



▶ ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto antibacterial de nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos del Hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, Tumbes

Antibacterial effect of copper nanoparticles impregnated in medical textiles at the José Alfredo Mendoza Olavarría Hospital, Tumbes

Luis Fernando Fernández Neira¹; Jhon Ypanaque Ancajima¹; José Luis Solís Véliz²

DOI

<https://doi.org/10.30283/3028-9505-2024-02-01>

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el efecto antibacterial de nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos del Hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, Tumbes. **Metodología:** Se realizó un estudio cuantitativo experimental, donde se desarrollaron tres experimentos de uso de chaquetas medicas con nanopartículas de cobre en un uso rutinario de doce horas, en doce médicos del servicio de Gineco Obstetricia del Hospital José Alfredo Mendoza Olavarría de la Región Tumbes, Perú. Posteriormente la tela de la chaqueta medica se cortó en trozos de una 'pulgada cuadrada y se conservó el material en un matraz cónico. Se analizó: crecimiento y resistencia bacteriano en chaquetas control y experimental, Para el análisis estadístico se construyó una base de datos en SPSS, se determinaron las medidas de resumen y tendencias. **Resultados:** Se aislaron un total de 26 cepas bacterianas resistentes a los antibióticos de uso clínico, 7 cepas corresponden a aislamientos de chaquetas médicas funcionalizadas con nanopartículas de Cu y 19 cepas aisladas en chaquetas no funcionalizadas (control). **Conclusión:** Las nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos inhiben el crecimiento bacteriano,

Palabras clave:

Infecciones Asociadas a la Atención Sanitarias; efecto antibacterial; resistencia antimicrobiana; textiles médicos; nano partículas de cobre

ABSTRACT

Objective: To evaluate the antibacterial effect of copper nanoparticles impregnated in medical textiles at the José Alfredo Mendoza Olavarría Hospital, Tumbes. **Methodology:** An experimental quantitative study was carried out, where three experiments were carried out on the use of medical jackets with copper nanoparticles in a routine use of twelve hours, in twelve doctors of the Obstetrics and Gynecology service of the José Alfredo Mendoza Olavarría Hospital of the Tumbes Region, Peru. The fabric of the medical jacket was then cut into pieces one inch square and the material was preserved in a conical flask. The following was analyzed: bacterial growth and resistance in control and experimental jackets. For statistical analysis, a database was built in SPSS, summary measures and trends were determined. **Results:** A total of 26 bacterial strains resistant to antibiotics for clinical use were isolated, 7 strains correspond to isolations from medical jackets functionalized with Cu nanoparticles and 19 strains isolated from non-functionalized jackets (control). **Conclusion:** Copper nanoparticles impregnated in medical textiles inhibit bacterial growth.

Keywords:

Natural and traditional medicine; Educative intervention; knowledge; Medicinal plants.

FILIACIÓN

1. Universidad Nacional de Tumbes, Tumbes, Perú
2. Universidad Nacional de Ingeniería; Lima; Perú

ORCID

1. Luis Fernando Fernández Neira. <https://orcid.org/0000-0002-1972-4290> 
2. Jhon Ypanaque Ancajima. <https://orcid.org/0000-0002-6050-742> 
3. José Luis Solís Véliz. <https://orcid.org/0000-0001-5560-9241> 

CORRESPONDENCIA

Jhon Ypanaque Ancajima
jypanaquea@untumbes.edu.pe

Conflictos de interés: Los autores declaran que no existen conflictos de interés

Financiamiento: Financiamiento de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Declaración de autoría: Los autores declaran cumplir con los criterios de autoría.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.
Cross Ref. DOI: 10.35434/rcmhnaaa
OJS: <https://cmhnaaa.org.pe/ojs>

► INTRODUCCIÓN

Las Infecciones Asociadas a la Atención Sanitaria (IAAS) representan un importante problema de salud a nivel mundial, afectando no solo a los pacientes, sino también a sus familias y a la comunidad. Estas infecciones son una de las principales causas de morbilidad y mortalidad, incrementan los costos de atención en salud y favorecen la diseminación de microorganismos resistentes ⁽¹⁾.

A nivel mundial, más de 1.4 millones de personas contraen infecciones en el hospital. Entre el 5% y el 10% de los pacientes que ingresan a hospitales en países desarrollados adquieren una o más infecciones durante su estadía. En países en desarrollo, el riesgo de contraer una infección relacionada con la atención sanitaria es de 2 a 20 veces mayor que en los países desarrollados ⁽²⁾. En el Perú, cada año más de 4,000 pacientes presentan IAAS ⁽³⁾.

El uso de nanopartículas de cobre es de gran interés biomédico debido a sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes, anticancerígenas y antidiabéticas⁽⁴⁾.

Las batas son ampliamente utilizadas por profesionales de la salud en todos los niveles de atención sanitaria como barreras de protección frente a la exposición a fluidos corporales y agentes infecciosos. Sin embargo, su función protectora puede estar sobreestimada, y la posibilidad de contaminación de las batas y uniformes es alta, especialmente cuando hay deficiencias en la higiene de manos y en la frecuencia de lavado de las prendas⁽⁵⁾.

Es relevante señalar que, en el hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, los médicos usan únicamente uniformes, no batas. En particular, los ginecoobstetras desempeñan gran parte de sus actividades en áreas de alto riesgo de exposición a enfermedades infectocontagiosas, como emergencias, sala de partos, hospitalización y quirófano. A pesar de tener conocimientos teóricos sobre bioseguridad, es común que estos profesionales no cumplan estrictamente con las medidas de protección.

Existen estudios sobre la impregnación de cobre en prendas hospitalarias, los cuales han demostrado su potencial para reducir las IAAS⁽⁵⁾; sin embargo, no se encuentran investigaciones específicas en uniformes de médicos.

Por ello, el objetivo de este estudio es determinar el efecto

antibacteriano de las nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos en el hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, en Tumbes.

► MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño, Población y Muestra

Se llevó a cabo un estudio experimental de enfoque cuantitativo. El diseño fue de posprueba con un grupo experimental y un grupo control, donde solo el grupo experimental recibió el tratamiento de impregnación con nanopartículas de cobre.

La población estuvo conformada por el personal médico del servicio de ginecoobstetricia. Se utilizó un muestreo aleatorio simple a partir de la población conocida, que fue seleccionada en su totalidad, dado que el personal médico del área constaba de doce personas y todos aceptaron participar en el estudio. Por esta razón, no fue necesario realizar un cálculo muestral.

Técnica y Método de Trabajo

Se realizaron tres experimentos con chaquetas médicas impregnadas con nanopartículas de cobre, y en cada grupo experimental se incluyó una chaqueta de control. Posteriormente, la tela de cada chaqueta fue recortada en pequeños trozos de aproximadamente una pulgada cuadrada y almacenada en un matraz cónico, previamente esterilizado, con 100 ml de agua destilada. Se llevaron a cabo ensayos de crecimiento bacteriano, aislamiento para la identificación de bacterias y pruebas de resistencia antibacteriana en las muestras experimentales y de control.

Plan de Procesamiento y Análisis de los Datos

Para obtener las Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g) de cada muestra analizada, se utilizó la fórmula $UFC = \text{Número de colonias por placa}$. Los instrumentos y métodos microbiológicos utilizados en el estudio han sido validados en investigaciones previas ^(6,7).

Programa Estadístico

Se creó una base de datos para registrar los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos. Estos datos fueron ordenados y procesados utilizando el programa estadístico SPSS, versión 23 en español.

Aspectos Éticos

Se coordinó con los médicos del servicio de ginecoobs-

tetricia del Hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, en Tumbes, y se les solicitó su consentimiento informado para participar en el estudio. Además, se obtuvo el permiso del director del hospital y del jefe del departamento de gineco-obstetricia para llevar a cabo la investigación.

▶ RESULTADOS

El efecto antibacterial de las de nano partículas de óxido de cobre impregnadas en textiles médicos han sido evaluadas a través del recuento microbiano. En el primer experimento se puede observar un crecimiento de aproximadamente 2E+04 (23, 280 UFC/g) en la chaqueta control, crecimiento superior al textil con nanopartículas 4E+01 (44 UFC/g); 7E+02 (706 UFC/g); 3E+01 (28 UFC/g). En los experimentos posteriores, el crecimiento en los textiles de control

sin nanopartículas es mayor 1E+02 (139 UFC/g) y 2E+03 (1747 UFC/g) (tabla 1).

Identificación molecular de cepas bacterianas mediante secuenciación del gen 16S ARNr, aisladas a partir de chaquetas médicas funcionalizadas con nanopartículas de Cu (CNP) y no funcionalizadas (SNP). Se aislaron un total de 26 cepas bacterianas, de ellas, solo 7 corresponden a aislamientos a partir de chaquetas médicas funcionalizadas con nanopartículas de Cu y 19 de chaquetas no funcionalizadas.(tabla 2).

Susceptibilidad a los antibióticos en 26 aislados bacterianos a partir de chaquetas médicas funcionalizadas con nanopartículas de Cu (CNP) y no funcionalizadas (tabla 3).

Tabla 1. Efecto antibacterial de nano partículas de óxido de cobre impregnadas en textiles médicos en el Hospital José Alfredo Mendoza Olavarría, Tumbes.

| N° Experimentos | Código de registro | Identificación de la muestra | Recuento microbiano (UFC/g) | | | | | |
|-----------------|--------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------|----------|----------|-------|
| | | | PCA | MacConkey | Agar Manitol Salado | Agar SS | PDA | X2 |
| Experimento 1 | BT110 | M2 | 7E+01 | 2E+01 | 4E+01 | <1.0E+01 | 5E+01 | 4E+01 |
| | BT111 | M4 | 3E+02 | <1.0E+01 | 2E+03 | <1.0E+01 | 6E+01 | 7E+02 |
| | BT112 | M5 | 4E+01 | <1.0E+01 | 3E+01 | <1.0E+01 | 1E+01 | 3E+01 |
| | BT113 | M7 C* | 5E+04 | 1E+03 | 2E+04 | 3E+02 | 4E+04 | 2E+04 |
| Ítem | Código de registro | Identificación de la muestra | Recuento microbiano (UFC/g) | | | | | |
| | | | PCA | MacConkey | Agar Manitol Salado | Agar SS | PDA | X2 |
| Experimento 2 | BT114 | A | 2.30E+01 | <1.0E+01 | 1.70E+01 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | 2E+01 |
| | BT115 | B | 2.30E+01 | <1.0E+01 | 1.30E+01 | <1.0E+01 | 2.00E+01 | 2E+01 |
| | BT116 | C | 1.30E+02 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | 1.30E+01 | 7E+01 |
| | BT117 | D | 1.70E+01 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | 2.30E+01 | 2E+01 |
| | BT118 | E C* | 1.80E+02 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | <1.0E+01 | 9.70E+01 | 1E+02 |
| Ítem | Código de registro | Identificación de la muestra | Recuento microbiano (UFC/g) | | | | | |
| | | | PCA | MacConkey | Agar Manitol Salado | Agar SS | PDA | X2 |
| Experimento 3 | BT143 | M6 | 2.20E+02 | 1.30E+01 | 2.30E+01 | <1.0E+01 | 6.00E+01 | 8E+01 |
| | BT144 | M7 C* | 3.40E+03 | 2.10E+03 | 7.20E+02 | 1.70E+01 | 2.50E+03 | 2E+03 |
| | BT145 | M8 | 2.80E+01 | <1.0E+01 | 1.30E+01 | <1.0E+01 | 2.50E+02 | 1E+02 |

Tabla 2. Características biológicas en textiles médicos (chaquetas) en grupo control y grupo experimental a través de la secuencia miento genético.

| Código de registro | Identificación de la muestra | pb | BLAST | | | EZBioCloud | | |
|--------------------|------------------------------|------|-------------------------------------|----------------|--------------------|--|----------------|-----------------|
| | | | Especie identificada | % de identidad | Número de accesión | Especie identificada | % de similitud | Cepa bacteriana |
| EBTL064 | CNP1 | 1493 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.67 | NR_118997.2 | <i>Staphylococcus argenteus</i> | 99.59 | MSHR1132 |
| EBTL065 | CNP2 | 1405 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | 98.93 | NR_028598.1 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | 99.85 | NCTC8198 |
| EBTL066 | CNP3 | 1472 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | 99.32 | KT989845.1 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | 99.11 | NCTC11047 |
| EBTL067 | CNP4 | 1479 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.80 | AB642256.1 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.52 | ATCC13884 |
| EBTL068 | CNP5 | 1481 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 99.80 | ON359917.1 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 100.00 | JCM5962 |
| EBTL069 | CNP6 | 1482 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.73 | NR_118997.2 | <i>Staphylococcus argenteus</i> | 99.52 | MSHR1132 |
| EBTL070 | CNP7 | 1449 | <i>Escherichia coli</i> | 99.72 | NR_024570.1 | <i>Escherichia coli</i> | 100.00 | ATCC11775 |
| EBTL071 | SNP1 | 1404 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | 99.36 | NR_028598.1 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | 99.85 | NCTC 8198 |
| EBTL072 | SNP2 | 1422 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.51 | MN508958.1 | <i>Staphylococcus argenteus</i> | 99.15 | MSHR1132 |
| EBTL073 | SNP3 | 1467 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.59 | AB642256.1 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.51 | ATCC13884 |
| EBTL074 | SNP4 | 1456 | <i>Escherichia coli</i> | 99.11 | MT263026.1 | <i>Escherichia coli</i> | 99.86 | ATCC 11775 |
| EBTL075 | SNP5 | 1447 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.65 | AB642256.1 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 99.31 | ATCC13884 |
| EBTL076 | SNP6 | 1466 | <i>Shigella flexneri</i> | 99.45 | MK184303.1 | <i>Shigella flexneri</i> | 100.00 | ATCC 29603 |
| EBTL077 | SNP7 | 1433 | <i>Staphylococcus saprophyticus</i> | 99.44 | MH371235.1 | <i>Bacillus s p.</i> | 88.90 | ATCC 14579 |
| EBTL078 | SNP8 | 1405 | <i>Streptococcus agalactiae</i> | 99.57 | MN686586.1 | <i>Streptococcus agalactiae</i> | 99.86 | ATCC 13813 |
| EBTL079 | SNP9 | 1461 | <i>Bacillus cereus</i> | 99.59 | MN456841.1 | <i>Bacillus cereus</i> | 100.00 | ATCC 14579 |
| EBTL080 | SNP10 | 1430 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.79 | CP092475.1 | <i>Staphylococcus argenteus</i> | 99.86 | MSHR1132 |
| EBTL081 | SNP11 | 1480 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.59 | LN871053.1 | <i>Staphylococcus aureus</i> | 99.72 | MSHR1132 |
| EBTL082 | SNP12 | 1461 | <i>Bacillus cereus</i> | 99.66 | MK855405.1 | <i>Bacillus cereus</i> | 99.93 | ATCC 14579 |
| EBTL083 | SNP13 | 1459 | <i>Proteus mirabilis</i> | 99.59 | NR_043997.1 | <i>Proteus mirabilis</i> | 99.72 | ATCC 29606 |
| EBTL084 | SNP14 | 1450 | <i>Escherichia coli</i> | 99.38 | MT263026.1 | <i>Escherichia coli</i> | 100.00 | ATCC11775 |
| EBTL085 | SNP15 | 1499 | <i>Salmonella enterica</i> | 99.26 | NR_041696.1 | <i>Salmonella enterica subsp. arizonae</i> | 99.59 | ATCC 13314 |
| EBTL086 | SNP16 | 1452 | <i>Enterobacter agglomerans</i> | 99.38 | MT605811.1 | <i>Enterobacter agglomerans</i> | 99.79 | DSM 3493 |
| EBTL087 | SNP17 | 1464 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | 99.73 | MT482624.1 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | 98.57 | NCTC 11047 |
| EBTL088 | SNP18 | 1471 | <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | 99.10 | NR_040804.1 | <i>Stenotrophomonas pavarii</i> | 99.10 | DSM 25135 |
| EBTL089 | SNP19 | 1473 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 99.59 | MK875781.1 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 99.66 | JCM 5962 |

Fuente: Muestras de chaquetas control y experimental

CNP = Con nanopartículas = Grupo experimental

SNP = Sin nanopartículas = Grupo control

Tabla 3. Análisis de resistencia bacteriana en los textiles médicos (chaquetas) en grupo control y grupo experimental.

| Identificación de la muestra | Especie bacteriana | Sensibilidad antibiótica | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|---------------------|-----------------------|--------------------------|
| | | Cloranfenicol (30 ug) | Amoxicilina + ácido clavulánico (30 ug) | Ceftriaxona (30 ug) | Ciprofloxacino (5 ug) | Sulfatrimetoprim (25 ug) |
| CNP1 | <i>Staphylococcus aureus</i> | Sensible | Resistente | Intermedio | Sensible | Sensible |
| CNP2 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | Sensible | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible |
| CNP3 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | Sensible | Resistente | Intermedio | Sensible | Sensible |
| CNP4 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | Sensible | Resistente | Sensible | Sensible | Intermedio |
| CNP5 | <i>Pseudomonas aureginosa</i> | Sensible | Resistente | Resistente | Sensible | Sensible |
| CNP6 | <i>Staphylococcus aureus</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Intermedio | Sensible |
| CNP7 | <i>Escherichia coli</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Intermedio |
| SNP1 | <i>Streptococcus pyogenes</i> | Sensible | Resistente | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP2 | <i>Staphylococcus aureus</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP3 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | Resistente | Resistente | Sensible | Sensible | Resistente |
| SNP4 | <i>Escherichia coli</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Resistente |
| SNP5 | <i>Klebsiella pneumoniae</i> | Resistente | Resistente | Sensible | Sensible | Resistente |
| SNP6 | <i>Shigella flexneri</i> | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP7 | <i>Staphylococcus saprophyticus</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP8 | <i>Streptococcus agalactiae</i> | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP9 | <i>Bacillus cereus</i> | Sensible | Sensible | Resistente | Sensible | Resistente |
| SNP10 | <i>Staphylococcus aureus</i> | Sensible | Resistente | Sensible | Sensible | Resistente |
| SNP11 | <i>Staphylococcus aureus</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP12 | <i>Bacillus cereus</i> | Sensible | Sensible | Intermedio | Sensible | Resistente |
| SNP13 | <i>Proteus mirabilis</i> | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP14 | <i>Escherichia coli</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP15 | <i>Salmonella enterica</i> | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP16 | <i>Enterobacter agglomerans</i> | Sensible | Intermedio | Resistente | Sensible | Resistente |
| SNP17 | <i>Staphylococcus epidermidis</i> | Sensible | Intermedio | Sensible | Sensible | Sensible |
| SNP18 | <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | Sensible | Sensible | Sensible | Sensible | Intermedio |
| SNP19 | <i>Pseudomonas aureginosa</i> | Sensible | Intermedio | Resistente | Sensible | Intermedio |

Fuente: Muestras de chaquetas control y experimental

CNP = Con nanopartículas = Grupo experimental

SNP = Sin nanopartículas = Grupo control

DISCUSIÓN

La hipótesis planteada en este estudio sugiere que las nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos poseen un efecto antibacteriano significativo. Este efecto se ha documentado previamente como inhibitorio frente a una amplia variedad de bacterias, incluidas aquellas de relevancia clínica asociadas con brotes de infecciones intrahospitalarias.

En este estudio, la Tabla 1 evidencia el efecto antibacteriano de las nanopartículas de óxido de cobre impregnadas en textiles médicos, evaluado mediante el recuento de unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) en los experimentos realizados. En el primer experimento, el crecimiento bacteriano en las chaquetas de control alcanzó 23,280 UFC/g (aproximadamente 2×10^4 veces $10^4 \times 10^4$), mientras que en las chaquetas impregnadas con nanopartículas se observaron recuentos significativamente menores: 44 UFC/g, 706 UFC/g y 28 UFC/g, respectivamente. En experimentos posteriores, los textiles de control mostraron recuentos de 139 UFC/g y 1747 UFC/g, evidenciando consistentemente una reducción significativa del crecimiento bacteriano en los textiles funcionalizados con nanopartículas de cobre.

Estudios previos han demostrado que la impregnación de óxido de cobre en ropa de cama y prendas hospitalarias es eficaz para reducir la carga microbiana, contribuyendo así a disminuir la incidencia de infecciones asociadas a la atención sanitaria (IAAS)⁽⁸⁻¹⁰⁾. Los mecanismos antimicrobianos propuestos incluyen la inducción de estrés oxidativo mediante la formación de peróxidos, que dañan el ADN y las estructuras microbianas, así como la liberación de iones metálicos que interfieren con la membrana celular, causando su impermeabilización y posterior muerte⁽¹¹⁾.

Markovic et al.⁽¹²⁾ demostraron en un estudio con nanocompuestos textiles basados en cobre sintetizados in situ en tejidos de algodón que estos materiales ofrecen una reducción significativa frente a bacterias como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Estos efectos se atribuyen a la liberación controlada de iones Cu^{2+} en soluciones fisiológicas, condición esencial para la prevención de infecciones.

En nuestro estudio, la Tabla 2 detalla la actividad antimicrobiana evaluada mediante la secuenciación del gen 16S ARNr, identificando 26 cepas bacterianas aisladas: 7 de

chaquetas funcionalizadas con nanopartículas de cobre (CNP) y 19 de chaquetas no funcionalizadas (SNP). Las chaquetas funcionalizadas demostraron un menor aislamiento bacteriano tras ser utilizadas por profesionales de salud durante turnos de 12 horas, lo que evidencia su eficacia en inhibir el crecimiento microbiano. Este efecto podría explicarse por la liberación de iones Cu^{2+} de las nanopartículas, que interactúan con los microorganismos generando estrés oxidativo y un efecto bactericida⁽¹⁵⁾.

Diversos autores han reportado que concentraciones de nanopartículas de cobre superiores al 9.5% logran un efecto bactericida contra *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *S. aureus*. Este efecto es dependiente del tiempo de exposición y la dosis utilizada, siendo estos factores críticos para su eficacia^(13,14).

La Tabla 3 muestra el árbol filogenético de las cepas aisladas y su susceptibilidad antibiótica. De las chaquetas funcionalizadas se identificaron cepas como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus epidermidis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*. Varias de estas cepas fueron resistentes a la combinación de amoxicilina y ácido clavulánico (30 μg). En las chaquetas no funcionalizadas, se aislaron bacterias como *Salmonella enterica*, *Shigella flexneri*, *Proteus mirabilis* y *Bacillus cereus*, con resistencia destacada a ceftriaxona (30 μg), particularmente en *Pseudomonas aeruginosa*.

Aunque no se encontraron estudios previos específicamente en chaquetas médicas o uniformes, investigaciones similares en ropa hospitalaria respaldan los hallazgos de este estudio. Una limitación importante fue el tamaño reducido de la muestra; sin embargo, los resultados son válidos para la población estudiada y respaldan la funcionalidad de las nanopartículas de cobre como estrategia efectiva para reducir el riesgo de IAAS.

La aplicación de estos textiles médicos funcionalizados con nanopartículas de cobre podría representar un avance significativo en la prevención de infecciones intrahospitalarias, contribuyendo a la seguridad de pacientes y profesionales de la salud en contextos de alta exposición.

Establecer una vigilancia activa en relación con las infecciones nosocomiales posibilita conocer cuáles son las

infecciones más frecuentes en el hospital, detectar oportunamente los brotes epidémicos y tomar las medidas adecuadas para el control de estas infecciones. También se puede disminuir la incidencia de infecciones asociadas a los servicios de salud.^(16,17) De otro lado se recomienda adoptar tecnología textil no solo en el paciente sino el principal vector de enfermedades (profesional de salud) creando no solo una barrera protectora de infecciones, sino una barrera bifuncional, de inhibición de transmisión.

Las nanopartículas de cobre impregnadas en textiles médicos inhiben el crecimiento bacteriano, siendo funcionales en el crecimiento de cepas patógenas. por lo tanto, es importante una adopción de medidas de vigilancia epidemiología molecular bacteriana a fin de reducir brotes de enfermedades hospitalarias, impactando así en las mejoras de prevención y tratamiento de las mismas

▶ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baños ZM, Somonte ZDE, Morales PV. Infección nosocomial. Un importante problema de salud a nivel mundial. *Rev Mex Patol Clin Med Lab*. 2015;62(1):33-9.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT); Organización Mundial de la Salud (OMS). Prevención primaria, secundaria y terciaria. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Ginebra: OMS; 2018. Informe Técnico: XXXIII. Disponible en: <https://www.imf-formacion.com/.../prevención.../prevención-primaria-secundaria-y-terciaria>
- Távora SP, Villena Pérez R, Muro Exebio I del R. Conocimiento de las enfermeras sobre Infecciones Intrahospitalarias en el Hospital Regional Lambayeque, Chiclayo, Perú. *Cietna [Internet]*. 2018 [citado 2022 Oct 13];4(2):39-49. Disponible en: <https://revistas.usat.edu.pe/index.php/cietna/article/view/18>
- Flores Rábago KM. Biosíntesis de nanopartículas de cobre: caracterización, evaluación de biocompatibilidad y propiedades antimicrobianas [Tesis de Maestría en Ciencias]. Ensenada, Baja California: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada; 2022. 56 p.
- Schneider G, Bim FL, Sousa Álvaro FL de, Watanabe E, Andrade D de, Fronteira I. Utilização de têxteis impregnados com antimicrobianos nos serviços de saúde: revisão integrativa. *Rev Lat Am Enfermagem [Internet]*. 2021 [citado 2022 Oct 13];29. Disponible en: <https://www.revistas.usp.br/rlae/article/view/185120>
- Del Socorro Aguilar GR. Síntesis Nanopartículas Cu por Reducción Química. Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, UMSNH; 2019. p. 1-5.
- Pugazhendhi A, Saravanan M. Photocatalytic properties and antimicrobial efficacy of Fe doped CuO nanoparticles against pathogenic bacteria and fungi. *Microb Pathog*. 2018;122:84-9.
- Marcus EL, Yosef H, Borkow G, Caine Y, Sasson A, Moses AE. Reduction of health care-associated infection indicators by copper oxide-impregnated textiles: crossover, double-blind controlled study in chronic ventilator-dependent patients. *Am J Infect Control*. 2017;45(4):401-3. doi: 10.1016/j.ajic.2016.11.022
- Sifri CD, Burke GH, Enfield KB. Reduced health care-associated infections in an acute care community hospital using a combination of self-disinfecting copper-impregnated composite hard surfaces and linens. *Am J Infect Control*. 2016;44(12):1565-71. doi: 10.1016/j.ajic.2016.07.007
- Lazary A, Weinberg I, Vatine JJ, Jefidoff A, Bardenstein R, Borkow G, et al. Reduction of healthcare-associated infections in a long-term care brain injury ward by replacing regular linens with biocidal copper oxide impregnated linens. *Int J Infect Dis*. 2014;24:23-9. doi: 10.1016/j.ijid.2014.01.022
- Javadhesari SM, Alipour S, Mohammadnejad S, Akbarpour MR. Antibacterial activity of ultra-small copper oxide (II) nanoparticles synthesized by mechanochemical processing against *S. aureus* and *E. coli*. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2019;105:110011. doi: 10.1016/j.msec.2019.110011
- Marković D, Deeks C, Nunney T, Radovanović Ž, Radoičić M, Šaponjić Z, et al. Antibacterial activity of Cu-based nanoparticles synthesized on cotton fabrics modified with polycarboxylic acids. *Carbohydr Polym*. 2018;200:173-82.
- Ungur G, Hrúza J. Influencia del óxido de cobre en la formación de nanofibras de poliuretano mediante electrohilado. *Fibras Polim*. 2015;16:621-8. doi: 10.1007/s12221-015-0621-9.
- Ungur G, Hrúza J. Influencia del óxido de cobre en la formación de nanofibras de poliuretano mediante electrohilado. *Fibras Polim*. 2015;16:621-8. doi: 10.1007/s12221-015-0621-9.
- Sathiyavimal S, Vasantharaj S, Veeramani V, Saravanan M, Rajalakshmi G, Kaliannan T, et al. Ruta química verde de nanopartículas de óxido de cobre biosintetizadas utilizando extracto de hoja de *Psidium guajava* y su actividad antibacteriana y eliminación efectiva de tintes industriales. *J Environ Chem Eng*. 2021;9:105033. doi: 10.1016/j.jece.2021.105033
- Pérez Estrada FA, Martínez Rodríguez I, Rojas Borroto CA, Mato Hernández Y, Pérez Roman E. Infección nosocomial en unidades de cuidados intensivos. *Rev Cub Med Int Emerg*. 2014;13(2):116-25.
- Hechavarría Souly JC, Suárez Domínguez R, Armaignac Ferrer G, Del Pozo Hessing C. Infección nosocomial en la Unidad de Cuidados Intensivos. *MEDISAN [Internet]*. 2001 [citado 2014 Aug 8];5(4):[aprox. 5 p.]. Disponible en: http://www.rev-mie.sld.cu/index.php/mie/article/view/475/html_191