toxicidad y daños a largo plazo. (Monteiro-Riviere y Orsière, 2007).

En el caso de la nanotecnología utilizada en medicina las consecuencias son mucho más extremas pues los nanomateriales son directamente introducidos en el cuerpo y sus efectos nocivos podrían llegar a superar a los beneficios esperados en caso de un mal manejo o desconocimiento de los mismos. (Shatkin, 2008).

La preocupación por minimizar los riesgos y efectos en la salud se enfoca tanto en los usuarios de los productos cuando estos salen al mercado como en los trabajadores a cargo de su fabricación, y también en el destino de los nanomateriales una vez que se terminan de usar y son descartados. Es decir que en la prevención de riesgos se debe abarcar toda la cadena de producción, desde el laboratorio hasta que el producto se termina de utilizar y es desechado.

3.2. Medio ambiente

La nanotecnología propone una nueva manera de aprovechamiento energético y de recursos. Un ejemplo de esto es que al poder fabricar materiales más ligeros y resistentes es posible construir aviones y automóviles que sean más eficientes y requieran menos combustible para funcionar. Este combustible, a su vez puede ser mejorado con nanoaditivos para producir menos contaminantes (Sellers et al., 2009).

En esta misma área, los nuevos procesos de fabricación de celdas solares a escala nanométrica mencionados anteriormente permiten crear pinturas que actúan como receptores y almacenadores de energía de manera sencilla y poco costosa (Booker. y Boysen, 2005). Un mejor aprovechamiento de la energía en todos sus aspectos significa también menos residuos nocivos en el ambiente.

El agua y el aire son los elementos más importantes para la vida humana. Pero son también los que más padecen los efectos de la contaminación como producto de la explotación de recursos. La nanotecnología abre las puertas al tratamiento estos elementos para purificarlos y regresarlos a un estado inocuo.

En el caso del tratamiento de aguas subterráneas y servidas, las nanopartículas de hierro cerovalente se encargan de secuestrar los agentes dañinos y aislarlos, descomponerlos en agentes inofensivos o agruparlos, según el contaminante que se desee eliminar. Este elemento es el preferido para tratar y eliminar los compuestos a base de cloro. Los beneficios de lograr una purificación in situ del agua que no requiera ningún otro proceso además de agregarle nanopartículas son considerables desde el punto de vista práctico y económico. De igual manera, es conveniente analizar los riesgos que se presentan estas nanopartículas a largo plazo.

Las nanopartículas de hierro son un caso particularmente favorable pues su descomposición produce gas de hidrógeno, un compuesto que puede ser utilizado por varios microorganismos como fuente de energía. La descomposición del hierro depende en gran parte de la acidez del agua, siendo más rápida si ésta es más ácida, con un ph más alto y más lenta si el agua es más alcalina, es decir si posee un ph bajo. (Lowry, 2007).

En la actualidad se desconoce a donde van a parar exactamente las nanopartículas perdidas ya sea durante la fabricación de los productos o en su desecho; es decir, cuál es el porcentaje de nanopartículas que en su manipulación terminan afectando a los operarios o aquellas que terminan en la corriente de agua; por ejemplo, después de que alguien que ha utilizado un protector solar con dióxido de titanio toma una ducha. (Sellers et al., 2009).

Para Sellers y otros autores el caso del tratamiento del agua representa un problema específico pues las nanopartículas poseen una gran capacidad de permanecer en suspensión por largos períodos de tiempo, favoreciendo su dispersión y contacto con la vida humana. Como estudio de caso particular se analizan los efectos del lavarropas Samsung *SilverCare*, que utiliza partículas de plata para sanitizar la ropa que se lava y prevenir la formación de bacterias. El recubrimiento de nanopartículas presenta un desgaste causado por el uso y se estima que en un año de uso de este lavarropas se liberarían en el agua aproximadamente 0.05 g de plata que podría tener efectos nocivos en la microfauna natural de las corrientes en el subsuelo y otras fuentes de agua desechada.

Estudios realizados en mamíferos demuestran que las partículas de plata son internalizadas y absorbidas principalmente en el hígado, reduciendo la efectividad de las células de metabolizar los nutrientes. Los autores mencionados

anteriormente también afirman que estos efectos tóxicos se pueden extrapolar a todo el resto del ecosistema si se considera que pueden pasar del agua a pequeños organismos, de éstos a los peces y así de forma sucesiva a lo largo del sistema hasta abarcar la totalidad de la cadena alimenticia llegando incluso a los humanos.

En el caso de la purificación del aire, se desarrollaron nanocristales a base de cadmio, selenio e indio que al entrar en contacto con el dióxido de carbono, el contaminante de mayor presencia en el aire, libera un electrón que anula el efecto nocivo del dióxido de carbono (Bookery Boysen, 2005).

En el caso de las nanopartículas recubiertas de zinc mencionadas en el anterior punto se presenta una dicotomía, pues si bien éstas son capaces de destruir agentes patógenos e impurezas en el ambiente, también permanecen en suspensión en el aire y en el agua el tiempo suficiente como para presentar un deterioro del medio ambiente. (Shatkin, 2008).

Si bien el mayor riesgo de reacciones adversas hacia las nanopartículas se encuentra cuando estas se encuentran en suspensión aérea o acuática, se desconocen todavía sus efectos en forma de revestimientos sobre las fibras.

En el caso de las aplicaciones a textiles, desarrolladas en el próximo capítulo, es muy importante tomar en cuenta los riesgos mencionados anteriormente. La piel es un órgano sensible que reacciona e interactúa con los elementos que toca, y la ropa, al estar en contacto con el cuerpo por varias horas presenta una gran probabilidad de generar algún efecto negativo en el usuario. Una vez más, como su uso no se ha extendido aún no se puede saber cuáles son exactamente las interacciones de las nanopartículas con la piel.

3.3. Ética, economía y sociedad

Hoy por hoy se está pasando por una etapa de transición de valores a nivel industrial, social y económico. Contrapuesto al sistema actualmente vigente, generado por la revolución industrial y cuya columna vertebral es el recambio de artículos y la venta constante, las nuevas tendencias traen maneras distintas de apreciar el mundo y la vida cotidiana.

La dinámica industrial vigente de explotación ilimitada de recursos hace imposible la supervivencia del modelo actual, es por esto que se comenzando a cuestionar el consumismo masivo principalmente desde el punto de vista ecológico, mutando hacia una visión que retoma el valor de calidad y durabilidad por sobre cantidad de producción. (Dannoritzer, 2011).

La nanotecnología es parte de esta corriente pues apunta a mejorar las propiedades y duración de los productos fabricados, reduciendo la producción de desechos al mínimo y aprovechando lo más posible los recursos disponibles actualmente. Los nuevos procesos y productos van acompañados de una conciencia ecológica coherente con la macrotendencia *eco-friendly* y de responsabilidad climática que se manifiesta en todos los ámbitos.

No obstante, este campo también representa un nivel de manipulación de la naturaleza que todavía está sujeto a la discusión. Al igual que en muchos otros campos y avances científicos, la moral y la ética son forzadas a cuestionarse al límite a la hora de realizar experimentos e investigaciones nuevas.

La nanotecnología plantea un campo de manipulación de la materia que en teoría posee la posibilidad de reformular por completo el mundo como se lo conoce, y por lo tanto es pertinente preguntarse como es que esto llegaría a afectar la condición humana como ha sido hasta ahora, especialmente en el punto en el que

la nanotecnología se mezcla e interactúa con ramas como la biotecnología y la genética, afectando seres vivientes directamente.

Asimismo, con la llegada de nuevas tecnologías se abren todas las puertas para su utilización, que no siempre llevan a la búsqueda del bienestar común o al mejoramiento de la calidad de vida. La imperceptibilidad de los nanomateriales los convierte en elementos poderosos que son capaces de alterar la vida humana tanto para su beneficio como para su detrimento, siendo capaces también de convertirse en un arma poderosa. (Berne, 2008).

En cuanto a los prospectos socioeconómicos futuros, los expertos están divididos en visiones pesimistas y visiones optimistas de los efectos de la nanotecnología y su aplicación.

Las visiones utópicas plantean a la nanotecnología como la solución a una gran parte de los problemas de medio ambiente y salud, generando recursos que son aprovechados de la manera más eficiente posible, y una contaminación que se ha reducido a su mínima expresión.

Nuevos y mejores medicamentos, reimplante de órganos y miembros sin las consecuencias e implicaciones que se conocen actualmente, e incluso carne que presenta la posibilidad de ser cultivada en un laboratorio y no explotada en la industria de la ganadería, una de las que más contaminación genera. La industria de la producción de carne y cuero genera cuatro veces más desperdicios y desechos tóxicos para el agua y el aire que la industria del transporte. (Mathews, 2006).

Otra versión, totalmente contraria, afirma que un avance en la posibilidad de manipular nuestro alrededor condena a la sociedad a replicar su modelo actual de distribución monopólica del poder, planteando así un mundo a gusto y

favorecimiento de unos pocos en menoscabo del bien de muchos. (Wood, Jones y Geldart, s/f). La Unesco afirma

Por ejemplo: la ciencia puede ser beneficiosa para el ser humano, pero ¿quién se beneficia actualmente de ella? Importantes adelantos de la ciencia y la tecnología se efectúan a menudo en los países más desarrollados aprovechando recursos procedentes de países menos desarrollados, pero éstos no suelen disfrutar de los resultados y productos finales del proceso. Además, la ciencia y la tecnología son hoy actividades eminentemente internacionales. (Unesco, 2007, p.3)

Esta incapacidad de determinar si la nanotecnología es favorecedora o presenta un riesgo para la humanidad plantea también un problema en cuanto a la comercialización de los productos. La penetración de estos en el mercado puede llegar a ser muy lenta si los usuarios no adoptan las nuevas tecnologías como parte de lo cotidiano o si simplemente se resisten al cambio. Incluso los consumidores del tipo *early adapters*, que son los primeros en incorporar y consumir las últimas tendencias, pueden demorar en adoptarlas nuevas tecnologías en productos si desconocen los riesgos y beneficios. (Martins y Marquens, 2011).

Por supuesto todos estos cuestionamientos son aplicables a muy largo plazo. La nanotecnología se encuentra en un estado de desarrollo incipiente. Y es por esto que aún no se ha alcanzado un nivel de aplicación en el cual se puedan medir o siquiera calcular de forma correcta los resultados del uso constante de nanoproductos.

Es de vital importancia realizar un análisis y prevención de todos los riesgos que sean posibles de controlar incluso en sus etapas más tempranas de desarrollo, para reducir al mínimo sus posibles efectos dañinos para la salud y medio ambiente. En este análisis debe estar incluida toda la cadena de producción de nanomateriales, desde las nanopartículas y sus efectos en los operarios de los

laboratorios que los fabrican, pasando por sus consecuencias para los usuarios derivadas del uso constante, hasta llegar al desuso y desecho del producto.

Este último aspecto, si no es considerado, puede representar el mayor riesgo para la vida humana pues indefectiblemente todo lo que es volcado hacia el medio ambiente tiene impacto en el ecosistema.

Con todo esto en mente, en el próximo capítulo se detallarán las aplicaciones de nanotecnología a la industria textil, cómo se aplican y en qué consisten, además de los beneficios que brindan.

Capítulo 4. Aplicaciones tecnológicas a la ingeniería textil.

Una vez comprendida la definición de nanotecnología, la escala que abarca, sus aplicaciones, riesgos y beneficios, es posible comenzar a entender la amplia interdisciplinariedad del campo. Como se mencionó en el primer capítulo, la nanotecnología encuentra su origen natural en la biología, la química y la física (Merkle, 1993), pero como se trata de una escala específica de manejo de elementos se puede aplicar a cualquier aspecto de la manufactura humana.

Este capítulo nos servirá de panorama general de las diversas aplicaciones de la nanotecnología en la mejora de textiles y prendas enfocándose en última instancia a extender su uso desde la vestimenta especializada de trabajo hasta el mercado de la moda.

La nanotecnología textil es aplicada en su mayor parte recubriendo las fibras y tejidos con nanopartículas y polímeros compuestos por distintos elementos y con distintas propiedades. Las nanopartículas, como lo indica su nombre, son partículas que se encuentran dentro de la nanoescala, por debajo de los 100 nanómetros.

Los polímeros, por su parte, son compuestos de origen natural o artificial formados por uno o más elementos a base de moléculas de gran tamaño, del mismo o de distintos elementos, llamados homopolímeros o heteropolímeros respectivamente. (Allinger, 1978).

4.1. Textiles inteligentes, e-textiles y otros

La RAE (2001) define a la inteligencia como la capacidad de entender, comprender o resolver problemas.

El término textil inteligente se refiere a dos grandes campos. El primero se refiere a textiles reactivos que cambian y se adaptan con los estímulos del medio exterior y del cuerpo para mejorar sus propiedades según sea necesario; y el segundo campo se refiere a textiles llamados comunicacionales o informáticos, que monitorean y registran los cambios del cuerpo y el medio ambiente.

Cambiando las propiedades físicas y químicas de los tejidos es posible regular la temperatura del cuerpo, deshacerse de la transpiración excesiva, y proteger al cuerpo de agentes externos nocivos, ya sean radiactivos, químicos o biológicos. Al mismo tiempo, la dificultad se presenta en mantener las capacidades de uso y lavado de las prendas, así como su función y aspecto estético. Si bien todos los pasos del proceso de fabricación textil determinan las propiedades finales de un tejido, el paso final, de recubrimiento, es el que termina de definir la variabilidad de reacción del textil.

Los recubrimientos de textiles inteligentes como híbridos, pues contienen una mezcla que incluye varios tipos polímeros y partículas. Estos recubrimientos son sumamente sensibles y sus efectos varían según su composición y la manera en la que recubran el textil. (Minko y Motornov, 2007).

A su vez, los textiles inteligentes se pueden clasificar en pasivos y activos según si solamente detectan los cambios del medio exterior o si también reaccionan a él. (Marino, 2010)

En el caso de los textiles electrónicos o *e-textiles*, se trata de tejidos que incorporan en su fabricación componentes como circuitos y transistores y están destinados a la transmisión de información.

Los primeros atisbos de la idea de crear computadoras que se puedan portar sobre el cuerpo se remontan a la década del sesenta, con el invento de Edward Thorp y

Claude Shannon, que en 1961 construyeron una pequeña computadora integrada a una camisa que medía e indicaba la velocidad de la rueda de la ruleta y predecía sus resultados. (Adronovska, 2009).

Thorp y Shannon trabajaron durante siete meses en la construcción y perfeccionamiento de la pequeña computadora que después resultó en 12 transistores acomodados en el tamaño de una caja de cigarrillos. Estos transistores, programados con anterioridad para igualar la velocidad de revolución de la ruleta, se activaban por un pequeño switch y comenzaban a contar las revoluciones tanto de la ruleta como de la pelota, calculando un aproximado de dónde se detendrían ambos elementos y prediciendo así el resultado del juego.

La pequeña computadora se conectaba con el usuario mediante un fino cable que terminaba en un audífono y permitía escuchar la predicción. El dispositivo tenía un 44 % de aciertos. Más tarde, cuando fue anunciado públicamente en 1966, fueron prohibidos y penados por ley este y todos aquellos aparatos que tengan como objetivo la predicción de los resultados de juegos en todos los casinos de Estados Unidos. (Thorp, s/f).

Los componentes electrónicos de los textiles inteligentes pueden ser tanto parte intrínseca del tejido, es decir, ser parte de la fibra o de la trama a manera de cables y otros sensores; o estar impresos por encima a manera de recubrimiento (Windmiller y Wang, 2012). La flexibilidad y durabilidad de los electrónicos destinados a este fin permite que se integren perfectamente con el tejido y también se pueden aplicar directamente a la piel. En el proceso de fabricación de los textiles electrónicos, según su función se debe tener en cuenta la instalación de una fuente de poder que provea energía a los circuitos eléctricos. Esta energía puede provenir de pequeñas baterías o celdas solares integradas con la prenda (Nakad, 2003).

Dentro de los métodos más simples y de mayor uso por los diseñadores para la fabricación de textiles electrónicos se puede nombrar el uso de circuitos integrados impresos, bordados con componentes eléctricos o mediante botones de conexión.

Los circuitos integrados impresos se crean a partir de una tela metalizada conductiva y que pueda ser adherida a la tela final. Estos circuitos deben ser diseñados previamente según la necesidad del diseño que se quiera hacer. En el caso de los bordados, estos se diferencian de los bordados tradicionales solamente en que utilizan hilos conductivos y dispositivos de iluminación con la forma adecuada. Los botones de conexión siguen la misma lógica del circuito bordado pero permiten la inserción y extracción de los elementos lumínicos, emulando a los tomacorrientes que son parte del hogar.

Con los componentes y métodos de fabricación adecuados, es posible lavar y usar las prendas electrónicas al igual que todas las otras prendas. Sin embargo, el mayor reto en la fabricación de textiles electrónicos se refiere al aislamiento que requieren los circuitos para evitar fallas y en la durabilidad de los dispositivos según su resistencia al uso y lavado. (Andronovska, 2009).

Para Windmiller y Wang (2012) el valor de su utilización está en la capacidad de detectar componentes peligrosos en el medio ambiente o cambios en el propio cuerpo. Esto es particularmente útil en zonas cercanas a desastres nucleares o ciudades afectadas en extremo por la polución, haciendo posible informarle al usuario de la situación para saber si evacuar la zona o utilizar equipamiento específico de protección. Asimismo, en el caso de que los sensores monitoreen los cambios del cuerpo, son de utilidad para medir la evolución de la potencia cardíaca de un atleta o la presión arterial de un paciente que requiera controles constantes, por ejemplo.

Sin embargo, para Andronovska (2009), su uso se puede extender también a alfombras, cortinas y demás elementos del hogar para crear espacios interactivos; y también en aplicaciones más lúdicas como prendas que funcionen a la vez como cargadores de dispositivos o reproductores de música. Por último, este campo también abre las puertas a la exploración de las posibilidades estéticas de incluir sistemas eléctricos luminosos en las prendas.

4.2. Nanotecnología aplicada a textil

Los textiles electrónicos no forman parte del campo de la nanotecnología directamente. Se relacionan de manera muy cercana pues hacen uso de nanocomponentes y nanomateriales en los circuitos y en los polímeros de revestimiento que implementan. Para este proyecto de graduación, sin embargo, no se tomarán como partícipes de la nanotecnología textil pues no implican un manejo directo de la materia en nanoescala.

Al igual que en la fabricación de todos los otros tipos de textiles, el punto de partida para la aplicación tecnológica es la fabricación de las fibras que más tarde en el proceso pasarán a conformar el textil. Las nanofibras, por tener un tamaño tan pequeño y características tan particulares, requieren un proceso de fabricación especial llamado electrogirado.

El electrogirado comenzó a estudiarse en 1930, pero no es hasta la década de 1960 que su investigación se intensifica. Se desarrolla mediante la extrusión de un polímero viscoelástico y su respectivo solvente a través de una boquilla muy fina con la forma deseada que libera la fibra en forma de espiral, ésta es después recogida en un colector. Tanto la boquilla como el colector están cargados de electricidad, cada uno con carga opuesta. (Salem, 2007).

Sin esta carga eléctrica, el polímero se mantiene en la punta de la boquilla por efecto de su propia tensión superficial. Con la aplicación de un voltaje específico para el polímero y características ambientales, el polímero se deforma en un cono a medida que sale de la boquilla, conocido como cono de Taylor. Si el campo eléctrico es suficientemente fuerte, el polímero es forzado a través de la punta del cono de Taylor formando así la fibra. (Vignes et. al., 2012). La inercia del proceso sumada a la inestabilidad molecular que genera el contacto con la electricidad hacen posible que la fibra se afine y fortalezca a medida que el solvente se disuelve. Un diagrama de un proceso de electrogirado puede ser observado en la figura 1.

El tamaño de las fibras que se obtienen de este proceso oscila entre los 100 y 500 nanómetros. Este proceso presenta la dificultad de requerir un perfecto balance entre la carga eléctrica, el diámetro de extrusión de la fibra y la viscosidad del polímero; de otra manera, la tensión que soportan las moléculas no permite que se ordenen en forma de hilera y causa rompimientos o gotas en las fibras. Sin embargo, para algunas fibras estos defectos son generados adrede.

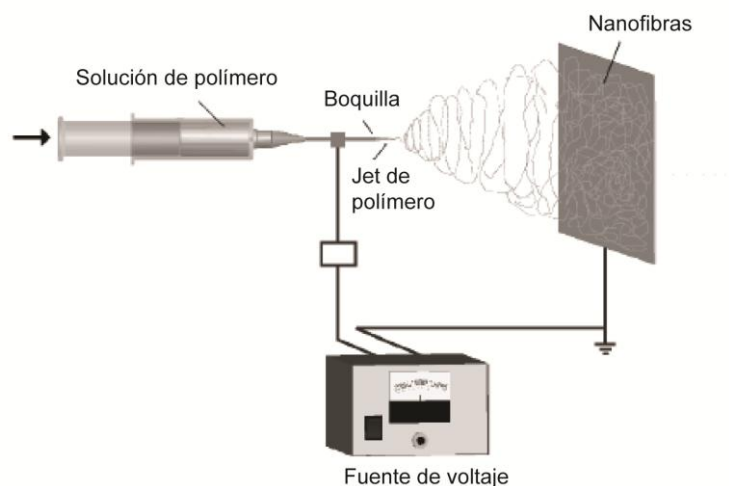


Figura 1: Esquema básico de electrogirado. Fuente Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. Inglaterra: Woodhead Publishing Limited

Según Salem (2007), el proceso de electrogirado puede ser realizado con polímeros derretidos o disueltos en un solvente, y de estas dos opciones, la primera es la más eficiente y más ecológica pues el desecho del solvente representa un problema importante a la hora de producir fibras en volúmenes industriales.

Sin embargo, en la mayoría de los casos la viscosidad de los polímeros derretidos y sus propiedades de reacción eléctrica no permiten la formación de nanofibras de diámetros muy reducidos y es por esto que estas representan un reto a la hora de su fabricación tanto en escala de muestra como a un nivel industrial.

El mayor problema a escala industrial es que el proceso de electrogirado es lento, consumiendo aproximadamente entre 1 y 5 mililitros de polímero por hora. (Lin, 2007). Para llevar el proceso a un nivel masivo se puede utilizar una versión de máquina que posea más boquillas, pero a su vez esto genera nuevos retos que van desde el control de calidad de las fibras resultantes hasta la limpieza de las máquinas.

Para contrarrestar estas dificultades, apareció el electrogirado sin agujas, que consiste en un polímero que descansa en un recipiente con carga eléctrica. En el interior de la mezcla de polímero se coloca un cilindro y desde arriba se acerca un imán.

El efecto que genera esta contraposición de polos energéticos resulta en el polímero que se acerca al imán en forma de fibras. Un ejemplo de esta máquina se puede observar en la figura número 2.

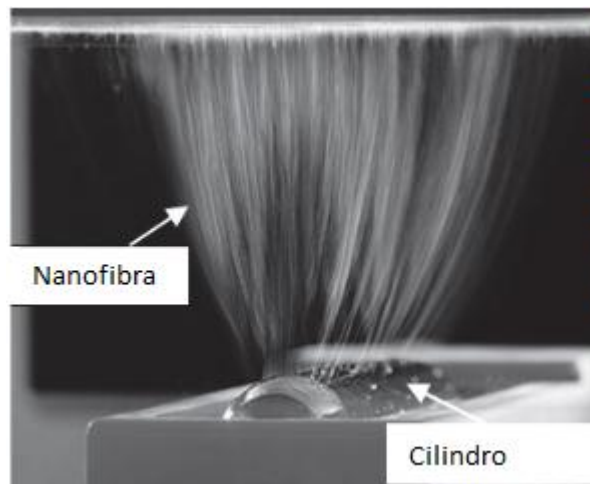


Figura 2: Detalle de electrogirado por cilindro. Fuente Jirsak O., Sanetnik F., Lukas D., Kotek V., Martinova L. & Chaloupek J. (2005). *A method of nanofibers production from a polymer solution using electrostatic spinning and a device for carrying out the method*. Patente N1 WO 2005/024101 A1.

Existen diferencias sustanciales entre un proceso y otro. Por ejemplo, en el electrogirado por cilindros, el antes mencionado como de Taylor se genera en la superficie del polímero.

Es por esto que la mezcla de polímero debe tener fuerza intermolecular para soportar al mismo tiempo la tracción del imán y el campo eléctrico del proceso. En el electrogirado común, el cono de Taylor se genera mediante la inercia y es estable pues siempre se alimenta la extrusión de polímero. Se observa también que la base del diámetro del cono de Taylor en el electrogirado con cilindro se reduce de 1.2 milímetros a 0.3 milímetros durante el proceso de producción de fibras, es decir que es necesaria una capa más gruesa de polímero para lograr mejor estabilidad. Otro punto importante es la carga eléctrica que se aplica a la solución polimérica, pues el electrogirado común requiere un voltaje mucho menor que el de cilindro. (Haitao, Xungai y Tong, 2011).

Las nanofibras son atractivas para muchos usos e industrias pues tienen tres características únicas que las diferencian: área específica de superficie muy alta,

mucha capacidad de alterar su aspecto manualmente y propiedades que imitan al mundo natural y a la biología y también permiten manipulación completa y adaptable a muchas necesidades. (Smith, Büttner y Sanderson, 2007).

Salem (2007) menciona que las propiedades y calidad de las nanofibras están determinadas tanto por las características de la solución del polímero, su conductividad eléctrica, las propiedades del medio ambiente en el cual se realiza el electrogirado, el material y geometría del colector, el voltaje que se aplica, la velocidad de extrusión y la distancia entre la boquilla y el colector.

Las cualidades de la fibra son afectadas en el proceso de electrogirado según la concentración y características del polímero, la viscosidad de la solución entre polímero y solvente, el tipo de solvente, la conductividad de esta solución, la cantidad de corriente eléctrica que se aplica y su voltaje, las propiedades ambientales, el material y geometría del colector, la velocidad de extrusión y la distancia entre la boquilla y el colector. La combinación específica de estas propiedades es lo que determina las características de la nanofibra como ser su tamaño, sección transversal, superficie y morfología.

Aumentando la concentración del polímero en la solución se aumenta también el diámetro de la fibra resultante. Por otro lado, si el polímero posee un peso molecular alto la viscosidad es mayor y se obtiene una fibra continua sin variaciones; sin embargo, si el peso molecular del polímero es bajo, se obtiene una fibra con estructura de perlas, proceso también llamado *electrospraying* por el efecto de gotas que se acumulan en la fibra. El efecto de perlas y el diámetro de la fibra se pueden reducir si se introduce un elemento que aumente la conductividad de la solución polimérica.

Otro ejemplo de las variaciones en la fibra según el autor mencionado anteriormente, se refieren a la superficie de la misma. Los cambios en la

morfología superficial están dados por el polímero que se utiliza, la carga eléctrica que se le aplica y las condiciones atmosféricas en el momento de su producción. Un voltaje más alto lleva como resultado una superficie irregular, mientras que una humedad relativa alta en el ambiente resulta en fibras con poros más grandes.

Al igual que con la extrusión de fibras convencionales, se pueden utilizar varios polímeros distintos en una misma fibra y así combinar y mejorar sus propiedades. Combinando todas estas variables las posibilidades de alterar las fibras presentan un abanico muy amplio de mejoras textiles posibles. (Lin, 2007).

La aplicación de esta tecnología a la industria textil encuentra sus orígenes en la década de 1960: La compañía DuPont, multinacional de industria química, comenzó a desarrollar nuevos materiales que permitieron un mejor aprovechamiento de las propiedades de las fibras (Booker y Boysen, 2005).

El autor relata que en la búsqueda por encontrar un material fuerte, resistente al calor que se pueda utilizar como el asbesto pero sin los riesgos para la salud que este presenta, apareció el *Kevlar* o fibra de aramida. Esta fibra posee cinco veces la fuerza del acero y es utilizada en la fabricación de chalecos antibalas, trajes de bomberos, e incluso como refuerzo en el fuselaje de aviones.

La fibra se conforma en base al polímero Polipara-fenilen-tereftalamida o PPD-T, que después de ser sometido al proceso de electrogirado a altas temperaturas en un medio ácido, acomoda sus moléculas en forma de fila fijándolas y dándoles gran resistencia y fuerza.

Para la creación del Kevlar en su versión comercial la marca DuPont tuvo que enfrentar muchos obstáculos de balance entre polímero, solvente y tensión, logrando finalmente un equilibrio entre el precio del material, así como un proceso

de fabricación que sea seguro para los usuarios, escalable a un nivel industrial y un procesamiento correcto de los residuos de la producción.

DuPont fabrica también otras fibras que se fabrican con procesos alterando las moléculas constitutivas de la materia. Una de ellas es el *Nomex*, que tiene propiedades ignífugas y adaptadas también a tipos específicos de fuentes de calor, ya sea fuego, electricidad, fricción, etc; su uso está dado mayormente en trajes de protección industrial. Otra fibra es el *Tychem*, que es capaz de resistir y filtrar agentes químicos y patogénicos tanto en contacto directo con la fibra o que se encuentren suspendidos en el medio ambiente. Otro ejemplo es el ya muy conocido *Teflon*, que además de sus aplicaciones en insumos del hogar es aplicado y mezclado con otras fibras para impermeabilizarlas y mejorar su durabilidad. El *Tyvek*, diseñado como aislante, también se utiliza en trajes protectores contra partículas de plomo, asbesto, hongos y otros del ambiente.

Más recientemente la marca DuPont lanzó también una fibra llamada *Sorona*, fabricada a partir de los biopolímeros que se encuentran naturalmente en el maíz. Esta fibra promete ser la revolución de la industria pues es la primera fibra de origen natural que posee los mismos beneficios de impermeabilidad, resistencia a las manchas y abrasión que sus contrapartes fabricadas a partir de recursos fósiles. La fabricación de Sorona utiliza 30 % menos energía y genera 63 % menos gases de efecto invernadero en comparación a la fabricación del *Nylon 6*. (Dupont, 2013).

A continuación se detallan cuales son los procesos de mayor utilización de nanotecnología en el tratamiento, mejora y fabricación de fibras y de textiles, además de los beneficios que aportan.

4.2.1. Impermeabilización

El proceso de impermeabilización de las prendas es quizás uno de los más importantes en nuestros constantes esfuerzos evolutivos por defendernos del medio ambiente y el clima.

Ya en la década de 1950 se soñaba con la fabricación de un tejido que no se manchara ni necesitara lavarse. Estas aspiraciones están plasmadas en la película dos veces nominada al Oscar *El hombre del traje blanco*, estrenada en 1951 y dirigida por Alexander Mackendrick. En esta película, el científico Sidney Stratton inventa una tela que nunca se ensucia ni se gasta, y fabrica un traje blanco para probarlo; el sindicato de manufacturas de ropa se opone a esta creación que significaría una grave decaída para su industria e intenta detenerlo a toda costa. (International Movie Database, 2013).

El proceso actual de tratamiento de materiales para concederles resistencia al agua y a los aceites de textiles consta en su mayoría de una o más capas de producto aislante adherida sobre el tejido ya terminado. Este producto, en sus versiones más modernas y mejoradas, está conformado por un compuesto a base de resina y fluorocarbonos similares a los que componen el Teflón. (Stegmaier, et al., 2007). El proceso está en constante mejora pues con los procedimientos que se llevan a cabo hoy en día el revestimiento del textil cambia indefectiblemente su textura y además en el proceso de cobertura, en la búsqueda por una capa lo más fina posible, se pierde un 99% de la cantidad de producto original por la volatilidad en el ambiente.

Stegmaier y sus colaboradores plantean un nuevo proceso de impermeabilización textil en base a plasmas y a una fabricación en seco, que optimiza el material necesario y la energía que se emplea en su terminación. El plasma, también llamado el cuarto estado de la materia, es un gas compuesto por partículas

expuestas a una corriente eléctrica, generando que en su interior se liberen electrones dando como resultado que algunas de estas partículas estén cargadas positivamente y otras negativamente (Moore, 2008).

Este proceso consiste en la aplicación de un gas constituido por nanomoléculas de fluorocarbonos, al cual se le aplica una corriente eléctrica para mejorar su reactividad. Bajo las condiciones de presión de la atmósfera adecuada, esas moléculas se polimerizan y crean una capa sobre el textil, que es mucho más delgada y mejor unida a la fibra que el proceso tradicional. Como beneficio principal, la cobertura atmosférica con plasma no genera desperdicio energético ni de material, además de ser aplicable a casi cualquier fibra y de manera sencilla en cualquier línea de producción textil mediante una cámara especial para aislar el medio exterior.

El grosor de la capa se puede controlar afectando la velocidad en la que el textil recorre la cámara de gas, controlando también así el grado de repelencia a los líquidos y haciendo posible las adaptaciones de uso específicas. El grosor de la cobertura se puede variar entre uno y 14 nanómetros.

Según los autores mencionados anteriormente, compañías como la *IVT Dekendorf* se enfocan prestando especial atención a la creación de productos autolimpiantes y superhidrofóbicos, es decir que repelen completamente los líquidos y otras sustancias. Esta característica está inspirada en las hojas de la planta de loto, cuya superficie está cubierta por una especie de microscópicos conos que a su vez poseen una superficie rugosa. Este efecto que es intrínseco a la planta de loto posiblemente sirva como defensa a los ataques de bacterias y esporas de otras plantas. Una ilustración gráfica sobre la textura descrita se puede encontrar en la figura 2 del cuerpo C.

El proceso se basa en la baja energía superficial y minimización del área de adhesión mediante la alteración de la estructura del tejido. Esta alteración puede ser dada por tres caminos distintos: la modificación de la fibra, la modificación del hilo, o el recubrimiento del tejido.

Estudios financiados por la IVT Dekendorf muestran que hilos contruidos con fibras lo más delgadas posibles pero de baja torsión, y los producidos por método *Vortex* y *open-end*, son los más eficientes al momento de crear repelencia a los líquidos. (Stegmeier et. al, 2007).

El método de torsión *Vortex* consiste en acomodar las fibras de manera que la fibra apunte siempre hacia el centro, de esta forma el centro del hilo siempre se encuentra recto, sin torsión, mientras que las otras capas de fibras se enroscan por encima. Esto genera un efecto de compresión de aire en el centro del hilado, otorgándole mayor estabilidad y fuerza. (*Murata Machinery*, 2013). Por otro lado, la hilatura *open-end* o de cabo abierto consiste en introducir las fibras en el interior de un dispositivo giratorio, la torsión se aplica por efecto de la inercia y el movimiento del rotor. (Hollen, Saddler y Langford, 1993).

La repelencia a manchas y líquidos es proporcional a la densidad de fibras cortas y distantes, a manera de pelos, que sobresalen del tejido, pues el área de contacto con las moléculas de agua se reduce. Es decir que para lograr el efecto autolimpiante e hidrofóbico es necesaria una superficie áspera a escala nanométrica. El grado de repelencia de una superficie se mide en el ángulo de contacto de la molécula de líquido en relación a la superficie, y se considera superhidrofóbico un producto cuando este ángulo alcanza los 150°. (Luzinov, 2007).

Este autor plantea un método distinto que funciona bajo los mismos principios de baja energía superficial y aspereza, y también consta de un recubrimiento de un nanopolímero en el tejido.

La diferencia con el método planteado por Stegmaier y la IVT es que en este proceso se recubre al tejido dos veces, la primera con una fina capa de un nanopolímero que regula la energía superficial y la segunda con nanopartículas de un compuesto que otorgue la topografía necesaria. Una combinación posible de estos elementos es un recubrimiento de poliestireno y nanopartículas de plata sobre un tejido de poliéster.

La energía superficial, también llamada tensión superficial, consiste en la cantidad de energía que es necesaria para separar las moléculas de un determinado material generando una superficie, que lo separa de los otros elementos. (Hansen, 2004).

4.2.2. Repelencia de estática

La repelencia estática en el tejido se logra por dos vías, ya sea mediante un recubrimiento al tejido o durante la fabricación afectando la estructura de las fibras.

En el primer caso, existen dos procesos posibles. El primer proceso consiste en combinar los procesos hidrofóbicos e hidrofílicos, aplicando uno distinto en cada cara del material. De esta manera, la superficie rugosa de la faz hidrofóbica interactúa con los otros elementos y el ambiente, disipando la carga eléctrica estática, mientras que la faz hidrofílica atrapa las moléculas de agua aumentando la humedad relativa dentro del tejido y reduciendo la carga eléctrica del mismo. (Dong y Huang, 2002). El segundo proceso consiste en recubrir el tejido con una membrana de PTEE-Teflón, creando una capa que es capaz de conducir la

electricidad evitando su acumulación puntual. (Wong, Yuen, Leung, Ku, y Lam, 2006).

En el caso de la alteración de fibras al momento de su fabricación, se altera la mezcla del polímero agregando partículas de nanocarbono en la mezcla de extrusión o recubriendo a la fibra con níquel o sulfuro de cobre para hacerlo capaz de conducir cargas eléctricas, de igual manera que en recubrimiento de teflón esto impide la acumulación puntual de electricidad que hace posible generar descargas. A diferencia del recubrimiento, este efecto es permanente en el tejido y no se ve afectado por el uso o el lavado. (Sarma, 2009).

Este proceso es particularmente importante para los textiles sintéticos, pues son los que más retienen carga eléctrica generando estática. El resultado se puede lograr utilizando varios materiales, como dióxido de titanio, óxido de zinc en forma de pequeñas fibras verticales, óxido de nanoantimonio (ATO) y silenasol. Estos compuestos, al ser conductores, disipan la carga eléctrica acumulada entre las moléculas del tejido. (Patra y Gouda, 2013).

El recubrimiento del tejido se realiza combinando el proceso de polímero en húmedo y por medio de plasmas. (Sarma, 2009).

4.2.3. Protección anti bacterial

En la actualidad el tratamiento anti bacterial de textiles se trabaja a partir de agentes químicos como antibióticos y detergentes que previenen aunque sea de manera parcial el desarrollo de microorganismos. Sin embargo estos resultan poco efectivos, de poca duración e incluso tóxicos haciendo imposible su utilización en aplicaciones relacionadas a la salud; además de durar poco en el tejido y poner en detrimento su calidad. Se utilizan especialmente en fibras orgánicas ya que estas

son más propensas a atraer y favorecer el crecimiento de gérmenes y otras bacterias. (Maleknia, Aala, y Yousefi, 2010).

Es por esto que la nanotecnología permite prevenir la formación de bacterias sin afectar las propiedades físicas ni estéticas del tejido y es seguro tanto para los fabricantes como para los usuarios. Para lograr este objetivo se aplican nanopartículas de compuestos metálicos que recubren las fibras e interactúan con los microorganismos para eliminarlos. Los compuestos metálicos iónicos más de mayor utilización como agentes esterilizantes son la plata, dióxido de titanio y óxido de zinc.

De todos ellos, el primero es el elemento que más reacción presenta al entrar en contacto con agentes bacterianos. Las nanopartículas de plata penetran en las células e inhiben su metabolización de oxígeno a la vez que destruyen sus proteínas. Al eliminar las bacterias y detener su reproducción, se eliminan infecciones, olores, picazón y otros males asociados a éstos agentes patógenos. Las partículas de plata son añadidas en especial a medias, toallas, vendajes y demás elementos que estén en contacto con humedad y calor y sean propensos a desarrollar bacterias y hongos.

En el caso del titanio y el zinc, estos actúan como fotocatalizadores que, al entrar en contacto con una fuente de energía, como por ejemplo la luz, liberan electrones, hidrógeno y oxígeno que se combinan en un proceso llamado oxidación-reducción. Durante este proceso, la materia orgánica se descompone y elimina. (Wong, et. al, 2006).

4.2.4. Protección UV

Para la protección contra los rayos del sol se pueden utilizar pigmentos, tintes o recubrimientos que absorban los rayos ultravioleta del sol. Si se trata de un

recubrimiento, se emplean nanopartículas de dióxido de titanio y óxido de zinc, que como se mencionó anteriormente poseen cualidades refractarias de la luz. El proceso es similar a los descritos al principio del capítulo, recubriendo la superficie de la tela con una fina capa de una o ambas partículas, ya sea por el método de *spraying* o plasma en seco.

En el caso de la protección UV, la integración de nanopartículas a las fibras o al tejido demuestra ser menos efectiva que el recubrimiento como proceso final. Se estima que la duración del recubrimiento es aproximadamente de 50 lavados (Patra y Gouda, 2013).

4.2.5. Tratamientos anti arrugas

Usualmente, el tratamiento para evitar que los tejidos formen arrugas consiste en aplicar una capa de resina a base de nanomoléculas de dióxido de titanio, especialmente para el algodón, o silicio, especialmente para la seda. Sin embargo, mediante este proceso se pierde la fuerza de tensión del tejido, cambia la textura y se alteran sus propiedades de teñido y ventilación. (Wong et. al, 2006).

En el caso del tratamiento de fibras y tejidos de algodón, se han desarrollado varios otros procesos para mejorar su capacidad de volver a su forma determinada.

El primero de ellos consiste en alinear las moléculas del algodón disolviéndolas en una solución de amoníaco para volverlas maleables. Después de aplicar fuerza centrífuga y evaporar el amoníaco, las fibras quedan ordenadas en la misma dirección.

El segundo proceso consiste en reforzar los lazos entre las cadenas celulósicas mediante la incorporación de polímeros que se mezclen con las moléculas del algodón y fijen su posición; este proceso no es tan común pues las resinas a base

de formaldehidos presentan riesgos para la salud y el deterioro de las propiedades de las fibras.

El tercer proceso exitoso para fijar el algodón consiste en un recubrimiento de un polímero que recuerde la forma, volviendo rápidamente a su estado original.

El cuarto y más avanzado proceso consiste en la extracción de la keratina presente en la lana de oveja, para después incorporarla entre las cadenas celulósicas del algodón como se haría con los polímeros sintéticos. Al tratarse de un compuesto natural, no presenta efectos adversos en las características del algodón ni en la salud humana. (Yuen, 2006).

Para que la fibra mantenga al máximo sus cualidades estéticas y propiedades físicas, es decir que no cambien ni la textura ni las características intrínsecas de la fibra original, es necesario que los polímeros y recubrimientos que se apliquen posean un alto grado de flexibilidad.

4.2.6. Manejo de calor y humedad

Para lograr la termoregulación se requiere otorgar a los textiles la capacidad de adaptarse a las condiciones del medio externo y del cuerpo.

Existen varios caminos para lograr este objetivo. Uno de ellos consiste en un producto que comenzó a desarrollarse a finales de la década de 1970 por la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio, NASA por sus siglas en inglés, llamados materiales de cambio de fase.

Estos consisten en un textil, o una fibra que luego pasará a transformarse en tejido, recubierto con cápsulas de hidrocarburos parafinados y cristales plásticos, ambos elementos que reaccionan ante el cambio de temperatura. Cuando ésta aumenta y el material llega al punto de fusión, absorbe la energía calórica en el

proceso de transformación, lo que genera una reacción de enfriamiento. Si la temperatura baja y el elemento alcanza de nuevo su punto de solidificación, la reacción libera calor calentando temporalmente al portador de la prenda. El cambio de temperatura puede estar dado por el cuerpo o por el medio ambiente, pero los procesos de fusión y solidificación se alternan de forma continua logrando así la mayor comodidad del usuario a todo momento, teniendo una temperatura estable. (Mansfield, 2004).

El 1998 se logró incorporar la microencapsulación de materiales de cambio de fase en la mezcla de la fibra y no solamente como recubrimiento, logrando así un proceso permanente que permite que el efecto de la prenda no sea afectado por el uso ni los lavados. (Nelson, 2002).

Los valores normales de temperatura del cuerpo, y particularmente de la piel, oscilan entre los 28°C y 33°C, y este es el rango de fusión y solidificación que se asigna a las nanocápsulas para mantener una temperatura cómoda. (Vijayaraaghavan y Gopalakrishnan, 2007)

Otro método de control de calor y transpiración proviene de fibras que reaccionan al vapor, abriendo su trama con el aumento de la temperatura, permitiendo así una mayor ventilación. De igual manera, realizan el proceso contrario, reduciendo el espacio entre fibras ante la falta de humedad y calor para actuar de manera aislante, también defendiendo al portador contra el viento. (Schoeller, 2013)

4.2.7. Otros

Las microcápsulas están conformadas por un material esencial recubierto por un polímero natural o sintético que permita su liberación controlada. (Berlinger y Szczerbinski, 2010).

La microencapsulación, mencionada en el punto anterior, se utiliza no solamente para materiales con cambio de fase si no también en recubrimientos que incorporen fragancias, insecticidas, medicamentos e incluso recubrimientos policromáticos. El proceso consiste en revestir a la fibra o al tejido con una capa de microcápsulas que después liberen su contenido con el roce y el movimiento.

Mientras más pequeñas sean las cápsulas, mejor se podrá cubrir el tejido y éstas se adherirán mejor, alargando su duración debido a que aumentan su capacidad de soportar presión. Sin embargo, las cápsulas más grandes liberan más y más rápido el contenido de su interior.

Este proceso generalmente tiene una duración determinada correspondiente al número de lavados de la prenda, que es de alrededor de los 30 lavados antes de perderse completamente. (Nelson, 2002).

El autor también menciona que en cuanto a los recubrimientos policromáticos es posible señalar dos tipos: termocromáticos o sensibles a la temperatura y fotocromáticos, sensibles a la luz ultravioleta. En ambos casos se utilizan microcápsulas que protegen los elementos reactivos en su interior. Estos tintes policromáticos tienen una duración de alrededor de 20 lavados.

En un campo diferente, la nanotecnología también permite la creación de pigmentos y tintes que logran cambiar de color según la temperatura del cuerpo. (Saulquin, 2010).

Los pigmentos empleados tienen tres elementos: un compuesto orgánico cromático dador de electrones, un receptor y un compuesto. El dador tiene un color cuando pierde un electrón. El aceptador de electrones y el medio de reacción tienen una temperatura fijada como límite. A baja temperatura, el compuesto aceptador de electrones está unido al compuesto orgánico donante de electrones en el medio sólido de reacción y elimina un electrón para formar el color. (Saulquin, 2010, p.214).

Otro ejemplo de aplicación de nanotecnología son los procesos hidrofílicos, es decir, los que atraen y mantienen la humedad en el interior de sus moléculas. Son aplicados a fibras y textiles para mejorar y controlar sus cualidades estéticas y de comodidad. Las fibras artificiales, que tienen tendencia a tener una textura demasiado plástica, se recubren por nanocelulosa. La humedad atraída por este material permite darles una textura más cercana al algodón y a otras fibras naturales, haciéndolas más suaves, flexibles y frescas. (Joshi y Bhattacharyya, 2011).

La nanotecnología también hace posible mejorar la resistencia a la fricción y al desgarro, propiedad llamada tenacidad, mediante recubrimientos de partículas de sílice. En este punto en particular el reto principal es lograr un recubrimiento suficientemente fino como para que el textil no pierda su flexibilidad sin comprometer su grado de protección. Este proceso es aplicable tanto a fibras de algodón, poliamida y fibra de vidrio en sus versiones más especializadas. (Mahltig y Textor, 2008).

4.3. Cuidado y mantenimiento

Idealmente, el cuidado de los nanotextiles no difiere de los cuidados que se tendrían con una prenda normal. Sin embargo, para mantener las cualidades y propiedades del textil por el mayor tiempo posible los fabricantes recomiendan unos cuidados simples de seguir.

En el caso de los textiles hidrofóbicos la cantidad de lavados es muy reducida pues rara vez lo necesitan. Lo más recomendado es remover las manchas de la superficie con un poco de humedad o un cepillo suave. (Nanotex, 2013).

Para todos los otros procesos el lavado es indiferenciado aunque no se recomienda el uso de limpieza en seco ni de suavizantes pues estos pueden llegar

a acumularse sobre la superficie de la tela y anular o reducir su funcionalidad. De igual manera se recomienda no utilizar la secadora por períodos muy extendidos pues esto puede dañar los recubrimientos innecesariamente. (Easter, 2008).

4.4. Precios

La producción de nanofibras y recubrimientos que involucran el uso de nanopartículas se encuentra actualmente en un estadio en el que es posible su aplicación a gran escala.

En el mercado exterior los textiles fabricados por Nanotex se pueden conseguir en el mercado mayorista por un precio de entre U\$s 3 y U\$s 9 dólares americanos por metro. Este precio no difiere al de un textil común y hace posible su aplicación en la industria del comercio masivo sin perder competitividad. (Sina Pearson Textiles, 2012).

En Argentina, la empresa Indarra comercializa ropa deportiva de valor agregado que no difiere del precio definido por el mercado de la indumentaria deportiva en general, con productos unisex entre \$200 y \$1000 pesos según la tecnología que se aplique. (Indarra, 2013).

Con un nivel de industrialización suficiente y una vez cubierta la importante inversión inicial que representa la adquisición de la maquinaria necesaria para realizar todos los procesos previamente descritos, los nanotextiles no debieran exceder demasiado el precio de los tejidos comunes pues las materias primas son relativamente accesibles (Miró, comunicación personal, 7 de noviembre de 2013). Sin embargo, el valor agregado del producto terminado está dado por la funcionalidad y características específicas del mismo.

Una vez descritos los procesos más relevantes del tratamiento de textiles con nanopartículas es posible acercarse a la realidad del mercado argentino. En el capítulo siguiente se desarrollará el estado tecnológico y productivo de la industria de la moda, llegando así a la respuesta de la pregunta central de este trabajo: saber si es posible integrar los textiles modificados más allá de su uso como tejidos especiales en ropa de trabajo.

5. La industria argentina

Después de comprender por completo las distintas aplicaciones de la nanotecnología en el mundo textil disponibles en el mercado, es posible volver a un escenario local para lograr una conexión entre ambos campos. En este capítulo se desarrollará el estado de la industria argentina en lo que respecta al tema de interés, así como los proyectos que son relevantes y se encuentran vigentes tanto desde el Estado como a partir de diversas empresas privadas que se dedican al rubro. Para comenzar, se hará un breve recorrido por la historia de su desarrollo.

Argentina es un país con altas potencialidades científicas y tecnológicas - públicas y privadas-, y está en condiciones de desarrollar diversos proyectos en el campo de las micro y nanotecnologías. Las capacidades están difundidas entre los distintos actores del sistema y son de potencial interés y utilidad para las industrias innovadoras del país. (Dirección Nacional de Información Científica y Dirección Nacional de Estudios, 2009, p.1).

A mediados del año 1996 el diseñador argentino Teo Gincoff es el primero del país en abordar el proceso de diseño desde la materia prima hasta el desecho de la prenda. En conjunto con el químico Alejandro Antichi, desarrollaron el *eslastocromo*, un material sintético elastomérico totalmente reflectivo que consiste en la fusión de helio sobre poliamida. (Lescano, 1999). Este material posee la capacidad de imitar otros materiales y también reaccionar ante la luz del sol. (Saulquin, 2010).

Sin embargo, no es a partir del año 2000 que el sector comienza a desarrollarse de manera activa, mediante el apoyo del gobierno y la creación de varias organizaciones tanto privadas como de cooperación dedicadas a la investigación y apoyo para el campo de la nanotecnología.

En 2004 se dicta el primer taller de Nanociencia y Nanotecnología en la entonces Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT), actualmente llamado Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCyT).

Para el 2005 se financian las primeras cuatro investigaciones de nanotecnología y se crean las principales fundaciones en fomento de la inversión, el avance de infraestructuras y los recursos humanos. Estas son la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) y la el Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología (CABNN).

En 2007 se realiza el primer encuentro bienal Nanomercosur, abierto al público y destinado a que las empresas pudieran dar a conocer sus productos y servicios, e incluyendo charlas abiertas para el enriquecimiento científico y el fomento de redes de trabajo.

Ese año también se creó el Instituto de Nanociencias y Nanotecnologías (INN), la división especializada en el área bajo la dirección del del Centro Nacional de Energía Atómica (CNEA).

A partir del 2008 la nanotecnología toma un papel de prioridad en la agenda de inversiones del gobierno, generándose a partir de este punto redes conjuntas de investigadores y más fondos de inversión estatal y privada. (Vila, 2011).

La industria de la nanotecnología en el mundo y en la Argentina se mueve por acción de tres principales mecanismos de movimiento del mercado.

El primero de ellos es la industria como impulsor de la demanda, en el cual las grandes empresas generan el espacio propicio para comercializar las nanoherramientas y nanoproductos y también financiar los centros de investigación y desarrollo.

El segundo se basa en un demandante privilegiado, que aparece cuando un particular beneficio es identificado y el sector al que pertenece es el que se lleva toda la inversión y desarrollo de nuevos productos y por tanto la comercialización de los mismos.

Finalmente, el tercer mecanismo es el de la técnica como impulsor de la demanda, que sigue el camino inverso comenzando por el avance tecnológico y desarrollo de nuevos elementos. En este camino generalmente los inversores, es decir en su mayor parte el Estado, focalizan la oferta para fomentar la comercialización de ese sector particular. (Lupi, s/f).

En otro documento, publicado por la FAN, el presidente de dicha entidad Daniel Lupi (2009) menciona que las principales áreas de intervención de la nanotecnología en la industria argentina son las nanoarcillas en el campo de los nanomateriales, los nanoencapsulados en lo que se refiere a nanointermediarios o productos que son comercializados a otras empresas y los nanosensores en cuanto a producto terminado.

Las nanoarcillas son utilizadas en el mejoramiento de envases biodegradables, materiales ignífugos y polímeros de preservación edilicia, entre otros. Los nanoencapsulados de polímeros biodegradables permiten la liberación controlada de sustancias ya sea en el sector de la medicina, cosmética o textil. Finalmente, los nanosensores MEMS son el centro de funcionamiento de chips aplicables en muchos productos electrónicos.

5.1. Entes y empresas

La principal herramienta de registro, fomento y regulación es la Fundación Argentina de Nanotecnología. Está a cargo del estado y funciona desde el año

2005, con la implementación del Decreto 380/2005 del Poder Ejecutivo Nacional. En 2007, se incorporó a la Jurisdicción del MINCyT.

Los objetivos de esta fundación incluyen promover el desarrollo de todos los puntos de la cadena de valor que conforman la industria de la nanotecnología, como ser los recursos humanos, infraestructura técnica, inserción en la industria y actividades complementarias. (FAN, 2013).

En 2005 se creó el Centro Argentino-Brasileño de Nanociencia y Nanotecnología con el “objetivo de formar recursos humanos altamente especializados” (Dirección Nacional de Información Científica y Dirección Nacional de Estudios, 2009, p.3), cuyos objetivos incluyen también la integración de grupos de investigación e inversión.

Las inversiones estatales están a cargo de los Fondos Sectoriales de Alta Tecnología (FS) y en particular el FS-Nano. Esta organización se encuentra en el marco de la creación del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva y su financiamiento es otorgado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

En lo que se refiere a centros públicos de investigación y desarrollo, además de al INTI, los más importantes son el Instituto de Química-Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE UBA-CONICET), el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA, UNLP-CONICET), el Centro Atómico Bariloche (CAB-CNEA) y el Centro Atómico Constituyente (CAC-CNEA). (Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2013)

El ente regulador para los productos que incluyen procesos nanotecnológicos es la Asociación Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT).

(Miró, comunicación personal, 7 de noviembre, 2013). En agosto de 2008 se organizó una conferencia de discusión y desarrollo de un código de conducta para la investigación nanotecnológica, tomando como modelo el código adoptado ese mismo año en la Unión Europea. En la actualidad se está trabajando también en la adaptación de las normas IRAM para regular especialmente el modo en el que los nanomateriales se transportan y empaquetan.

En Argentina existen alrededor de 45 empresas que comercializan productos que en algún punto de su fabricación implementan la nanoescala. Estas empresas se pueden dividir en tres grupos: las que poseen aplicaciones y productos propios en el mercado, las destinadas a la investigación y desarrollo, y las que fabrican nanoherramientas. Estas tres ramas se dividen el mercado en 20 %, 69 % y 11 % respectivamente. (Vila, 2011).

Otro punto de desarrollo está constituido por la plataforma Nanopymes, el programa de fortalecimiento de la competitividad y creación de empleo especializado en nanotecnología. El Programa Nanopymes es “un programa de cooperación internacional que articula las capacidades científicas disponibles de micro y nanotecnologías con el sector productivo. Su objetivo es el desarrollo de acciones enfocadas en temas prioritarios para las cuatro regiones de Argentina” (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva, s/f, p. 2)

El programa nació en junio de 2011 mediante el convenio DCI-ALA/2010/21953 entre Argentina y la Unión Europea, con el fin de promover una consolidación de las micro y nanopymes. Las actividades del programa incluyen la financiación de proyectos regionales integrados, brindar capacitación específica del tema, vincular empresas y “colocar a disposición de los interesados inventarios y diagnósticos de las capacidades, normativas, patentes y demandas regionales de micro y

nanotecnologías". (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva, s/f, p. 3).

La Ing. Miró menciona a Nanotek S.A., Indarra y Mafisa como las tres empresas que mayor desarrollo y aplicación tienen en el área de nanotecnología textil. Nanotek tiene a su cargo el mercado de textiles industriales, Mafisa el de las fibras sintéticas e Indarra el de producto terminado.

Indarra posee en su catálogo de productos prendas unisex con sistema de *touchpad* para reproductores de música con módulo fotovoltaico de carga, impermeabilización y repelencia de manchas, protección UV, termo y foto cromatismo y repelencia estática. A continuación se detallan sus productos más relevantes.

La campera denominada Módulo FV tiene un panel solar integrado y un cargador que acumula esta energía poniéndola a disposición de cualquier dispositivo electrónico que se quiera conectar a ella. La campera *Power Heat* es impermeable y ultra aislante, posee además un botón que genera calor en los bolsillos para un máximo confort. La campera *SoftShell* tiene una membrana microporosa laminada que la hace impermeable pero que permite un tejido respirable, generando el mejor equilibrio de temperatura corporal.

Los pantalones *Joystick* tienen un controlador integrado para manejar reproductores de música, sin necesidad de cables y con una protección impermeabilizante para asegurar la mayor duración de este beneficio.

Los chalecos SR tienen un tratamiento de polímeros halogenados que repelen las manchas y jamás necesitan lavarse, por lo que su vida útil se alarga varios años. El chaleco aislante térmico otorga el abrigo equivalente a una prenda con relleno de pluma pero con un tejido de dos milímetros de espesor.

Las remeras combinan fibras naturales y procesos de alta tecnología logrando así propiedades antimicrobianas, antialérgicas, de secado rápido, alta respirabilidad y protección de rayos UV además de estampas que cambian de color. (Indarra, 2013)

5.2. Tecnología y recursos humanos

En desarrollo tecnológico es el punto clave para el avance del campo de la nanotecnología. Los entrevistados en el trabajo del autor Facundo Vila (2011), afirman que en lo que refiere a la tecnología disponible actualmente se reconoce que el país se encuentra atrasado con respecto al mundo e incluso en comparación a otros países de Latinoamérica. Los equipos existentes, de por sí ya obsoletos, son destinados al campo de la investigación y no llegan a la industria productiva, haciendo imposible su implementación real. Los sectores público y privado colaboran lo más posible para llegar a aprovechar al máximo las oportunidades disponibles.

En lo que respecta a los recursos humanos, tanto de profesionales que enseñen la disciplina, estudiantes y nuevos profesionales que sean capaces de aplicar los conocimientos se percibe una fuerte carencia. Los entrevistados en el trabajo de Vila (2011), afirman que al tratarse de un sector emergente requeriría de un gran número de profesionales abocados a su crecimiento para alcanzar un nivel de producción acorde a las expectativas de la industria. Se busca potenciar la carrera de ingeniería textil desde el ministerio de Industria y el de Educación, pues la cantidad de egresados por año en dicha carrera es insuficiente con respecto a la demanda generada por el sector. (Red Textil, 2012).

La nanotecnología une a muchas ramas en objetivos comunes y por esto el secreto del éxito de un emprendimiento de estas características es el trabajo interdisciplinario. Justamente en este punto es en el cual se hace evidente la falta de recursos humanos, pues para completar un proyecto hacen falta muchos expertos en diversos temas.

Ligado a esto se encuentra el hecho de que sea muy complicado lograr estudios especializados en nanotecnología pues, como se mencionó en los primeros capítulos, es una escala de trabajo que toca a muchas ramas científicas. Para lograr una formación integral en el tema sería necesaria la creación de una carrera profesional no tradicional que abarque todos estos temas.

Otro problema particular se refiere a la fuga de capital humano. Los pocos profesionales capacitados son convocados por empresas del exterior y al retornar al país se encuentran con una realidad menos favorecedora. (Vila, 2011).

Para el sector textil en particular, el panorama es similar con la diferencia que los procesos son relativamente más sencillos y por lo tanto también son las tecnologías necesarias para su desarrollo. En la Argentina ya se cuenta con la capacidad de incluir nanopartículas en las mezcla para extrusión de fibras, así como con los equipos de microencapsulación y electrogirado.

En este sector en particular se debe recalcar el fuerte esfuerzo en conjunto que lleva el desarrollo de un textil funcional. (Miró, comunicación personal, 7 de noviembre, 2013). También desde el diseño de prendas es de vital importancia que el laboratorio científico y el taller de diseño trabajen de la mano para lograr un producto real y vendible al sector masivo. Como afirma Saulquin, “a medida que el sistema de la moda se deslice hacia un sistema general de la indumentaria, va a

surgir la necesidad, impulsada por los adelantos en los materiales y sus procesos, del trabajo conjunto entre técnicos y diseñadores". (2010, p.215).

En Argentina se cuenta con maquinarias de alta tecnología para la fabricación de nanomateriales. Uno de estos equipos es el microfluidizador y Homogeneizador de alta precisión, que permite el procesado de fluidos a alta presión logrando niveles muy altos de disrupción celular, reducción de tamaño de partículas para convertirlas en nanopartículas y lograr su dispersión.

Otra pieza de maquinaria importante son los microscopios de fuerza atómica y electrónico de barrido, que permiten el estudio de la materia en nanoescala.

También se cuenta con un laboratorio de fabricación y caracterización de nanodispositivos, con todos los implementos necesarios para manipular la materia en esta escala. Es parte de este laboratorio el analizador de tamaño de partículas que, como su nombre lo indica, permite saber el tamaño exacto de las partículas que se manejan.

Otra pieza tecnológica presente en Argentina es el microrreactor de flujo continuo, que permite sintetizar nanopartículas y controlar completamente las condiciones de su fabricación.

Por último, pero no menos importante, se cuenta también con un equipo de electrogirado típico de boquilla. (INTI, s/f).

5.3. Inversión y proyectos

La nanotecnología puede brindar soluciones a necesidades sociales urgentes como el ahorro energético y la purificación de aguas. Es función del Estado crear las condiciones para su desarrollo, aumentando así el grado de independencia tecnológica y soberanía en las decisiones. (Lupi, s/f).

La FAN posee un programa de financiamiento para proyectos emergentes, apoyada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Esta financiación divide a los proyectos en tres estadios de desarrollo y cualificaciones para el subsidio. El primero está dirigido a iniciativas individuales o dentro de la FAN, llamada Pre-semilla y con un límite de financiación de \$80.000 pesos argentinos; el segundo es llamado Semilla y apunta a productos ya iniciados con un límite de \$600.000 pesos; finalmente, el último es llamado de Alto riesgo y destina hasta cuatro millones de pesos para proyectos en su última etapa de desarrollo. (FAN, 2012).

La Ing. María Miró, miembro activa del desarrollo de nuevos productos e investigación con nanofibras en el INTI, afirma que la mayor parte de la inversión en los actuales proyectos de la industria argentina proviene del gobierno de la nación, y que incluso se puede decir que es el campo científico hacia el cual se destinan la mayor cantidad de fondos por parte del Estado.

De igual manera algunas empresas privadas demuestran interés en participar de manera activa en el proceso de investigación y desarrollo en algunos productos. (Comunicación personal, 7 de noviembre, 2013).

En 2010, el gobierno destinó un total de \$110.709.229,23 de pesos al sector de la nanotecnología mediante la convocatoria Fondo Sectorial Nano (FS-Nano), abierta tanto a sectores públicos como privados. Fueron aprobados ocho proyectos entre los cuales se encuentra el de investigación de textiles funcionales a cargo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), la Fundación ProTejer, Guilford Argentina S.A. y el INTI. (Fondo Sectorial Nano, 2010).

Este proyecto, actualmente en perfeccionamiento, implica la aplicación de microcápsulas repelentes de mosquitos a tejidos de algodón y no tejidos. En este caso particular se utilizan microcápsulas de gelatina-goma arábica con contenido de citronella o citriodilol.

La inversión total de este plan es de \$5.359.147,73 pesos argentinos, de los cuales \$3.197.000,00 son subsidiados por el gobierno y dos millones serán destinados a la maquinaria necesaria.

En los resultados parciales se pudo observar que el aceite esencial de citriodilol es más efectivo en la repelencia de mosquitos y también se conserva más tiempo en estado de almacenamiento.

Como última etapa del proyecto se trabaja en la búsqueda de la permanencia de los activos sobre los textiles, haciéndolos resistentes al lavado y a la fricción. En caso de que esto no se lograra también se analizan las posibilidades de recarga de microcápsulas para así alargar el tiempo de vida útil del producto. (Hermida, Pérez y Miró, 2012).

Los prospectos económicos del producto apuntan a ocupar el 1% del mercado mayorista, abarcando los sectores de ropa infantil, de trabajo, informal y deportiva. Los principales usuarios serán en principio el sector industrial y las entidades vinculadas a la salud. (Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 2013).

En la figura 3 se puede observar el radical aumento de inversiones y de proyectos que las requieren en comparación con años anteriores.

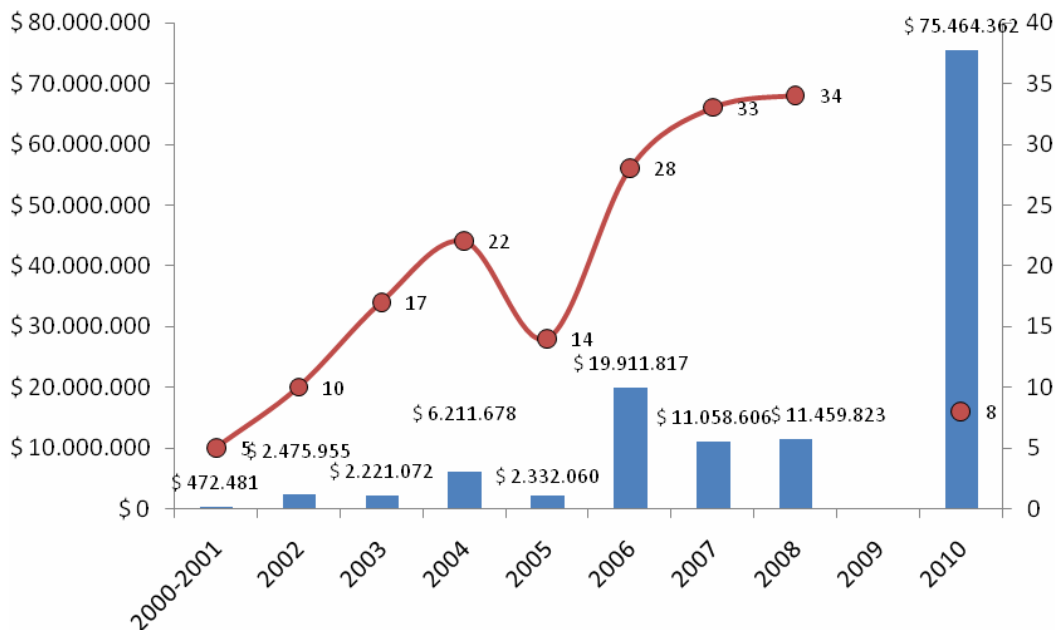


Figura 3. Monto en pesos y cantidad de proyectos financiados por año del FONCyT (2000-2008) y del FONARSEC (2010). Fuente: Vila, F. (2011). *Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial*. Buenos Aires: Universidad Nacional General Sarmiento

Como otros proyectos a cargo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial se pueden mencionar la fabricación de memorias no volátiles a base de óxidos para aplicaciones satelitales y espaciales, sensores electroquímicos combinados para detectar analitos, biosensores dedicados a detectar enfermedades como fiebre aftosa, brucelosis, mal de Chagas y síndrome urémico hemolítico ya sea en humanos como en animales; una plataforma de iluminación más eficiente con LEDs que utilizan nanotecnología, diversos nanomateriales fabricados para su utilización en el sector médico tanto en implantes, vendajes e injertos; microencapsulación focalizada y adaptada para la industria alimenticia y dedicada a corregir deficiencias nutricionales, desarrollo de materiales plásticos reforzados con nanoarcillas para mejorar sus propiedades y reducir su impacto climático, así como el estudio de la ecotoxicología de los residuos nanotecnológicos. (INTI, 2013)

5.4. Los retos del mercado argentino

Además de las carencias ya mencionadas, el mercado argentino sufre también tres grandes ejes que dificultan el avance y desarrollo de la nanoindustria.

El primero se refiere a la escasa demanda de la nanotecnología por parte de los potenciales usuarios. La falta de conocimiento por parte de la sociedad hace que se dificulte el proceso de movimiento comercial, lo que genera un círculo vicioso de falta de recursos. Para revertir esto es necesario que empresas y entidades tanto públicas como privadas generen campañas de acercamiento al público y a los posibles usuarios y compradores para que se fomente el ciclo industrial. (Vila, 2011). Esta falta de conocimiento está también relacionada a la falta de articulación entre las pequeñas y medianas empresas (PYME) que desean comercializar sus productos y los centros de investigación y desarrollo que concentran toda la tecnología productiva sin ponerla al servicio de la industria.

Desde el punto de vista de las empresas, existen varias áreas problemáticas. Entre estas están la legislación, la difusión, el desarrollo de la industria local, la infraestructura, los recursos humanos y el financiamiento.

En el primer punto, la legislación, se debería crear las leyes apropiadas y no dejar vacíos legales tanto de salud, importación y exportación, derecho laboral, etc. En cuanto a la difusión, sería conveniente difundir clara y concisamente los beneficios de las aplicaciones de nanotecnología, lo cual no sucede debido a la poca difusión de casos de éxito creando así muy poca demanda del producto. En el tercer punto, referente a la industria, sería necesario incrementar la articulación con los grupos de investigación y desarrollo de nuevos productos, lo cual no se hace posible debido a la falta de transferencia tecnológica entre el laboratorio y la fábrica; de igual manera, el estímulo a la industria nacional es escaso pues no hay

una gran cantidad de productos desarrollados, generando un círculo vicioso de falta de productividad. En lo que respecta a la infraestructura, la principal dificultad se encuentra en la adquisición de los equipos necesarios para fabricar los nanomateriales y prototipos de productos que después fomenten la inversión. En los últimos puntos, de recursos humanos y financiamiento, se evidencia también la necesidad de la formación de personal y el capital emprendedor, ambos elementos relacionados de manera muy cercana. (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva, 2012).

En todo este sistema, todas las problemáticas están interconectadas y son afectadas unas por otras. El mecanismo y relación entre los obstáculos a vencer en el mercado argentino, desde el punto de vista empresarial, están resumidos a continuación en la figura 3 del cuerpo C.

Otro reto a tener en cuenta es la debilidad del sistema de propiedad intelectual. En Argentina el número de patentes otorgadas a entidades nacionales es muy bajo. Las empresas extranjeras se llevan la mayoría de patentes de productos y procesos y con eso dificultan el crecimiento de la industria nacional. La disputa legal por una patente puede ser un proceso largo y costoso, poco conveniente para una empresa local que compite con una multinacional. (Vila, 2011).

Finalmente, uno de los desafíos a tener en cuenta en el desarrollo de la nanoindustria es la actual controversia de importación y exportación de productos, que afecta también a todas las otras industrias nacionales. El proteccionismo por un lado aporta la oportunidad de desarrollar el mercado interno, especialmente cuando las empresas, al no poder obtener más los nanoproductos y nanoherramientas desde el exterior, se acercan a organismos estatales para proveerse de ellos. Sin embargo, las estrictas políticas de importación atrasan la obtención de recursos tecnológicos e insumos necesarios para la fabricación de

dichos nanoproductos. Esta dicotomía es la causa principal de la lentitud del crecimiento de la nanoindustria.

5.5. Prospectos futuros

Queda claro que el desarrollo y aplicación de la nanotecnología en Argentina se encuentra muy por debajo del nivel de otros países del mundo pero que en lo que concierne a la región todavía posee cierto nivel de competitividad.

Desde la FAN, como actividades futuras para fomentar el desarrollo de este sector se plantean principalmente actividades de difusión del valor agregado que la nanotecnología promete. Esto permitirá, además de generar demanda, despertar el interés de nuevos profesionales que se interesen por la carrera, logrando así un círculo virtuoso de crecimiento industrial. La demanda genera industria, la industria genera ingresos que son invertidos en tecnología y así sucesivamente.

Las actividades de difusión estarán organizadas a universidades, ferias industriales, cámaras empresariales y seminarios, con el fin de aumentar la participación de expertos que quieran vincularse a la industria nacional. Con la difusión correcta poco a poco irán apareciendo emprendimientos que generen demanda de tecnologías y mercados.

Para estas nuevas empresas se planea un plan de apoyo integral, pues generalmente son fundadas ad-hoc desde una PYME existente, la modalidad más común en el país en el sector de empresas científicas.

Asimismo el plan de difusión contiene un punto destinado a atraer a profesionales

con voluntad de investigación aplicada y transferencia al sector productivo o de consumo de sus innovaciones, ofreciéndoles no sólo el financiamiento sino también el lugar físico el escalado (*pre-producción*) y coaching completo desde el gerenciamiento de la empresa hasta la gestión de impuestos y las ventas en la etapa de iniciación. (FAN, 2012, p. 18).

Es natural que los procesos de tecnología más avanzados y complejos vayan decantando desde las industrias que más inversión tienen a los productos de consumo masivo del público. Como el Teflón en su momento, que tuvo su origen en la NASA y terminó en artículos de cocina, eventualmente los nanotextiles también encontrarán su camino hasta las vidrieras de la Argentina. (Miró, comunicación personal, 7 de noviembre, 2013). Con tiempo, difusión e inversión es solo cuestión de tiempo hasta que estas tecnologías se masifiquen y alcancen al sistema de la moda nacional.

Conclusiones

Recapitulando, es vital recordar que la nanotecnología no es una rama de la ciencia si no una escala de producción que equivale a al milmillonésima parte de un metro.

Su método principal consiste en manipular la materia a escala atómica haciendo posible el mejoramiento de las propiedades de los elementos. Los elementos poseen características y reacciones particulares a esa escala.

La nanotecnología toca muchas otras ramas de la ciencia, en especial la física y la química, además de la biología, genética, electrónica, etc. Es por esto que las aplicaciones de esta escala de producción son sumamente amplias y variadas. Este campo se encuentra en un punto avanzado de desarrollo y sus posibilidades son casi infinitas en lo que respecta a mejorar la materia que nos rodea.

Las principales aplicaciones de la nanotecnología se encuentran en la electrónica, medicina, energía y optimización de materiales. Desde el punto de vista comercial, el último campo es el que representa mayor interés pues es el más apto para desarrollar productos de venta y consumo masivo que prometen grandes ganancias.

Justamente por la gran cantidad de usos que tiene, la nanotecnología representa un sector de carácter comercial muy prometedor, haciendo que cada vez más y más productos que la utilizan lleguen a nuestras manos o tengan algún contacto con nosotros y nuestro medio ambiente.

Es este motivo que se recalca la importancia de analizar las consecuencias de su uso tanto en el efecto a largo plazo sobre el cuerpo humano para fabricantes y usuarios, así como también preguntarse las implicaciones éticas de manipular el mundo a gusto alterando las propiedades y leyes del orden natural.

No ha habido aún el tiempo suficiente de aplicación y circulación de estos compuestos como para conocer con precisión los efectos a largo plazo que devendrían de los beneficios ofrecidos, en particular en todo lo que respecta a la toxicidad residual de estos compuestos.

En el campo particular de la industria textil, la nanotecnología abre una ventana de igual amplitud. Es importante hacer una diferenciación entre los textiles inteligentes, que pueden o no valerse de la nanotecnología para cumplir su función, y los textiles electrónicos que utilizan componentes eléctricos en su fabricación y no aplican de manera directa a la manipulación de la materia. Estas dos áreas generalmente se confunden con facilidad.

Los efectos del uso de nanomateriales más fabricados en la industria textil incluyen la impermeabilización y repelencia de manchas, repelencia estática, protección antibacterial y contra los rayos ultravioletas, los tratamientos anti arrugas y de regulación de temperatura corporal.

Estos cambios que apuntan a aumentar la protección que nos brinda una prenda de vestir, son factibles de realizar a nivel industrial y son aplicables a una gran variedad de fibras, tanto naturales como sintéticas. La propiedad constante de todos estos procesos es que las características físicas del tejido no se ven afectadas, la estética y tacto del tejido permanecen constantes, permitiendo un mejoramiento técnico sin comprometer las posibilidades de diseño y uso de una prenda.

En el mercado mundial ya se encuentran una infinidad de productos en todos los sectores que involucran a la nanotecnología en algún punto de su cadena de valor, manteniendo precios accesibles relacionados al mercado, sin perder competitividad.

En Argentina la industria actual se encuentra en un punto de desarrollo que se encuentra atrasado en comparación a otros países del sector como Brasil y Chile, pero aún así el punto focal de inversión estatal se encuentra en el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones de la nanotecnología.

Tanto desde organizaciones gubernamentales como privadas, se destinan importantes cantidades de dinero al fomento de proyectos que se involucren también en el área de investigación y desarrollo.

De forma paralela se trabaja en la difusión del campo científico para acercar y familiarizar a profesionales y futuros consumidores a la industria.

El rol del diseñador en la aplicación y masificación de la nanotecnología consiste en la instrucción técnica sobre todas las posibilidades funcionales que nos brindan los textiles, ya sean tratados con los procesos descritos anteriormente o no. El saber las infinitas posibilidades que los materiales plantean es desde donde se debe partir para lograr un proceso creativo exhaustivo y que abarque toda la cadena de valor y producción.

Desde el punto de vista personal de la autora del presente Proyecto de Graduación, ser parte, aunque sea observadora, del laboratorio de investigación es vital para una generación de diseñadores íntegros que piensen las prendas desde su concepción hasta su eventual desuso. De esta manera se logra concebir la colección en su totalidad, logrando un acercamiento al diseño de indumentaria como mucho más que la estética pura o el comercio carente de sentido.

De cualquier forma, esta rama científica se enfrenta a muchos desafíos para su desarrollo, partiendo desde la falta de recursos humanos para capacitar y ejecutar las investigaciones que se llegan a realizar, pasando por la falta de infraestructura adecuada y equipos acordes a los requerimientos técnicos más avanzados,

llegando a la falta misma de insumos para la investigación; todos estos elementos hacen muy dificultosa la competencia de la industria nacional frente a las inversiones de grandes empresas de muchos recursos. Pese a todo, Argentina sigue siendo capaz de desarrollar un mercado propio y competir con otros países de la región.

Lista de referencias bibliográficas

- Accelrys Inc. (2004). *Nanotechnology applications guide*. Recuperado el 10/08/2013 de <http://accelrys.com/resource-center/application-guides/>
- Allinger, N. (1978). *Química Organica*. Madrid: Reverté S.A.
- Andronovska, M. (2009). *E-textiles: The intersection of computation and traditional textiles*. Copenhagen: Aalborg University: Copenhage.
- Berlinger, M y Szczerbinski, A. (2010). Microencapsulation for textiles. [Documento en línea] Disponible en <http://www.textilescience.ca/downloads/Microencapsulation.pdf>
- Berne, R. (2008). *Nanotalk, conversations with scientists, and engenineers about ethics, meaning, and belief in the development of Nanotechnology*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers: Nueva Jersey:
- Booker, R. y Boysen, E. (2005). *Nanotechnology for dummies*. Wiley Publishing: Estados Unidos.
- Campillo, I. (2007). Microscopio de efecto túnel. *CicNetwork*, (1), 10. [Revista en línea]. Disponible en http://www.cicnetwork.es/secciones/revistas_completas/revista_completa.php?idioma=es&id_revista=6
- Dannoritzer, C. (Directora). (2011). *Comprar, tirar, comprar*. [Documental] España: Televisión Española. Disponible en <http://www.rtve.es/alcarta/videos/el-documental/documental-comprar-tirar-comprar/1382261/>
- Dirección Nacional de Información Científica y Dirección Nacional de Estudios (2009). Nanotecnología. *Boletín estadístico técnico*. 3. Disponible en <http://www.mincyt.gov.ar/publicaciones-listado-tema/nanotecnologia-188>
- Dong WG, Huang G (2002). *Research on properties of nano polypropylene/TiO2 composite fiber*. *Textile Res*. 23: 22-23.
- Dresselhaus, P. (2001). *Carbon nanotubes Topics in applied physics*. 80. 1-8. Springer-Berlag: Berlin
- Drexler, E. (1992). *Nanosystems. Molecular machinery, manufacturing and computation*. Estados Unidos: Wiley – Interscience.
- Drexler, E. (2004). *Nanotechnology: From Feynman to funding*. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24 (1). 21-27. Disponible en <http://www.metamodern.com/d/04/00/FeynmanToFunding.pdf>
- DuPont. (2013). *Fibers, fabrics and non-wovens* Recuperado el 8 / 12 / 2013 de <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibers-nonwovens.html>
- Easter, E. (2008). *Performance textiles*. University of Kentucky: Kentucky.
- Fondo Sectorial Nano. (2010). *Convocatoria FS Nanotecnología 2010. Proyectos Financiados*. [Documento en línea] Recuperado el 11/11/2013 de <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1099/fonarsec/res03-11-fsnano2010-financiados>

- Foresight Institute. (2012). *A short history of nanotechnology*. Recuperado el 27/10/2012 de <http://www.foresight.org/nano/history.html>
- Foresight Institute. (2012). *An overview of nanotechnology*. Recuperado el 23/10/2012 de <http://www.foresight.org/nano/overview.html>
- Freitas, R. (1999). *Nanomedicina. Volumen I: Capacidades básicas*. Landes bioscience: Palo Alto
- Fundación Argentina de Nanotecnología (2012). *Quién es quién*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.fan.org.ar/quien-es-quien/>
- Fundación Argentina de Nanotecnología (2013). *Objetivos*. Recuperado el 12/11/2013 de <http://www.fan.org.ar/objetivos/>
- Fundación Bankinter. (2006). *Nanotecnología, la revolución del siglo XXI. Resumen ejecutivo del Future Trends Forum 2006*. España. Recuperado el 8/09/2013 de http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/Local_Spain/PDF/ResumenejecutivoNANOTECNOLOGIA.pdf
- Ghandi, R. (2007). *Producing nanofiber structures by electrospinning for tissue engineering*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.22 - 45). Woodhead Publishing Limited: Inglaterra
- Gurr, J., Wang, A., Chen, C., y Jan, K. (2005) *Ultrafine titanium dioxide particles in the absence of photoactivation can induce oxidative damage to human bronchial epithelial cells*, *Toxicology*, 213. 66-73. Citado en Monteiro-Riviere, M y Orsière, T. (2007). *Toxicological impact of nanomaterials*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 395 – 444). McGraw-Hill: Estados Unido
- Haitao, N., Xungai, W. y Tong, L. (2011). *Needleless Electrospinning: Developments and Performances*. En Tong, L (ed.) *Nanofibers - Production, Properties and Functional Applications*. Intech: Estados Unidos. Disponible en <http://www.intechopen.com/books/nanofibers-production-properties-and-functional-applications>
- Hansen, F. (2004). *The Measurement of Surface Energy of Polymers by Means of Contact Angles of Liquids on Solid Surfaces*. Universidad de Oslo: Oslo. Disponible en http://folk.uio.no/fhansen/surface_energy.pdf
- Hermida, L., Pérez, M. y Miró, M. (2012). *Nanotecnología para textiles funcionales*. [Presentación en línea]. Disponible en http://www.agencia2012.mincyt.gob.ar/IMG/pdf/FSNANO_0002_-_Nanotecnologia_para_textiles_funcionales_-_Laura_Hermida.pdf
- Hollen, N., Saddler, J., y Langford, A. (1993). *Introducción a los textiles*. Noriega editores: México.
- Indarra dtx (2013). *Productos*. Disponible en <http://www.indarradtx.com/productos/index-mujer.htm>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2013). *Nanomercosur 2013: Nanotecnología para la competitividad industrial*. Presidencia de la Nación. [Folleto informativo]

- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (s/f). *Nanofacilities: para desarrollar tecnologías de punta* [Folleto informativo]
- International Movie Database (2013). *The man in the White suit.*. Recuperado el 12/11/2013 de http://www.imdb.com/title/tt0044876/plotsummary?ref_=tt_stry_pl
- Joshi, M y Bhattacharyya, A. (2011). *Nanotechnology – a new route to high-performance functional textiles*. *Textile Progress*. 43 (3). P. 155 – 233.
- Lawrence Livermore National Laboratory. (2013). *Core competencies*, Recuperado el 8/12/2013 de <https://engineering.llnl.gov/technologies/core-competencies>
- Lescano, V. (1999, 9 de Julio). *Aventuras textiles*. Página 12. Disponible en <http://www.pagina12.com.ar/1999/suple/las12/99-07-09/nota3.htm>
- Lin, T. y Wang, G (2007). *Controlling the morphologies of electrospun nanofibres*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.90 - 110) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Lowry, G. (2007) *Nanomaterials for groundwater remediation*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 297 – 336). McGraw-Hill: Estados Unidos.
- Lupi, D. (2009). *Nanotecnología en Argentina, una visión empresarial*. Fundación Argentina de Nanotecnología [Documento en línea] Disponible en www.mincyt.gov.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22973
- Lupi, D. (s/f). *Nanotecnología e industria argentina*. [Documento online] Disponible en <http://www.vocesenelfenix.com/content/nanotecnolog%C3%AD-e-industria-argentina>
- Luzinov, I. (2007). *Nanofabrication of thin polymer films*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.448 - 469) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Mahltig, B. y Textor, T. *Nanosols in textiles*. World Scientific Publishing Co: Londres.
- Maleknia, L., Aala A. y Yousefi, K. (2010) *Antibacterial Properties of Nanosized Silver Colloidal Solution on Wool Fabric*. *Asian Journal of Chemistry*. 22, 8. 5925-5929. Disponible en http://www.asianjournalofchemistry.co.in/User/ViewFreeArticle.aspx?ArticleID=22_8_17
- Mansfield, R. (2004). *Phase change materials*. *Textile World*. Recuperado el 7/11/2013 de http://www.textileworld.com/Articles/2004/March/Features/Phase_Change_Materials.html
- Marino, P. (2007). *Materiales textiles innovadores*. INTI: Buenos Aires. Citado en Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (ed.) (2013). *Casos de asociatividad e innovación*. *Nanotecnología*. 1.1. Disponible en <http://www.mincyt.gov.ar/informes/casos-de-asociatividad-e-innovacion-nanotecnologia-9091>
- Martins, P. y Marques, M. (2011). *Nanotecnología, de la divulgación que tenemos a la participación que queremos*. *Mundo Nano*. 4,2. P. 103 – 120.
- Mathews, C. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente*. *FAO sala de prensa*. Disponible en <http://www.fao.org/NEWSROOM/es/news/2006/1000448/index.html>

- Merkle, R. (1993). *Molecular Manufacturing: Adding Positional Control to Chemical Synthesis*. *Chemical Design Automation News*. 72 (9, 10). [Revista en línea] Disponible en <http://www.zyvex.com/nanotech/CDAarticle.html>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2012) *Empresas y grupos de I+D de nanotecnología en Argentina*. Buenos Aires: Secretaría de planeamiento y políticas. [Documento en línea] Disponible en www.mincyt.gov.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=25989
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (s/f) *La plataforma argentina de micro y nanotecnologías que vincula a los sectores privado, académico y público*. Presidencia de la Nación. [Folleto informativo]
- Minko, S y Motornov, M (2007). *Hybrid polymer nanolayers for surfacemodification of fibers*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.470 - 492) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Mongillo, J. (2007). *Nanotechnology 101*. Greenwood Publishing Inc: Estados Unidos
- Monteiro-Riviere, M y Orsière, T. (2007). *Toxicological impact of nanomaterials*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 395 – 444). McGraw-Hill: Estados Unidos.
- Moore, R. (2008). *Plasma surface functionalization of textiles*. [Documento en línea] Recuperado el 8/10/2013 de http://www.acteco.org/Acteco/public/results/MOORE_loN_March08.pdf
- Nakad, Z. (2003). *Architecture for e-textiles*. Estados Unidos: Virginia Polytechnic Institute and State University. Recuperado el 8/10/2013 de <http://www.ccm.ece.vt.edu/etextiles/publications/>
- Nano Dictionary. (2005). *Nanotechnology perceptions*. Recuperado el 27/10/2012 de <http://pages.unibas.ch/colbas/ntp/NanoDictionary.pdf>
- Nanotex. (2013). *Frequently asked questions*. Recuperado el 8/11/2013 de <http://www.nanotex.com/faqs/faqs.html#24>
- Nelson, G. (2002). *Application of microencapsulation in textiles*. *International Journal of Pharmaceutics*, 242, 1-2, p. 55–62. Disponible en <http://www.tipo.org.tw/docs/fup/%EF%BC%88%E9%86%AB20%EF%BC%89Application%20of%20microencapsulation%20in%20textiles.pdf>
- Patra, K y Gouda, S. (2013) *Application of nanotechnology in textile engineering: An overview*. *Journal on engineering and technology*. 5, 5. 104 – 111. Disponible en <http://www.academicjournals.org/JETR>
- Ramsden, J. (2009). *Essentials of nanotechnology*. Jeremy Ramsden & Ventus publishing. Disponible en <http://bookboon.com/en/textbooks/chemistry-chemical-engineering/nano-technology>
- Real Academia Española (ed.). (2001) *Diccionario de la lengua española*. (22da edición). Diccionario virtual disponible en <http://lema.rae.es>

- Red Textil (2012) *Buscan impulsar la carrera de Ingeniería Textil*. Recuperado el 10/12/13 de <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/component/content/article/175-uncategorised/268-buscan-impulsar-la-carrera-de-ingenieria-textil>
- Salem, D.R. (2007). *Electrospinning of nanofibers and the charge injection method*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.17 - 35) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Sarma, S. (2009). *Ionic-Modified Antistatic Finishes: A Combination of Nanotechnology and Atmospheric Plasma Treatment*. North Carolina State University: Estados Unidos Disponible en <http://repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/2083/1/etd.pdf>
- Saulquin, S. (2010). *La muerte de la moda: el día después*. Paidós: Buenos Aires.
- Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (ed.) (2013). *Casos de asociatividad e innovación. Nanotecnología*. 1.1. Disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/informes/casos-de-asociatividad-e-innovacion-nanotecnologia-9091>
- Sellers, K., Mackay, C., Bergeson, L., Clough, S., Hoyt, M., Chen, J., Henry, K., Hamblen, J. (2009). *Nanotechnology and the environment*. CRC Press: Florida.
- Shatkin, J. (2008). *Nanotechnology: health and environmental risks*. CRC Press: Boca Raton
- Sina Pearson Textiles (2013). *Nano-Tex price list*. Recuperado el 11/11/2013 de <http://sinapearson.com/special-finishes.html>
- Smith E., Büttner, U. y Sanderson R. (2007) Continuous yarns from electrospun nanofibers. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.45 - 35) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Sokolovsky, S. (2012). *El átomo*. Recuperado el 29/10/2012 de <http://soko.com.ar/Fisica/cuantica/Atomo.htm>
- Stegmaier, T., Dauner, M., Von Arnim, V., Scherrieble, A., Dinkelmann, A. y Planck, H. (2007) Nanotechnologies for coating and structuring of textiles. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.408 - 427) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Technologies. (2013). *Schoeller Textil*. Recuperado el 6/11/2013 de <http://www.schoeller-textiles.com/en/technologies.html>
- The project on emerging nanotechnologies*. (2011). Consumer products. Recuperado el 11/09/2013 de <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>
- Thorp, E. (s/f). *The invention of the first wearable computer*. [Documento en línea] Disponible en <http://www.cs.virginia.edu/~evans/thorp.pdf>
- Unesco (2007). *Ética y política de la nanotecnología*. Naciones Unidas: Francia. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf>

- Vijayaraaghavan, N, y Gopalakrishnan, D. (2007). *Phase change materials for textile applications. The indian textile Journal*. Recuperado el 6/11/2013 de <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=293>
- Vila, F. (2011). *Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial*. Universidad Nacional General Sarmiento: Buenos Aires.
- Viness, P., Clare, D., Yahya, C., Charu, T., Lomas, T., Pradeep, K. Lisa, C. y Valence M. (2012) *A Review of the Effect of Processing Variables on the Fabrication of Electrospun Nanofibers for Drug Delivery Applications. Journal of nanomaterials*. 2013. 1 - 22
- Windmiller, J.R. y Wang, J (2012). *Wearable Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review. Electroanalysis*. 25, 1. 29 – 46. Recuperado el 8/10/2013 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elan.201200349/abstract>
- Wong H., Yuen, M., Leung, S., Ku, S. y Lam, S. (2006) *Selected applications of nanotechnology in textiles. AUTEX Research Journal*. 6, 1. 1 – 8. Disponible en <http://www.autexrj.org/No1-2006/0191.pdf>
- Wood, S, Jones, R y Geldart, A. (s/f). *The social and economic chalenges of nanotechnology*. Swindon: Economic and Social Research Council
- Yarn structure of Vortex*. (2013). *Murata Machinery*. Recuperado el 14/11/13 de http://www.muratec-vortex.com/1_1.html
- Yuen, L. (2006). *Wrinkle-resistance finishes on cotton fabric using nanotechnology*. Hong Kong Polythecnic University of Textiles & Clothing: Hong Kong. Disponible en <http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/handle/10397/3568>

Bibliografía

- Accelrys Inc. (2004). *Nanotechnology applications guide*. Recuperado el 10/08/2013 de <http://accelrys.com/resource-center/application-guides/>
- Allinger, N. (1978). *Química Organica*. Reverté S.A: Madrid.
- Andronovska, M. (2009). *E-textiles: The intersection of computation and traditional textiles*. Copenhagen: Aalborg University Copenhagen
- BCC Research, Marketing Forecast (2012). *Nanotechnology: A realistic Market Assessment*. Recuperado el 8/09/2013 de <http://www.bccresearch.com/market-research/nanotechnology/nanotechnology-market-applications-products-nan031e.html>
- Berlinger, M y Szczerbinski, A. (2010). Microencapsulation for textiles. [Documento en línea] Disponible en <http://www.textilescience.ca/downloads/Microencapsulation.pdf>
- Berne, R. (2008). *Nanotalk, conversations with scientists, and engenineers about ethics, meaning, and belief in the development of Nanotechnology*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers: Nueva Jersey.
- Booker, R. y Boysen, E. (2005). *Nanotechnology for dummies*. Wiley Publishing: Estados Unidos.
- Campillo, I. (2007). Microscopio de efecto túnel. *CicNetwork*, (1), 10. [Revista en línea]. Disponible en http://www.cicnetwork.es/secciones/revistas_completas/revista_completa.php?idioma=es&id_revista=6
- Consumer products. (2011). *The project on emerging nanotechnologies*. Recuperado el 11/09/2013 de <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>
- Cookson, P y Wang, X. (2005). *Nanotechnology Applications in Fibres & Textiles*. Deakin University. Australia: Disponible en http://www.ifc.net.au/edit/library_lsp_genera/3.5.07%20Nanotechnology_Applications_in_Fibres_%20Deakin_University.pdf?3-06-2011%2011:34:51%20AM
- Dannoritzer, C. (Directora). (2011). *Comprar, tirar, comprar*. [Documental] España: Televisión Española. Disponible en <http://www.rtve.es/alacarta/videos/el-documental/documental-comprar-tirar-comprar/1382261/>
- Dekker Encyclopedia of Nanocience and Nanotechnology* (2009). Contescu, C., y Putyera, K. (ed.) CRC Press. Estados Unidos.
- Dirección Nacional de Información Científica y Dirección Nacional de Estudios (2009). Nanotecnología. *Boletín estadístico técnico*. 3. Disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/publicaciones-listado-tema/nanotecnologia-188>
- Dong WG, Huang G (2002). *Research on properties of nano polypropylene/TiO2 composite fiber*. *Textile Res*. 23: 22-23.
- Dresselhaus, P. (2001). Carbon nanotubes *Topics in applied physics*. 80. 1-8. Springer-Berlag: Berlin.

- Drexler, E. (1992). *Nanosystems. Molecular machinery, manufacturing and computation*. Wiley – Interscience: Estados Unidos.
- Drexler, E. (2004). *Nanotechnology: From Feynman to funding*. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24 (1). 21-27. Disponible en <http://www.metamodern.com/d/04/00/FeynmanToFunding.pdf>
- DuPont. (2013). *Fibers, fabrics and non-wovens* Recuperado el 8 / 12 / 2013 de <http://www.dupont.com/products-and-services/fabrics-fibers-nonwovens.html>
- Easter, E. (2008). *Performance textiles*. University of Kentucky: Kentucky.
- Etxenique, P., Campillo, I., Uriagereka, J., Luri, C., Jauregizar, J. y Fernández, S. (2007). *CicNetwork*, (1). [Revista en línea]. Disponible en http://www.cicnetwork.es/secciones/revistas_completas/revista_completa.php?idioma=es&id_revista=6
- Fondo Sectorial Nano. (2010). *Convocatoria FS Nanotecnología 2010. Proyectos Financiados*. [Documento en línea] Recuperado el 11/11/2013 de <http://www.agencia.mincyt.gov.ar/archivo/1099/fonarsec/res03-11-fsnano2010-financiados>
- Foresight Institute. (2012). *A short history of nanotechnology*. Recuperado el 27/10/2012 de <http://www.foresight.org/nano/history.html>
- Foresight Institute. (2012). *An overview of nanotechnology*. Recuperado el 23/10/2012 de <http://www.foresight.org/nano/overview.html>
- Freitas, R. (1999). *Nanomedicina. Volumen I: Capacidades básicas*. Landes bioscience: Palo Alto
- Fundación Argentina de Nanotecnología (2012). *Quién es quién*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.fan.org.ar/quien-es-quien/>
- Fundación Argentina de Nanotecnología (2013). *Objetivos*. Recuperado el 12/11/2013 de <http://www.fan.org.ar/objetivos/>
- Fundación Bankinter. (2006). *Nanotecnología, la revolución del siglo XXI. Resumen ejecutivo del Future Trends Forum 2006*. España. Recuperado el 8/09/2013 de http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/Local_Spain/PDF/ResumenejecutivoNANOTECONOLOGIA.pdf
- Ghandi, R. (2007). *Producing nanofiber structures by electrospinning for tissue engineering*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.22 - 45). Woodhead Publishing Limited: Inglaterra
- Gurr, J., Wang, A., Chen, C., y Jan, K. (2005) *Ultrafine titanium dioxide particles in the absence of photoactivation can induce oxidative damage to human bronchial epithelial cells*, *Toxicology*, 213. 66-73. Citado en Monteiro-Riviere, M y Orsière, T. (2007). *Toxicological impact of nanomaterials*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 395 – 444). McGraw-Hill: Estados Unidos
- Haitao, N., Xungai, W. y Tong, L. (2011). *Needleless Electrospinning: Developments and Performances*. En Tong, L (ed.) *Nanofibers - Production, Properties and Functional*

Applications. Intech: Estados Unidos. Disponible en <http://www.intechopen.com/books/nanofibers-production-properties-and-functional-applications>

Hansen, F. (2004). *The Measurement of Surface Energy of Polymers by Means of Contact Angles of Liquids on Solid Surfaces*. Universidad de Oslo: Oslo. Disponible en http://folk.uio.no/fhansen/surface_energy.pdf

Hermida, L., Pérez, M. y Miró, M. (2012). *Nanotecnología para textiles funcionales*. [Presentación en línea]. Disponible en http://www.agencia2012.mincyt.gov.ar/IMG/pdf/FSNANO_0002_-_Nanotecnologia_para_textiles_funcionales_-_Laura_Hermida.pdf

Hollen, N., Saddler, J., y Langford, A. (1993). *Introducción a los textiles*. Noriega editores: México.

Indarra dtx (2013). *Productos*. Disponible en <http://www.indarradtx.com/productos/index-mujer.htm>

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2013). *Nanomercosur 2013: Nanotecnología para la competitividad industrial*. Presidencia de la Nación. [Folleto informativo]

Instituto Nacional de Tecnología Industrial (s/f). *Nanofacilities: para desarrollar tecnologías de punta* [Folleto informativo]

International Movie Database (2013). *The man in the White suit.* Recuperado el 12/11/2013 de http://www.imdb.com/title/tt0044876/plotsummary?ref_=tt_stryp1

Jirsak O., Sanetnik F., Lukas D., Kotek V., Martinova L. & Chaloupek J. (2005). *A method of nanofibers production from a polymer solution using electrostatic spinning and a device for carrying out the method*. Patente N1 WO 2005/024101 A1. Disponible en <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2005024101>

Joshi, M y Bhattacharyya, A. (2011). *Nanotechnology – a new route to high-performance functional textiles*. *Textile Progress*. 43 (3). P. 155 – 233.

Lawrence Livermore National Laboratory. (2013). *Core competencias*, Recuperado el 8/12/2013 de <https://engineering.llnl.gov/technologies/core-competencies>

Lescano, V. (1999, 9 de Julio). *Aventuras textiles*. Página 12. Disponible en <http://www.pagina12.com.ar/1999/suple/las12/99-07-09/nota3.htm>

Lin, T. y Wang, G (2007). *Controlling the morphologies of electrospun nanofibres*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.90 - 110) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.

Lowry, G. (2007) *Nanomaterials for groundwater remediation*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 297 – 336). McGraw-Hill: Estados Unidos.

Lupi, D. (2009). *Nanotecnología en Argentina, una visión empresarial*. Fundación Argentina de Nanotecnología [Documento en línea] Disponible en www.mincyt.gov.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=22973

- Lupi, D. (s/f). *Nanotecnología e industria argentina*. [Documento online] Disponible en <http://www.vocesenelfenix.com/content/nanotecnolog%C3%AD-e-industria-argentina>
- Luzinov, I. (2007). *Nanofabrication of thin polymer films*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.448 - 469) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Mackendrick, A. (Director) (1951). *El hombre de traje blanco*. [Película]. Reino Unido: Ealing Studios
- Mahltig, B. y Textor, T. *Nanosols in textiles*. World Scientific Publishing Co: Londres.
- Maleknia, L., Aala A. y Yousefi, K. (2010) *Antibacterial Properties of Nanosized Silver Colloidal Solution on Wool Fabric*. *Asian Journal of Chemistry*. 22, 8. 5925-5929. Disponible en http://www.asianjournalofchemistry.co.in/User/ViewFreeArticle.aspx?ArticleID=22_8_17
- Mansfield, R. (2004). *Phase change materials*. *Textile World*. Recuperado el 7/11/2013 de http://www.textileworld.com/Articles/2004/March/Features/Phase_Change_Materials.html
- Marino, P. (2005). Textiles Inteligentes. *Saber cómo*. 33. Disponible en <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc33/inti4.php>
- Marino, P. (2007). *Materiales textiles innovadores*. INTI: Buenos Aires. Citado en Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (ed.) (2013). *Casos de asociatividad e innovación*. *Nanotecnología*. 1.1. Disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/informes/casos-de-asociatividad-e-innovacion-nanotecnologia-9091>
- Martins, P. y Marques, M. (2011). Nanotecnología, de la divulgación que tenemos a la participación que queremos. *Mundo Nano*. 4,2. P. 103 – 120.
- Mathews, C. (2006). *La ganadería amenaza el medio ambiente*. FAO sala de prensa. Disponible en <http://www.fao.org/NEWSROOM/es/news/2006/1000448/index.html>
- Merkle, R. (1992). Self Replicating Systems and Molecular Manufacturing. *Journal of the British Interplanetary Society*. 45. 407-413. [Revista en línea]. Disponible en <http://www.zyvex.com/nanotech/selfRepJBIS.html>
- Merkle, R. (1993). *Molecular Manufacturing: Adding Positional Control to Chemical Synthesis*. *Chemical Design Automation News*. 72 (9, 10). [Revista en línea] Disponible en <http://www.zyvex.com/nanotech/CDAarticle.html>
- Merkle, R. (2009). *An introduction to molecular nanotechnology*. [Conferencia en video]. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=cdKyf8fsH6w>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (2012) *Empresas y grupos de I+D de nanotecnología en Argentina*. Buenos Aires: Secretaría de planeamiento y políticas. [Documento en línea] Disponible en www.mincyt.gob.ar/_post/descargar.php?idAdjuntoArchivo=25989
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (s/f) *La plataforma argentina de micro y nanotecnologías que vincula a los sectores privado, académico y público*. Presidencia de la Nación. [Folleto informativo]

- Minko, S y Motornov, M (2007). *Hybrid polymer nanolayers for surfacemodification of fibers*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.470 - 492) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Mongillo, J. (2007). *Nanotechnology 101*. Greenwood Publishing Inc: Estados Unidos
- Monteiro-Riviere, M y Orsière, T. (2007). *Toxicological impact of nanomaterials*. En Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology* (p. 395 – 444). McGraw-Hill: Estados Unidos.
- Moore, R. (2008). *Plasma surface functionalization of textiles*. [Documento en línea] Recuperado el 8/10/2013 de http://www.acteco.org/Acteco/public/results/MOORE_loN_March08.pdf
- Murata Machinery. (2013). *Yarn structure of Vortex*. Recuperado el 14/11/13 de http://www.muratec-vortex.com/1_1.html
- Nakad, Z. (2003). *Architecture for e-textiles*. Estados Unidos: Virginia Polytechnic Institute and State University. Recuperado el 8/10/2013 de <http://www.ccm.ece.vt.edu/etextiles/publications/>
- Nano Dictionary. (2005). *Nanotechnology perceptions*. Recuperado el 27/10/2012 de <http://pages.unibas.ch/colbas/ntp/NanoDictionary.pdf>
- Nanotecnología. (2009). Dirección Nacional de Información Científica y Dirección Nacional de Estudios. *Boletín estadístico técnico*. 3. Disponible en <http://www.mincyt.gob.ar/publicaciones-listado-tema/nanotecnologia-188>
- Nanotex. (2013). *Frequently asked questions*. Recuperado el 8/11/2013 de <http://www.nanotex.com/faqs/faqs.html#24>
- Nelson, G. (2002). *Application of microencapsulation in textiles*. *International Journal of Pharmaceutics*, 242, 1-2, p. 55–62. Disponible en <http://www.tipo.org.tw/docs/fup/%EF%BC%88%E9%86%AB20%EF%BC%89Application%20of%20microencapsulation%20in%20textiles.pdf>
- Objetivos. (2013). *Fundación Argentina de Nanotecnología*. Recuperado el 12/11/2013 de <http://www.fan.org.ar/objetivos/>
- Patra, K. y Gouda, S. Application of nanotechnology in textile engineering: An overview. *Journal of engineering and technology research*. 5,5. 104 – 111. Disponible en <http://www.academicjournals.org/JETR/PDF/pdf2013/Jun/Patra%20and%20Sgouda.pdf>
- Ramsden, J. (2009). *Essentials of nanotechnology*. Jeremy Ramsden & Ventus publishing. Disponible en <http://bookboon.com/en/textbooks/chemistry-chemical-engineering/nano-technology>
- Real Academia Española (ed.). (2001) *Diccionario de la lengua española*. (22da edición). Diccionario virtual disponible en <http://lema.rae.es>
- Red Textil (2012) *Buscan impulsar la carrera de Ingeniería Textil*. Recuperado el 10/12/13 de <http://www.redtextilargentina.com.ar/index.php/component/content/article/175-uncategorised/268-buscan-impulsar-la-carrera-de-ingenieria-textil>

- Salem, D.R. (2007). *Electrospinning of nanofibers and the charge injection method*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.17 - 35) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Sarma, S. (2009). *Ionic-Modified Antistatic Finishes: A Combination of Nanotechnology and Atmospheric Plasma Treatment*. North Carolina State University: Estados Unidos Disponible en <http://repository.lib.ncsu.edu/ir/bitstream/1840.16/2083/1/etd.pdf>
- Saulquin, S. (2010). *La muerte de la moda: el día después*. Paidós: Buenos Aires.
- Sawhney,A., Condon, B., Singh, K., Li, G., y Hui, D. (2008) Modern Applications of Nanotechnology in Textiles. *Textile Research Journal*. 78. 731 – 739. Disponible en <http://trj.sagepub.com/content/78/8/731>
- Schoeller Textil (2013). *Technologies..* Recuperado el 6/11/2013 de <http://www.schoeller-textiles.com/en/technologies.html>
- Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (ed.) (2013). *Casos de asociatividad e innovación. Nanotecnología*. 1.1. Disponible en <http://www.mincyt.gov.ar/informes/casos-de-asociatividad-e-innovacion-nanotecnologia-9091>
- Sellers, K., Mackay, C., Bergeson, L., Clough, S., Hoyt, M., Chen, J., Henry, K., Hamblen, J. (2009). *Nanotechnology and the environment*. CRC Press: Florida.
- Shatkin, J. (2008). *Nanotechnology: health and environmental risks*.CRC Press: Boca Raton
- Sina Pearson Textiles (2013). *Nano-Tex price list*. Recuperado el 11/11/2013 de <http://sinapearson.com/special-finishes.html>
- Smith E., Büttner, U. y Sanderson R. (2007) *Continuous yarns from electrospun nanofibers*. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.45 - 35) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- Sokolovsky, S. (2012). *El átomo*. Recuperado el 29/10/2012 de <http://soko.com.ar/Fisica/cuantica/Atomo.htm>
- Stegmaier, T., Dauner, M., Von Arnim, V., Scherrieble, A., Dinkelmann, A. y Planck, H. (2007) Nanotechnologies for coating and structuring of textiles. En Brown, P.J. y Stevens, K. (ed.) *Nanofibers and nanotechnology in textiles*. (p.408 - 427) Woodhead Publishing Limited: Inglaterra.
- The man in the White suit*. (2013). International Movie Database. Recuperado el 12/11/2013 de http://www.imdb.com/title/tt0044876/plotsummary?ref_=tt_stry_pl
- The project on emerging nanotechnologies. (2011). *Consumer products*. Recuperado el 11/09/2013 de <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>
- Thorp, E. (s/f). *The invention of the first wearable computer*. [Documento en línea] Disponible en <http://www.cs.virginia.edu/~evans/thorp.pdf>
- Unesco (2007). *Ética y política de la nanotecnología*. Naciones Unidas: Francia. Disponible en <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951s.pdf>

- Vijayaraaghavan, N, y Gopalakrishnan, D. (2007). *Phase change materials for textile applications. The indian textile Journal*. Recuperado el 6/11/2013 de <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=293>
- Vila, F. (2011). *Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial*. Buenos Aires: Universidad Nacional General Sarmiento
- Viness, P., Clare, D., Yahya, C., Charu, T., Lomas, T., Pradeep, K. Lisa, C. y Valence M. (2012) *A Review of the Effect of Processing Variables on the Fabrication of Electrospun Nanofibers for Drug Delivery Applications. Journal of nanomaterials*. 2013. 1 - 22
- Weisner, M y Bottero, J. (ed.) *Environmental Nanotechnology*. Estados Unidos: McGraw-Hill
- Windmiller, J.R. y Wang, J (2012). *Wearable Electrochemical Sensors and Biosensors: A Review. Electroanalysis*. 25, 1. 29 – 46. Recuperado el 8/10/2013 de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/elan.201200349/abstract>
- Wong H., Yuen, M., Leung, S., Ku, S. y Lam, S. (2006) *Selected applications of nanotechnology in textiles. AUTEX Research Journal*. 6, 1. 1 – 8. Disponible en <http://www.autexrj.org/No1-2006/0191.pdf>
- Wood, S, Jones, R y Geldart, A. (s/f). *The social and economic challenges of nanotechnology*. Economic and Social Research Council: Swindon.
- Yuen, L. (2006). *Wrinkle-resistance finishes on cotton fabric using nanotechnology*. Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University of Textiles & Clothing. Disponible en <http://repository.lib.polyu.edu.hk/jspui/handle/10397/3568>