

## **Textiles con propiedades antimicrobianas para el control de las infecciones intrahospitalarias**

### **Textiles with antimicrobial properties for the control of hospital-acquired infections**

Wendy Y. Villastrigo-López<sup>1\*</sup>, Aidé Sáenz-Galindo<sup>1</sup>, Adali Castañeda-Facio<sup>1</sup>, Miriam D. Dávila-Medina<sup>1</sup>, Christian J. Cabello-Alvarado<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Blvd. Venustiano Carranza y José Cárdenas Valdés, S/N, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup>CONACYT - Centro de Investigación en Química Aplicada, Enrique Reyna H. No.140, C.P. 25294, Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: Wendy Yaneth Villastrigo López

Universidad Autónoma de Coahuila

Correo: wendy\_lopez@uadec.edu.mx

## **RESUMEN**

Las infecciones intrahospitalarias son causadas por patógenos que se encuentran presentes en dispositivos e insumos que se utilizan en hospitales. Es un problema que persiste y cada vez aumentan más los casos de infecciones adquiridas al interior de los hospitales, a pesar de que existen normas para la adecuada limpieza y lavado de estos materiales. Debido a esto nace el interés en la comunidad científica por fabricar textiles con propiedades antimicrobianas. Existen diversas investigaciones realizadas en los últimos años utilizando diversos agentes antimicrobianos (nanopartículas metálicas y de óxidos metálicos) para incorporarlos en telas tejidas, no tejidas y brindarles propiedades antimicrobianas. De manera que con estos textiles se fabriquen paños quirúrgicos, batas, cubrebocas, vendas, apósitos que posean propiedades antimicrobianas y que sirvan para el control de las infecciones intrahospitalarias. Por lo cual, en el presente artículo de revisión bibliográfica se abordan los diferentes tipos de agentes antimicrobianos y telas que se utilizan para la fabricación de textiles con propiedades antimicrobianas para erradicar los patógenos causantes de las infecciones intrahospitalarias.

**Palabras clave:** textiles, agentes antimicrobianos, infecciones.

## **ABSTRACT**

Intrahospital infections are caused by pathogens that are present in devices and supplies used in hospitals. It is a problem that persists and more and more cases of infections acquired inside hospitals are increasing, despite the fact that there are rules for proper cleaning and washing of these materials. Due to this, the interest in the scientific community to

manufacture textiles with antimicrobial properties. There are several investigations carried out in recent years using various antimicrobial agents (metal nanoparticles and metal oxides) to incorporate them in woven, non-woven fabrics and provide antimicrobial properties. So that with these textiles surgical cloths, labcoat, face masks, bandages and ressingings that have antimicrobial properties and serve to control infections in hospitals. Therefore, this literature review covers the different types of antimicrobial agents and fabrics that are used for the manufacture of textiles with antimicrobial properties to eradicate pathogens causing infections addressed in hospital.

**Key words:** antimicrobial agent, woven, non-woven.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las infecciones intrahospitalarias representan un serio problema a nivel mundial. Son las responsables de un aumento considerable en las tasas de morbilidad, extensión del periodo de hospitalización, aumento directo sobre los costos de atención hospitalaria, además de favorecer la selección de microorganismos multirresistentes (Pérez y col., 2020; Vilca y col., 2020).

Estas infecciones constituyen un riesgo permanente en la asistencia sanitaria, se encuentran asociadas a múltiples factores y es la complicación hospitalaria más frecuente (Vilca y col., 2020). Entre los factores responsables de desencadenar estas infecciones, se encuentran: la escasa inmunidad de los pacientes, objetos contaminados y vestimenta del personal de salud (Vargas, 2015).

La ropa que viste el personal de salud también constituye una fuente para el crecimiento de microorganismos, debido a que tienden a proliferar en ambientes húmedos (Bockmühl y col., 2019). Aun cuando existen guías para la adecuada limpieza del ambiente hospitalario, los patógenos poseen mecanismos para adaptarse y sobrevivir durante periodos de tiempo prolongados (Esteves y col., 2016).

La preocupación por la higiene y protección, tanto del personal de salud como de los pacientes, ha motivado al desarrollo de nuevos textiles con funciones antibacterianas y antifúngicas (Zapata y col., 2018). De este modo, los textiles antimicrobianos son uno de los campos más importantes en el sector textil, involucrando nuevos descubrimientos y la aplicación de agentes antimicrobianos (Zarzuela, 2020).

Dentro de los agentes antimicrobianos que se pueden emplear para la fabricación de textiles, se encuentran las nanopartículas (NPs) metálicas y de óxidos metálicos (Serna y col., 2017). Por cual, el objetivo de esta revisión bibliográfica es describir los diferentes tipos de telas y agentes antimicrobianos que presenten la posibilidad de fabricar textiles con propiedades antimicrobianas, de manera que sirvan como una alternativa para el control de las infecciones intrahospitalarias.

## **2. ANTECEDENTES**

Los estudios realizados alrededor del mundo documentan que las infecciones intrahospitalarias son una importante causa de morbilidad y mortalidad (Siegel y col., 2007). Una elevada frecuencia de infecciones intrahospitalarias comprueba que la calidad en la

prestación de los servicios de atención de salud es deficiente (Arévalo y col., 2003). Diversos factores son los causantes de la frecuencia de estas infecciones: los pacientes hospitalizados sufren a menudo compromiso inmunitario, se someten a tratamientos invasivos y el medio del hospital puede facilitar la transmisión de microorganismos (Vargas, 2015).




## **2.1 ¿Qué son las infecciones intrahospitalarias?**

Las infecciones intrahospitalarias son contraídas durante la estadía en un hospital, las cuales no se habían manifestado ni estaban en periodo de incubación en el momento en el que el paciente es internado. Suelen ocurrir después de las primeras 48 a 72 horas de hospitalización (Castañeda y col., 2015; Arista y col., 2019).

Se han establecido definiciones para identificar las infecciones intrahospitalarias en determinados sitios del organismo, dependiendo del sitio (por ejemplo, infecciones urinarias, pulmonares, etc. (Arista y col., 2019).

### **2.1.1 Clasificación de las infecciones intrahospitalarias**

Estas infecciones se clasifican en función del área que afectan:

-  **Bacteremia:** son aquellas que afectan directamente al torrente sanguíneo y suelen ser causadas normalmente por catéteres infectados.
-  **Neumonía:** son las que perjudican las vías respiratorias, concretamente inflamando los alveolos pulmonares.
-  **Vías urinarias:** se relacionan directamente con el uso de bolsas de orina.


- ✚ Sitio quirúrgico: son aquellas que se adquieren al someter al paciente a una operación, ya sea durante la intervención o a lo largo del proceso de cicatrización y recuperación. Estas infecciones pueden infectar al receptor por partículas suspendidas en el aire o por contacto directo con la fuente infecciosa o material contaminado (Zamora y col., 2015; Arista y col., 2019).

### **2.1.2 ¿Cómo se transmiten?**

La transmisión de agentes infecciosos dentro de un hospital requiere de tres elementos: 1) una fuente infecciosa, 2) un huésped susceptible y 3) una vía de entrada para los agentes. También pueden ser causadas por fuentes endógenas al paciente (su propia piel, mucosa nasal, bucal o tracto gastrointestinal) o exógenas (visitantes, dispositivos médicos o el propio hospital (Martínez & Zavala, 2022).

Los mecanismos de transmisión varían según el tipo de organismo y algunos agentes infecciosos pueden ser transmitidos por más de una ruta (Loayza y col., 2020). Existen tres rutas principales de transmisión, las cuales se describen a continuación:

- ✚ Transmisión por contacto directo: los microorganismos se transmiten de una persona infectada a otra.
- ✚ Transmisión por contacto indirecto: implica la transferencia de un agente infeccioso a través de un objeto contaminado, como las manos contaminadas o algún dispositivo de atención al paciente (termómetros, glucómetros, etc.) que se comparten entre los pacientes sin limpieza y desinfección.

 Transmisión por gotas: los patógenos transmiten la infección cuando viajan directamente desde el tracto respiratorio del individuo infectado al destinatario. Las gotas se generan al toser, estornudar o hablar (Loayza y col., 2022).

### 2.1.3 Microorganismos involucrados en la transmisión

Dentro de los patógenos más comunes asociados a las infecciones intrahospitalarias, se encuentran bacterias, virus, parásitos y hongos. En la Tabla 1 se presentan los diferentes tipos de microorganismos que están involucrados en las infecciones intrahospitalarias y varían dependiendo de la población de pacientes, del establecimiento de atención de salud y país (Asensio y col., 2018).

**Tabla 1.** Microorganismos involucrados en las infecciones intrahospitalarias (Zamora y col., 2018; Morales y col., 2022).

<b>Microorganismos</b>	<b>Patógeno</b>	<b>Área que colonizan</b>
Bacterias Gram positivas	<i>Staphylococcus aureus</i>	Piel y nariz del personal de salud y de los pacientes.
Bacterias Gram negativas	<i>Escherichia coli</i>	Diversos sitios cuando las defensas del huésped están comprometidas (inserción de un catéter o sonda vesical).
	<i>Pseudomonas spp</i>	Aparato digestivo de los pacientes hospitalizados.
Virus	Hepatitis B y C	Torrente sanguíneo.

Hongos	<i>Aspergillus spp</i>	Microorganismos transportados por el aire, colonizando suelo y aire.
--------	------------------------	--

#### **2.1.4 Medidas de prevención**

La prevención estándar de las infecciones intrahospitalarias incluye un grupo de prácticas que aplican a todos los pacientes, independientemente de la sospecha o confirmación de las infecciones, en cualquier entorno en el que se realiza atención sanitaria (Fajardo, 2017).

Las prácticas de prevención incluyen, el uso de guantes, bata, mascarilla, lentes de protección para los ojos, como se muestra en la Figura 1, el correcto lavado de manos y correcta esterilización de instrumentos. También los equipos en el entorno del paciente, con probabilidad de que se hayan contaminado con fluidos corporales infectados, deben ser manejados de tal manera que se prevenga la transmisión de agentes infecciosos (García y col., 2020).

La implementación de este tipo de precauciones constituye la estrategia primaria para la prevención de la transmisión de las infecciones intrahospitalarias entre los pacientes y el personal de salud (Vermeil y col., 2018). Otra estrategia útil para contrarrestar las infecciones intrahospitalarias es la fabricación y empleo de textiles con propiedades antimicrobianas (Hui y col., 2016).



**Figura 1.** Equipo de protección del personal de salud. Fuente: [https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/13122/Presidenta\\_de\\_Cmara\\_de\\_Diputados\\_donar\\_sueldo\\_para\\_equipo\\_mdic](https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/13122/Presidenta_de_Cmara_de_Diputados_donar_sueldo_para_equipo_mdic)

## 2.2 Textiles con propiedades antimicrobianas

El uso de textiles antimicrobianos en hospitales se asocia con nuevas medidas de prevención que permitan reducir la carga de microorganismos disponible, disminuyéndose a su vez el riesgo de contraer infecciones intrahospitalarias (Shaheen y col., 2016). Este tipo de textiles deben de estar diseñados con texturas regulares que faciliten la limpieza y prevengan el atrapamiento de polvo, deben de resistir el proceso de limpieza y desinfección que se utiliza en los servicios de salud o contar con un proceso de desinfección propio (Shahid y col., 2016).

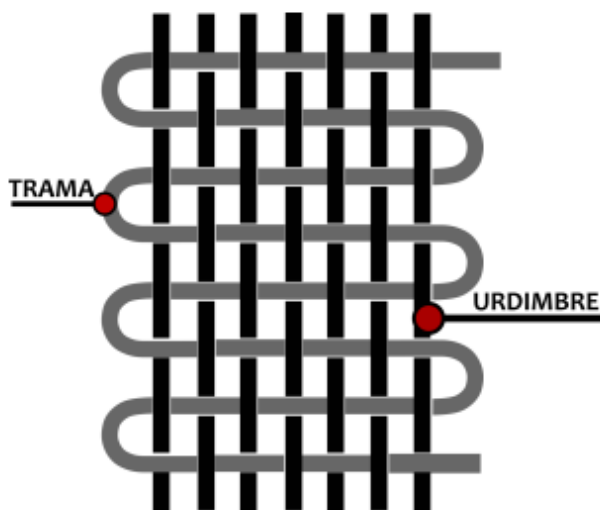
Los textiles con propiedades antimicrobianas se utilizan en hospitales para el control de infecciones, debido a las propiedades que poseen. Son textiles cuya unidad fundamental son fibras a los cuales se les ha incorporado un agente antimicrobiano, de modo que esté agente pueda destruir o inhibir el crecimiento de microorganismos (Serna y col., 2017).

Son diversos los usos de los textiles con propiedades antimicrobianas dentro de un hospital, debido a que se pueden fabricar vendas, vestimenta quirúrgica, apósitos, paños quirúrgicos, cubrebocas, sábanas, cortinas y batas, a base de tela no tejida y tejida (Tieffemberg y col., 2018).

## 2.2.1 Tipos de textiles

### 2.2.1.1 Tela tejida

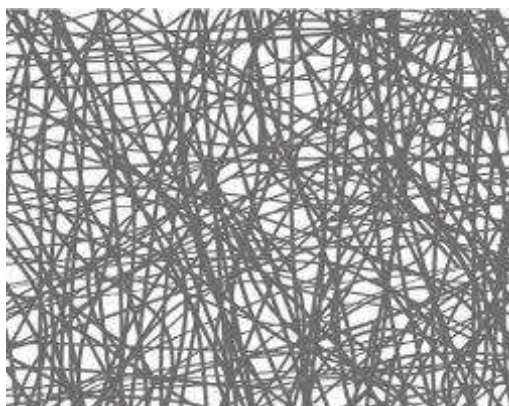
La tela tejida se define como aquellas estructuras producidas al menos con dos conjuntos de hilos entrelazados por un proceso de tisaje, formando una urdimbre (hilos en sentido longitudinal) y la trama (hilos en sentido transversal), usualmente en ángulo recto entre sí, de acuerdo con un patrón predeterminado de entrelazado, como se muestra en la Figura 2 (Mejía y col., 2019).



**Figura 2.** Esquema de fibras en tela tejida (Mejía y col., 2019).

### **2.2.1.2 Tela no tejida**

La tela no tejida se define como hojas manufacturadas o velo de fibras orientadas direccionalmente o al azar, unidas por fricción, cohesión y/o adhesión, mediante procesos mecánicos, químicos, térmicos o solventes, como se muestra en la Figura 3. Las fibras o filamentos pueden ser naturales (algodón y lana) o sintéticas (nylon y polipropileno) (Mejía y col., 2019).



**Figura 3.** Esquemas de fibras en tela no tejida (Mejía y col., 2019).

## **2.3 Polímeros que se utilizan en la fabricación de tela no tejida**

### **2.3.1 Polímeros naturales**

#### **2.3.1.1 Algodón**

Se distingue por ser un tejido plano de origen natural que crece en las semillas de una planta llamada algodón, el cual por lo regular crece en zonas tropicales. Tiene alto grado de inflamabilidad, se disuelve en hipoclorito de sodio, ácido sulfúrico, es atacado por microorganismos en ambientes húmedos y posee buena abrasión. Es empleado en la industria textil por sus propiedades, entre las que se encuentran: absorbencia, transpirabilidad,

hipoalergénico, suavidad, versatilidad y durabilidad, además que es fácil de lavar y teñir (Milagros, 2022).

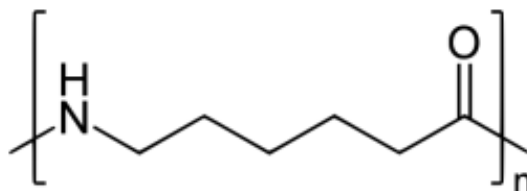
### 2.3.1.2 Lana

Entre las fibras naturales de mayor uso en la industria textil, se encuentra la lana, la cual se obtiene a partir de la oveja, alpaca y vicuña. Posee características como aislante térmico, higroscópica, extensible, no es inflamable y es fácil de teñir (Hitega, 2020).

## 2.3.2 Polímeros sintéticos

### 2.3.2.1 Nylon

El Nylon fue desarrollado en la fábrica DuPont a finales de la década de 1930 por Wallace Carothers, en la Figura 4, se muestra su estructura química. Se encuentra dentro de la familia de las poliamidas y es un polímero sintético. Dentro de sus características se encuentra resistencia mecánica, dureza, rigidez, buena tenacidad, elevada absorción de humedad y resistencia al desgaste (Carrillo y col., 2021).

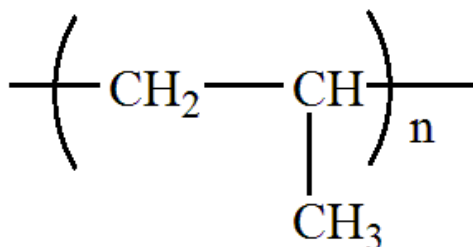


**Figura 4.** Estructura química del Nylon 6 (Carrillo y col., 2021).

### 2.3.2.2 Polipropileno

Es un material sintético que comúnmente se utilizan para crear diversos textiles, en la Figura 5, se muestra su estructura química. Las fibras de polipropileno se distinguen por su alta

resistencia, por ser impermeables, resistentes al calor, protegen contra la humedad, aislantes, flexibles, resistentes, económicas y baja conductividad eléctrica (Iberoplast, 2019).



**Figura 5.** Estructura química del polipropileno (Iberoplast, 2019).

En los últimos años se han realizado estudios en los cuales se emplean este tipo de polímeros naturales y sintéticos para la fabricación de tela no tejida, debido a sus características, de tal manera que sea posible la incorporación de diversos agentes antimicrobianos en este tipo de tela.

#### **2.4 Agentes antimicrobianos que se emplean en textiles**

Dentro de los agentes antimicrobianos que se han comenzado a emplear en textiles, se encuentran las NPs metálicas y de óxidos metálicos (Ebrahimzadeh y col., 2019). El interés por lograr un acabado antimicrobiano de materiales textiles que sea eficiente, no tóxico, duradero y rentable, aumenta rápidamente (Pedro y col., 2022). La reducción del crecimiento bacteriano en textiles es muy importante, puesto que estos microorganismos no únicamente dañan el material, sino que también pueden afectar el confort que brindan las vestimentas (Perera y col., 2013).

Los tejidos reforzados con NPs se han convertido en un área de la investigación que busca contener la transmisión de microorganismos relacionados con las infecciones asociadas a la atención en salud (Cabello y col., 2019).

En la actualidad se están implementando los materiales de tamaño nanométrico en la industria textil, debido a que proporcionan distintas funcionalidades, como autolimpieza, conducción eléctrica, protección UV y propiedades antimicrobianas (Cabello y col., 2019). Una de las razones que vuelven a las NPs tan atractivas en la industria textil es que los métodos convencionales utilizados para funcionalizar los tejidos, a menudo no producen efectos permanentes y tienden a perder sus funciones después del lavado o uso de los textiles (Srisod y col., 2018).

#### **2.4.1 Nanopartículas metálicas**

Las NPs son materiales que se encuentran en dimensiones de 1 a 100 nm de diámetro. Estas dimensiones les brindan características y propiedades específicas que en tamaños macrométricos no podrían tener (Melchor y col., 2015). Actualmente existe una gran variedad de NPs metálicas tales como plata (Ag), oro (Au), cobre (Cu), titanio (Ti) y zinc (Zn), en donde sus características particulares dependen principalmente de su tamaño, morfología y superficie (Melchor y col., 2015).

##### **2.4.1.1 Nanopartículas de plata (NPsAg)**

Las NPsAg se han convertido en las más estudiadas, en áreas como medicina, biología, industria farmacéutica y textil, debido a las propiedades antimicrobianas que posee (Argueta

y col., 2019). Estas NPs no necesitan ser funcionalizadas con agentes antimicrobianos para lograr su efecto, ya que estas ejercen esas propiedades a través de la liberación de iones  $\text{Ag}^+$ , los cuales interactúan con la membrana celular de los microorganismos (Del Rocío y col., 2017). Diversos estudios han demostrado que las nanopartículas de plata inhiben el crecimiento mediante efecto bactericida o bacteriostático (Del Rocío y col., 2017).

Torres y colaboradores en 2021, obtuvieron textiles funcionales a base de algodón y NPsAg. Para lo cual realizaron una síntesis controlada in situ de NPsAg sobre fibras de algodón. Las NPs las obtuvieron usando como agente reductor el borohidruro de sodio y obtuvieron tamaños de 9.6 nm.

Rojas y colaboradores en 2017, sintetizaron NPsAg mediante el proceso de poliol y obtuvieron tamaños de 30 nm. Las pruebas antibacterianas mostraron que las telas de algodón con una concentración de 10 y 20 ppm, tenían propiedades frente a *Staphylococcus aureus*.

#### **2.4.1.2 Nanopartículas de cobre (NPsCu)**

La actividad antibacteriana de estas NPs se encuentra en función del tamaño y concentración que se emplee. Cruz y colaboradores en 2018, obtuvieron NPsCu con un tamaño de 25 nm y prepararon un compuesto a base de Nylon, mediante extrusión en estado fundido asistido por ultrasonido, donde las nanopartículas se localizaron únicamente en la superficie de la fibra. Los resultados de la evaluación antimicrobiana mostraron que posee propiedades frente a *Staphylococcus aureus* (Cruz y col., 2018).

## **2.4.2 Nanopartículas de óxidos metálicos**

Dentro de este tipo de NPs se encuentran las de dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ), debido a que en diversos estudios se ha demostrado que poseen propiedades antimicrobianas.

### **2.4.2.1 Nanopartículas de dióxido de titanio ( $\text{NPsTiO}_2$ )**

El  $\text{TiO}_2$  es un óxido metálico de transición y se ha demostrado que es el más adecuado para varias aplicaciones ambientales y energéticas debido a las diferentes propiedades que presenta, como estabilidad a largo plazo, no es tóxico, bajo costo y fuerte poder antioxidante (Betancur y col., 2016). En la naturaleza el dióxido de titanio presenta tres formas cristalinas diferentes: anatasa, rutilo y brookita. Las  $\text{NPsTiO}_2$  han ganado atención para aplicaciones en medicina, las cuales se han demostrado en diversos estudios científicos (Cruz y col., 2018).

La incorporación de estas NPs se realiza de dos maneras diferentes: la primera es incorporar directamente las nanopartículas a las fibras textiles empleando extrusión de una fibra textil y la segunda es mediante la aplicación de las nanopartículas en el proceso de acabado del tejido (Jaguaco y Bonilla, 2018).

André y colaboradores en 2015, sintetizaron  $\text{NPsTiO}_2$  empleando tratamiento hidrotermal asistido por microondas y posteriormente evaluaron la concentración mínima inhibitoria, por medio de microdilución en caldo. Concluyendo que las nanopartículas obtenidas poseen propiedades antimicrobianas frente a *Candida albicans*.

#### 2.4.2.2 Nanopartículas de óxido de zinc (NPsZnO)

El ZnO posee excelentes propiedades eléctricas, mecánicas, ópticas, catalíticas, fotoquímicas y antimicrobianas. Las NPsZnO presentan una gran ventaja sobre otros óxidos metálicos, debido a su gran área superficial y alta conductividad, convirtiéndolo en un excelente fotocatalizador para la eliminación de contaminantes orgánicos, amigable con el medio ambiente, no tóxico y uno de los más económicos (Ong y col., 2018). Además de sus aplicaciones fotocatalíticas, diversos estudios han demostrado su uso como agente antimicrobiano, en bioingeniería, medicina y textiles (Vázquez y col., 2020).

Muñoz y colaboradores en 2021, sintetizaron NPsZnO a partir de los extractos de *Azadirachta indica* y *Aloe vera*, confirmando por microscopía electrónica de barrido la obtención de estas con tamaños de 200 y 300 nm. Posteriormente realizaron la impregnación de las NPs en telas de algodón, demostrando que, al ser impregnadas las NPsZnO en las telas presentan propiedades antibacterianas frente a *Staphylococcus aureus*.

Andrade y colaboradores en 2021, obtuvieron un nanocompuesto a base de tela no tejida de Nylon con NPsZnO, empleando un extrusor asistido con ultrasonido. Los ensayos antimicrobianos los realizaron con la técnica de difusión en agar (Kirby Bauer) y encontraron que estas telas poseen propiedades antimicrobianas frente a *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*.

## **2.5 Mecanismos de acción de los agentes antimicrobianos**

Generalmente son dos los mecanismos de acción de los agentes antimicrobianos en textiles, los cuales dependen de la manera en cómo actúan con los microorganismos.

### **2.5.1 Mecanismo de liberación controlada**

Se refiere a que generalmente el agente antimicrobiano no está unido por enlaces químicos a las fibras del textil, si no que se da a través de la liberación gradual del compuesto químico desde el interior de las fibras hacia los alrededores, generalmente en presencia de humedad. La principal desventaja radica en que el agente liberado se agotará, por lo que el acabado no será efectivo en el momento en el que el agente este por debajo de las concentraciones mínimas inhibitorias y al someter el textil a lavado la actividad antimicrobiana desaparecerá (Salaum, 2016).

### **2.5.2 Ligados y/o de barrera**

Son aquellos agentes antimicrobianos que están unidos químicamente al textil por medio de enlaces covalentes. Al aplicar agentes antimicrobianos estos quedan como una película o revestimiento creando a su vez una barrera física inerte sobre el textil impermeable a los microorganismos. Estos son resistentes al lavado frecuente y la actividad antimicrobiana se reducirá con el desgaste del textil (Salaum, 2016).

## 2.6 Métodos de incorporación de agentes antimicrobianos en textiles

La adhesión depende de las características del agente antimicrobiano como del sustrato textil y se da a partir de diferentes tipos de interacciones: fisicoquímicas que dependen de la energía libre superficial de cada uno de los sustratos; interacciones mecánicas, debido al entrelazamiento de cadenas poliméricas y formación de enlaces covalentes entre agentes antimicrobianos (nanopartículas) y el sustrato textil (Cabello y col., 2019).

Existen diversos métodos para la modificación de la superficie de los textiles, algunos se basan en la activación de la superficie textiles para crear sitios reactivos que puedan formar enlaces con el agente antimicrobiano, por ejemplo, los tratamientos con plasma o la irradiación con luz ultravioleta. Otros métodos consisten en el recubrimiento previo de la superficie con un polímero que se adhiera permanentemente al textil, formando una plataforma reactiva (Cabello y col., 2019).

El proceso de acabado textil convencional “foulard-secado-curado” (pad-dry-cure) se utiliza también como tratamiento del textil con dispersiones coloidales para la aplicación de nanopartículas sobre la superficie textil. Este método consiste en la inmersión del tejido en la dispersión de nanopartículas seguido del paso del tejido por el foulard. El foulard consiste en unos rodillos que eliminan el exceso del líquido correspondiente al baño de impregnación y homogeneiza la superficie. Este proceso normalmente se lleva a cabo mediante la aplicación de alta temperatura, la cual induce la reacción química o favorece el

entrelazamiento de las cadenas poliméricas en la interfase nanopartícula-sustrato, mejorando así la adhesión de las nanopartículas sobre la superficie del textil (Cabello y col., 2019).

### **3. CONCLUSIÓN**

A pesar de que existen normas para el adecuado lavado de insumos y material en hospitales, las infecciones intrahospitalarias son una problemática que actualmente se sigue presentando. Debido a esto nacen los textiles con propiedades antimicrobianas, puesto que se necesitan telas con estas propiedades para fabricar cubrebocas, batas, vestimenta quirúrgica, apósitos, entre otros, de manera que sirvan como una alternativa para contrarrestar a los patógenos causantes de las infecciones intrahospitalarias.

Los textiles con propiedades antimicrobianas se están posicionando como un material interesante para su aplicación en hospitales, por sus múltiples beneficios. Se pueden obtener mediante el uso de diferentes agentes antimicrobianos como algunos tipos de nanopartículas debido a que estas presentan propiedades antimicrobianas y al ser incorporados en telas, les brindan estas propiedades. No obstante, es necesario garantizar, el cumplimiento de su delimitado número de criterios de seguridad e inocuidad con el fin de garantizar las necesidades de los pacientes y médicos.

### **4. AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la Universidad Autónoma de Coahuila, a la Facultad de Ciencias Químicas y al Posgrado en Ciencias y Tecnología de Materiales. De igual manera se agradece a

CONACYT por la beca otorgada con número 836035 a través del proyecto SEP-CONACYT Ciencias Básica 2017-2018 CB2017-2018 A1-S-44977.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, M., Ávila, C. A., Cabello, C., Cadenas, G., Esparza, S. C., Pérez, M. & Quiñones, Z. V. (2021). Non-woven fabrics base on nanocomposite Nylon 6/ZnO obtained by ultrasound-assisted extrusion for improved antimicrobial and adsorption methylene blue dye properties. *Polymers*, 13(11): 1-13. <https://doi.org/10.3390/polym13111888>

André, R. S., Zamperini, C. A., Mima, E. G., Longo, V. M., Albuquerque, A. R., Sambrano, J. R., Machado, A. L., Vergani, C. E., Hernández, A. C., Varela, J. A. & Alongo, E. (2015). Antimicrobial activity of TiO<sub>2</sub>:Ag nanocrystalline heterostructures: Experimental and theoretical insights. *Chemical Physics*, 459: 87-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemphys.2015.07.020>

Arévalo, H., Cruz, R., Palomino, F., Fernández, F., Guzmán, E. & Melgar, R. (2003). Aplicación de un programa de control de infecciones intrahospitalarias en establecimientos de salud de la región San Martín. *Revista Perú Medica*. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342003000200005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342003000200005)

Argueta, L., Arenas, M., Díaz, A., García, S. & García R. (2019). Propiedades antimicrobianas y citotóxicas de un adhesivo de uso ortodóncico adicionado con nanopartículas de plata. *Revista Interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 12(22): 59-71. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.22.62550>

Arista, N., Lozano, J. J., García, V. H., Narváez, J. L., Garro, A. K., Zamora, L. E. & Hernández, D. (2019). Nosocomial infection due to Acinetobacter and its effect on a second level hospital. *Medicina Interna de México*, 35(4): 477-484. <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2019/mim194b.pdf>

Asensio, M. J., Hernández, M., Teruel, S. & Minvielle, A. (2018). Infecciones en el paciente crítico. *Medicina-Programa de Formación Médica*, 12(52): 3085-3096. DOI: 10.1016/j.med.2018.03.014. <https://doi.org/10.1016/j.med.2018.03.014>

Betancur, C., Hernández, V. & Buitrago, R. (2016). Nanopartículas para materiales antibacterianos y aplicaciones del dióxido de titanio. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 35(4): 366-381. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubinbio/cib-2016/cib164g.pdf>

Bockmühl, D. P., Schages, J. & Rehberg, L. (2019). Laundry and textile hygiene in healthcare and beyond. *Microbial Cell*, 6(7): 299-306. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6600116/>

Cabello, C., Caicedo, C., Melo, L., Andrade, M., Cruz, V. J. & Ávila, C. (2019). Revisión de métodos para la obtención de textiles técnicos. Textiles técnicos y su obtención. *Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales*, 20(3): 105-117.  
<https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/06/2019-20-3-105-117-cabello-y-col.pdf>

Carrillo, J., Castillo, L. & Méndez, C. (2021). Caracterización, síntesis y aplicaciones del Nylon. Tecnológico Nacional de México Campus Tijuana. [En línea]. Disponible en: <https://ingenieriaindustrialitt.org/publicacion/semana-academica/article/view/102/73>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2022.

Castañeda, F. & Valdespino, M. (2015). Prevalencia de infecciones nosocomiales en un hospital de segundo nivel de atención en México. *Revista Médica Instituto Mexicano Seguro Social*, 53(6): 686-90.  
[http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista\\_medica/article/viewFile/98/23](http://revistamedica.imss.gob.mx/editorial/index.php/revista_medica/article/viewFile/98/23)  
5

Cruz, V. J., Ávila, C. A., Soriano, F., Valdez, J. A., Cabello, C., Vaca, F. & Anaya, L. F. (2018). Fibras antimicrobianas a base de nylon y nanopartículas de cobre: evaluación preliminar. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica*. DOI: 10.24254/CNIB.18.64.  
<https://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/444/378>

Cruz, M., Suárez, R., González, L., Ramírez, R., Castañeda, M. & Hernández, I. (2018). Actividad foto catalítica y antimicrobiana de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> y Ce-TiO<sub>2</sub>. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 4(4): 351-357.

[http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/8240/Actividad\\_fotocatalitica\\_2018.pdf?sequence=1](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/8240/Actividad_fotocatalitica_2018.pdf?sequence=1)

Del Rocío, E., Ávila, L. & Arroyo, O. (2017). Las nanopartículas de plata: mecanismos de entrada, toxicidad y estrés oxidativo. *Revista de Educación Bioquímica*, 36(2): 39-54.

<https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2017/reb172b.pdf>

Ebrahimzadeh, M. A., Naghizadeh, A., Amiri, O., Shirzadi, M. & Mortazavi. (2019). Green and facile synthesis of Ag nanoparticles using *Crataegus pentagyna* fruit extract for organic pollution dyes degradation and antibacterial application. *Bioorganic Chemistry*, 103425.

<https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103425>

Esteves, D.C., Pereira, V.C., Souza, J.M. & Keller, R. (2016). Influence of biological fluids in bacterial viability on different hospital surfaces and fomites. *American Journal of Infection Control*, 44(3): 311-314. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.09.033>

Fajardo, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. *Revista Alergia México*, 64(1). <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252>

García, J. C., Blanco, J. A., Fuentes, Y. V., Arciniegas, L. C., Arias, C. D. & Morales, B. D. (2020). Prevention and treatment of surgical site infections in neurosurgery: state of the art.

*Latreia*, 33(1), 39-58.

[https://www.objnursing.uff.br/index.php/nursing/article/view/5379/html\\_1](https://www.objnursing.uff.br/index.php/nursing/article/view/5379/html_1)

Hitega. (2020). La tela de lana: sus principales características y usos. [En línea]. Disponible en: <https://www.hitega.cl/blog/tipos-de-telas/la-tela-de-lana-sus-principales-caracteristicas->

y-

usos/#:~:text=La%20lana%20es%20una%20tela,extendido%20en%20la%20industria%20t  
extil. Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022.

Hui, X., Zhu, H. & Sun, G. (2016). Antimicrobial textiles for treating skin infections and atopic dermatitis. *Antimicrobial Textiles, Elsevier*: 287-303. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100576-7.00015-8>

Iberoplast. (2019). Los diversos beneficios de la tela de polipropileno. [En línea]. Disponible en: <https://www.iberoplast.pe/blog/beneficios-tela-polipropileno/>. Fecha de consulta: 24 de octubre de 2022.

Jaguaco, D. & Bonilla. (2018). Incorporación de dióxido de titanio en telas para generar propiedades autolimpiables. Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica Nacional. [En línea]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19189/1/CD-8570.pdf>

Loayza, J. A., Sánchez, J. R. & Ortiz, A. P. (2020). Infecciones intrahospitalarias en el estudiante de medicina. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*, 20(1): 171–172. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v20n1/2308-0531-rfmh-20-01-171.pdf>

Martínez, K. & Zavala, M. (2022). Infecciones asociadas a la atención de la salud. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Rio*, 9(17): 10-17. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7943>

Mejía, M. L., Cuesta, D. P., Nela, M., Escobar, N. J., Galeano, B. J., Hoyos, L. M., Zapata, J., Ortiz, I. C. & Botero, L. E. (2019). Protocolos para caracterización de no tejidos conformados por nanofibras. [En línea]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5880/Protocolos%20para%20caracterizaci%3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Melchor, M. A., Mesta, L. & Martel, S. A. (2015). Aplicaciones de nanopartículas en textiles para el diseño de interiores. *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Chiapas*. [En línea]. Disponible en: <https://espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/88/1197>. Fecha de consulta: 17 de octubre de 2022.

Milagros. (2022). Una guía sobre telas de algodón. [En línea]. Disponibles en: <https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/tipos-tela-para-algodon/>. Fecha de consulta: 22 de octubre de 2022.

Morales, G., Tapia, J., Báez, A., Quintero, V., Ramírez, V. & Munive, J. (2022). Infecciones nosocomiales que representan una amenaza apremiante para la salud pública. *Revista Universidad Autónoma de Puebla*, 8(23): 139-154. <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/814/926>

Muñoz, L., Campo, D., Hoyos, M., Obregon, M., Muñoz, J. & Giraldo, G. (2021). Síntesis verde de nanopartículas de ZnO con actividad antibacteriana para funcionalizar textiles de algodón. *Informador Técnico*, 85(2): 126-145. <https://doi.org/10.23850/22565035.3645>

Ong, C. B., Ng, L. Y. & Mohammad, A. W. (2018). A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81: 536-551. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.020>

Pedro, J. J., Zavaleta, G. G., Félix, H. A., Jauregui, S. R., Saldaña, J. A., Mejía, E. V., Tafur, K. A. & Soto, C. M. (2022). Efecto antimicrobiano de las fibras *Vicugna pacos* “alpaca” funcionalizados con nanopartículas de plata. *REBIOL*, 42(1): 29-38. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/4586/5019>

Perera, S., Bhushan, B., Bandara, R., Rajapakse, G., Rajapakse, S. & Bandara, C. (2013). Morphological antimicrobial, durability, and physical properties of untreated and treated textiles using silver nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 436: 975-989. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.08.038>

Pérez, C., Peluffo, G., Giachetto, G., Menchaca, A., Pérez, W., Machado, K., Cristoforone, N., Alamilla, M., Acosta, V., Bruneto, M., Assandri, M., Toscano, B., Telechea, H., Rompani, E., Morosini, F., Taboada, R., Notejane, M., Pacaluk, M., Pujadas, M., Cladera, P., Alqorta, G. & Varela, A. (2020). Concurso: Experiencias exitosas en la prevención y control de infecciones respiratorias. *Archivos de Pediatría del Uruguay*, 91(1): 57-59. [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-12492020000700001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-12492020000700001&script=sci_arttext)

Rojas, S. P., Galeas, S. G. & Guerrero, V. H. (2017). Improvement of silver nanoparticle impregnation on cotton fabrics using a binder. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(45): 109-119. <https://doi.org/10.19053/01211129.v26.n45.2017.6420>

Salaün, F. (2016). Microencapsulation technology for smart textile coatings. *Active Coatings for Smart Textiles*: 179–220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100263-6.00009-5>

Serna, M., Echeverría, L. & Osorio, A. (2017). Compuestos antimicrobiales para textiles y sus métodos de caracterización. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31): 33-54. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a2>

Shaheen, T. I., Naggar, M. E., Abdelgawad, A. M. & Heneish, A. (2016). Durable antibacterial and UV protections of in situ synthesized zinc oxide nanoparticles onto cotton fabrics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 83: 426-432. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.003>

Shahid, I., Butola, B. S. & Mohammad, F. (2016). Silver nanomaterials as future colorants and potential antimicrobial agents for natural and synthetic textile materials. *RCS Advances*, 6(50): 44232-44247.

Siegel, J., Rhinehart, E., Jackson, M. & Chiarello, L. (2007). Guideline for isolation precautions: preventing transmission of infectious agents in healthcare settings. [En línea]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/isolation-guidelines-H.pdf>

Srisod, S., Motina, K., Inprasit, T. & Pisitsak, P. (2018). A green and facile approach to durable antimicrobial coating of cotton with silver nanoparticles, whey protein, and natural

tannin. *Progress in Organic Coatings*, 120: 123-131.

<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.03.007>

Tieffemberg, I., Bonifacio, M., Etcheverry, C. & Villanueva, A. (2018). Nuevos campos de aplicación textil: indumentaria funcionalizada para la salud. Secretaria de investigación. [En línea]. Disponibles en:

<https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/actas/article/view/560/810>

Torres, J., López, J., Chávez, N., Pérez, J. & Ramírez, J. (2021). Uso de nanopartículas de plata para el desarrollo de textiles funcionales. *Revista Internacional de Ingeniería Industrial*, 2(2): 36-46. <http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/article/view/43/26>

Vargas, D. (2015). Carga mundial de infecciones asociadas a la atención sanitaria. *Organización Mundial de la Salud*. [En línea]. Disponibles en: [http://www.who.int/gpsc/country\\_work/burden\\_hcai/es/](http://www.who.int/gpsc/country_work/burden_hcai/es/). Fecha de consulta: 01 de octubre de 2022.

Vázquez, A. R., Vega, A. L. & Paz, B. (2020). Mecanosíntesis y efecto antimicrobiano de óxidos metálicos nanoestructurados. *Mundo nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencia y Nanotecnología*, 11(21). <https://doi.org/10.22201/ceiach.24485691e.2018.21.62545>

Vermeil, T., Peters, A., Kilpatrick, C., Pires, D., Allegranzi, B. & Pittet, D. (2018). Higiene de manos en hospitales: anatomía de una revolución. *Revista de infección hospitalaria*, 101(4): 383-392.

Vilca, J., Rodríguez, J. & Philco, P. (2020). Factores de riesgo asociados a infecciones intrahospitalarias en pacientes críticos. *Revista Médica la Paz*, 26(1): 9-17. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-89582020000100002](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582020000100002)

Zamora, M. B., Edecio, D., Zamora, S. & Pérez, V. M. (2015). Infección nosocomial. Un importante problema de salud a nivel mundial. *Revista Latinoamericana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 62(1): 33– 39. <https://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2015/pt151f.pdf>

Zamora, E. J., Masaquiza, D. A., Gallegos, F. A. & Mayorga, R. (2018). La infección nosocomial. Un reto en las unidades de cuidados intensivos. *Enfermería investiga, Investigación, Vinculación, Docencia y Gestión*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.29033/ei.v3sup1.2018.05>.

Zapata, J., Botero, L., Mejía, M., Escobar, N., Ortiz, I., Galeano, B., Hoyos, L. & Cuesta, D. (2018). Textiles funcionales como barrera de protección ante infecciones asociadas a la

atención en salud. *Revista EIA (Escuela Ingeniería Antioquia)*, 15(29): 13-29.

<https://doi.org/10.24050/reia.v15i29.1166>

Zarzuela, R. (2020). Nanomateriales multifuncionales biocidas y superhidrofóbicos para su uso en textiles antimicrobianos y antimanchas. *Boletín Proyectos IMEYMAT*. [En línea].

Disponible en: <file:///C:/Users/wendy/Downloads/manufr,+ram%C3%B3n+zarzuela.pdf>.

Fecha de consulta: 03 de octubre de 2022. <https://revistas.uca.es/index.php/b-imeymat/article/view/8554/8586>