



Received: 01-03-2017
Accepted: 12-03-2017

Materiales e innovación en arquitectura sanitaria: cobre, barrera antibacteriana para espacios sanitarios Materials and innovation in sanitary architecture: copper, antibacterial barrier for sanitary spaces

¹Paula Aillón García, ¹Consuelo Acha Román, ²Julián Manuel Domínguez Fernández

¹Universidad Politécnica de Madrid (paula.aillon@gmail.com, consolacionana.acha@upm.es), ²Hospital Universitario de Ceuta (jdominguezf@medynet.com)

Resumen— La inclusión del cobre como material antibacteriano en la arquitectura sanitaria ayuda a resolver la gran paradoja que existe en los servicios asistenciales; entrar a servicios de salud para sanarse de una enfermedad puntual y adquirir enfermedades de riesgo de muerte. Esta investigación demuestra la eficacia del cobre en formato laminar en vez de sólido, haciendo mediciones de **E** bacteriana superficial a costos reducidos, sin necesidad de cambios de mobiliario ni obras.

Palabras clave— Cobre, superficie antibacteriana, infecciones intrahospitalarias, arquitectura sanitaria.

Abstract- The inclusion of copper as an antibacterial material in health architecture helps to solve the great paradox that exists in healthcare services; enter health services to heal from a specific illness and acquire life-threatening diseases. This research demonstrates the effectiveness of copper in laminar format instead of solid, making measurements of ATP with luminometry, opening a feasible way for copper as an antibacterial coating and endowing its superficial antibacterial property at reduced costs, without the need for furniture changes or works.

Index Terms— Copper, antibacterial surface, nosocomial infections, sanitary architecture.

I. INTRODUCCIÓN

El binomio hombre - cobre se conoce desde 10.000 años aproximadamente, cuando el ser humano evolucionó a los metales, abandonando las herramientas de piedra y

comenzó a utilizar el cobre para desarrollar nuevas tecnologías.

Existen registros del conocimiento empírico de la propiedad antibacteriana del cobre. Como por ejemplo su uso para preservar agua, alimento y para manufactura de instrumental quirúrgico. También existe evidencia del uso del cobre para calmar malestares físicos y heridas de batallas.

A comienzos del siglo XX, previo a la era de antibióticos, el cobre era empleado en patologías infecciosas, y anterior a esto en el S. XVII ya se observaba su efectividad para combatir plagas y hongos de cultivos agrícolas.

P. Aillón es doctoranda del programa DCTA de la Universidad Politécnica de Madrid.

C. Acha es profesora del departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la E.T.S. de Arquitectura (U.P.M.) de Madrid.

J.M. Domínguez es dr. Especialista en Medicina Preventiva, Salud Pública y Medicina del Trabajo, del Hospital Universitario de Ceuta.

El cobre siempre ha estado ligado a los avances del hombre, a los grandes cambios de las civilizaciones; como también a la historia de la salud, tratamientos médicos y a la tecnología.

Actualmente el cobre destaca por sus características de resistencia, durabilidad, reciclable y su alta conductividad térmica y eléctrica, propiedades que garantizan su vigencia como una materia prima esencial para el funcionamiento eléctrico y de maquinarias. Sin embargo, su capacidad antibacteriana es desconocida por gran parte de la población.

Dicha propiedad lo hace invencible ante otros metales y aleaciones para espacios clínicos, siendo el único que mantiene dicha propiedad más allá de los ambientes de humedad y temperatura controlada, y persiste en ambientes de uso reales, como en el caso de espacios en la arquitectura sanitaria (Michels, 2008).

Desde 2008, el cobre (Cu) es la única superficie sólida de contacto registrada por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU por sus siglas en inglés) capaz de eliminar continuamente bacterias que causan infecciones y enfermedades sanitarias,

Así es como después de estudios de laboratorio además de ensayos clínicos, se certifica el cobre como el material antibacteriano más eficiente como superficie de contacto. Además su efectividad antibacteriana del 99%, lo convierte en el material idóneo para implementarlo en diseños sanitarios, siendo un aporte real y efectivo para la disminución de enfermedades nosocomiales, ya sea en formato de cobre sólido, o mediante nuevos materiales con cobre contenido que cumplen los estándares de sus pruebas, matando al 99,9% de las bacterias presentes (Monk, 2014).

Las mejoras en el diagnóstico y tratamientos de enfermedades, y los avances en el control de enfermedades infecciosas han condicionado la imagen y organización actual interior y exterior de los espacios de salud. Se ha creado la necesidad de diseños innovadores y soluciones constructivas que mejoren el ambiente hospitalario (Yang, 2006). Durante este periodo de cambios, la elección de materiales empleados no ha sido considerado relevante para combatir las infecciones intrahospitalarias, no siendo un aporte a la disminución de carga bacteriana de los espacios sanitarios.

II. SUPERFICIES DE COBRE EN RECINTOS SANITARIOS

Son hasta el momento aproximadamente 450 aleaciones en las que persiste la propiedad antimicrobiana, y con las que se puede afirmar que eliminan el 99.9% de las bacterias causantes de enfermedades en un plazo de dos horas, siendo un aporte a los protocolos de higiene y aseo de cada recinto asistencial.

El uso de cobre es un mecanismo de apoyo de los protocolos de desinfección de cada recinto asistencial, y no intenta sustituir los procesos habituales para el control de

infecciones, ni a las prácticas de higiene actual. Las superficies se deben limpiar y desinfectar según las prácticas estándar. La inclusión del cobre como barrera sanitaria implica intervenir y eliminar las bacterias que se transmiten de superficie en superficie mediante el contacto de manos, llevando patógenos de un ambiente a otro. El cobre ayuda a la seguridad ambiental al ser un material autolimpiante, además de ser un mecanismo de efecto duradero en el tiempo ya que la propiedad antibacteriana no desaparece ni disminuye con el uso.

De acuerdo a los experimentos realizados en laboratorios se ha concluido que existe una relación entre el Cu y la baja de cuerpos patógenos (Kappes, 2012).

De forma continua el cobre anula eficientemente las bacterias que causan infecciones. De acuerdo con los resultados publicados, se reduce en un 58% la tasa de contagio de estas infecciones en unidad de cuidado intensivo (UCIs) (Salgado, 2013).

Estos ensayos clínicos en hospitales demuestran el beneficio de cobre en condiciones reales de uso (Grass, 2011).

Se han llevado a cabo ensayos en países como Chile, China, Finlandia, Alemania, EEUU y otros. En el caso de EEUU se han realizado intervenciones financiadas por el departamento de Defensa, a cargo del Centro de Investigaciones de Telemedicina y Tecnologías Avanzadas TATRC.

También se han llevado a cabo ensayos en diferentes tipos de recintos médicos (salas geriátricas, UCIs, habitaciones de pacientes, etc.) y han dado resultados positivos similares en todos ellos. También se ha observado un efecto halo, es decir, una menor contaminación en las proximidades de las superficies de cobre.

III. COMPARATIVA DE MATERIALES: COBRE V/S ACERO INOXIDABLE

En estudios realizados, el cobre mata las bacterias y el acero inoxidable permite que se mantengan en el ambiente de forma constante (Michels, 2009).

Ambos metales fueron inoculados con cepas de enfermedades presentes en asistencias sanitarias.

En las pruebas de eficacia como desinfectante y de autolimpieza residual se observó una reducción de bacterias superior al 99.9% en 207 de las 216 pruebas. La reducción observada en el resto de pruebas oscilan entre el 99.3% y el 99.9%.

Estos resultados demuestran que la respuesta antimicrobiana de las aleaciones de cobre es eficaz y duradera, a diferencia del acero inoxidable, donde el número de bacterias se mantiene constante en el tiempo.

Las comparaciones se hicieron con cepas que frecuentemente se encuentran en ambientes hospitalarios, como lo son el MRSA (Methicillin-resistant Staphylococcus

Aureus), E. coli, o Enterobacter aerogenes.

IV. DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental consiste en una instalación de revestimientos de superficies de cobre antimicrobiano laminar de 50 micras para una unidad de hospitalización para paciente crítico (UCI) del Hospital Universitario de Ceuta, gestionado por Ingesa.

El material se dispuso en una unidad UCI durante 5 semanas, para posterior medición de carga bacteriana por luminiscencia, al medir ATP (adenosin trifosfato) presente en todas la células vegetales, animales o bacterianas con el luminómetro.

A. Objetivo principal

El objetivo principal es demostrar la efectividad en la reducción de la carga bacteriana mediante la inclusión del cobre como material de superficie de contacto en formato laminar, prescindiendo de obras para la implementación, y sin necesidad de hacer cambios en el mobiliario. Validando la presencia del cobre laminar frente a otros materiales comúnmente empleados como superficies de contacto en situación sanitaria, como es por ejemplo, el acero inoxidable.

Para el desarrollo de este trabajo se ha utilizado láminas de cobre puro de 50 micras de espesor, luminómetro 3M Clean-Trace y tórculas 3M Clean trace (Fig.1).



Fig. 1. Luminómetro y tórcula utilizados.

B. Metodología

a) Etapa A

Estudio fotográfico previo de formas y materialidades y usos de los objetos susceptibles a intervención.

La elección de objetos a intervenir corresponde a los objetos que habitualmente son manipulados por personal médico, basando la elección en estudios clínicos previos.

La numeración y orden de la Tabla 1 se mantiene durante todo el documento.

TABLA I
OBJETOS INTERVENIDOS EN UCI.

1.	Pulsador luz
2.	Torre manilla lateral
3.	Baranda cama
4.	Columna médica
5.	Carro cajoneras
6.	Tirador cajón torre
7.	Carro del paciente
8.	Jabonera
9.	Sillón visitas

La fabricación de las piezas se hizo en un taller dentro del recinto asistencial, facilitando el acopio de las piezas para ser llevadas a terreno de forma ágil y sencilla. El tiempo de diseño y fabricación de las piezas de cobre fue de dos días. La intervención para la aplicación del material tomó 2 horas y media (Fig. 2).



Fig. 2. Intervención del objeto 7.

Las aplicaciones de cobre se instalan recubriendo las superficies y objetos frecuentemente tocados en las proximidades del paciente dentro de su habitación.

Los objetos que han sido intervenidos con cobre laminar pertenecen a la sala UCI intervenida y no saldrán de esta bajo ningún motivo, ya que cada sala cuenta con los mismos elementos.



Fig. 3. Sala UCI intervenida con material de cobre laminar.



Fig. 4. Objetos con aplicación de cobre en etapa B.

El único objeto que no es propio de la sala UCI intervenida es la camilla (Fig. 3). Debido a la naturaleza de la Unidad de Cuidados Intensivos, las camillas rotan de sala dependiendo de las necesidades de los pacientes ingresados, como también entran y salen de la Unidad de Cuidados intensivos.

b) Etapa B

Corresponde a las 5 semanas en las que el material está en la UCI del Hospital de Ceuta para su uso, por parte de pacientes y personal médico en los distintos objetos intervenidos de la sala. En este periodo la Unidad de Cuidados Intensivos ha sido higienizada de acuerdo a los protocolos habituales diarios y de alta de pacientes.

La sala UCI intervenida con cobre laminar no ha tenido un procedimiento diferente para la higienización del recinto, y el protocolo estándar de la unidad ha sido replicado en la sala con cobre (Fig. 4).

c) Etapa C

Corresponde a las mediciones de carga bacteriana mediante bioluminiscencia con el luminómetro y tómulas 3M.

La toma de muestras se realizó 5 semanas después de la intervención de los objetos elegidos, para asegurar el uso de la sala intervenida por pacientes y personal médico (Fig. 5).



Fig. 5. Toma de muestra del objeto 3 intervenido.

Se efectuaron medidas ATP por bioluminiscencia en los objetos modificados con cobre.

También se realizaron tomas de muestra para medición de ATP en objetos de otras salas de la Unidad, replicando el muestreo que se realizó en la sala intervenida.

Los objetos de las otras salas no han sido modificados con cobre, estando una de las habitaciones con paciente, y la otra sin paciente.

Al momento de la muestra, la sala intervenida con cobre estaba sin paciente. La sala intervenida albergó pacientes durante la etapa B del presente documento (Tabla 2).

TABLA II
MUESTREO OBJETOS EN UCIS INTERVENIDA Y SIN INTERVENIR.

	OBJETOS	SALAS MUESTREADAS		
		Con cobre	Sin cobre Sin pac.	Sin cobre Con pac.
1	Pulsador luz	41	205	1672
2	Torre manilla lateral	11	21	45
3	Baranda cama	45	331	778
4	Columna médica	44	156	172
5	Carro cajoneras	19	94	149
6	Tirador cajón torre	86	14	87
7	Carro del paciente	19	32	94
8	Jabonera	24	34	603
9	Sillón visitas	29	315	636

V. RESULTADOS

La reducción de la carga bacteriana en los objetos intervenidos con cobre fue significativa en relación a las salas sin intervenir (Fig. 6). Además, como se puede observar en la figura 6, la reducción más significativa se produjo en el objeto intervenido número 1.

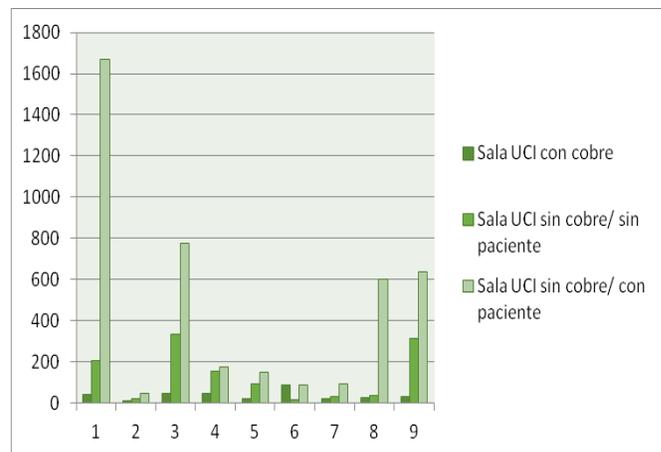


Fig. 6. Carga bacteriana de objetos elegidos en salas UCI's.

Por otro lado, la reducción promedio es significativa en comparación con ambas salas sin cobre (Fig. 7). Si bien, debido al uso constante de la sala UCI con paciente las mediciones son más elevadas, la carga de la UCI intervenida es menor a la de la sala no intervenida y sin paciente.

Los resultados obtenidos son los siguientes: la carga promedio de la UCI intervenida corresponde a un 31,6 ATP; la carga promedio de la UCI sin intervenir y sin pacientes es de 120,2 ATP; la carga promedio de la UCI sin intervenir y con pacientes es la más alta, correspondiendo a 423,6 ATP.

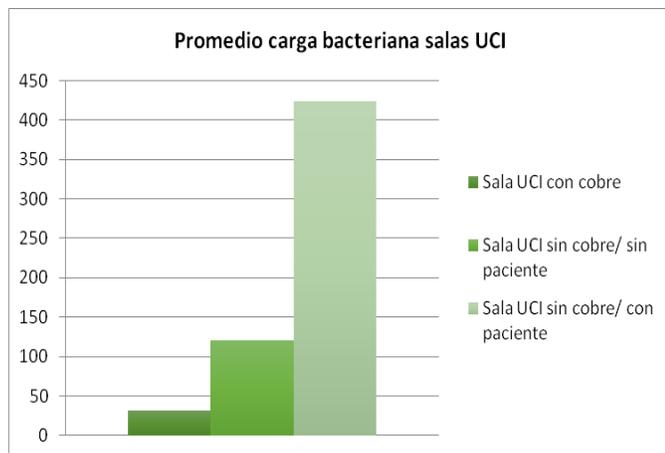


Fig. 7. Carga bacteriana promedio en salas UCI's.

Todo lo anterior se corresponde con una reducción de la carga de la UCI con cobre versus la UCI sin intervenir y sin pacientes corresponde a un 73,5%; una reducción de la carga en la UCI con cobre versus la UCI sin intervenir pero con pacientes corresponde a un 92,5% y con una reducción promedio de un 83%.

La media aritmética en las mediciones de la sala con cobre fue de 33 ATP; de 126,3 ATP en las cercanías de la lámina; de 127,4 en la sala sin cobre y sin pacientes; y de 561,45 en la sala sin cobre y con pacientes. Desviaciones típicas respectivamente de 22,5; 255,62; 113,2; y 580,19.

Las diferencias fueron significativas para $p < 0,05$:

- 1.- Entre las mediciones en la sala con cobre respecto a la sala sin cobre y sin pacientes;
- 2.- Entre la sala con cobre y la sala sin cobre y con pacientes;
- 3.- Entre las mediciones en las cercanías de la lámina y la sala sin cobre y con pacientes; y también
- 4.- Entre la sala sin cobre y sin pacientes respecto a la sala sin cobre y con pacientes.

VI. CONCLUSIONES

El resultado favorable del uso de láminas de cobre antibacteriano para la disminución de la carga bacteriana responsable de enfermedades nosocomiales, consolidan al cobre como material idóneo para espacios sanitarios.

El formato laminar ha permitido que la intervención haya sido compatible con el uso normal de la UCI por parte del personal sanitario y de los pacientes, ya que la intervención precisó de dos visitas, ambas de 2 horas cada una. La primera para la confirmación de medidas y la segunda para la ejecución de la intervención.

La intervención no intervino con horarios ni tratamientos de quienes habitúan la Unidad de Cuidado Intensivo del Hospital, siendo poco invasiva, insonora y sin obras.

La reducción significativa del 83% confirma la alta eficacia del cobre laminar, como también confirma que la antimicrobiana es una propiedad superficial del cobre, reforzando la idea de intervenir los espacios sanitarios en este formato en vez de cobre macizo.

El cobre antibacteriano laminar abre la posibilidad de reforzar los protocolos actuales de higiene con el mínimo de material, sin sacrificar el mobiliario existente, añadiendo su propiedad antibacteriana sin reformas, de forma rápida, eficiente y efectiva a objetos dentro de espacios sanitarios, que debido a su naturaleza son el lugar idóneo para hongos, virus y bacterias.

El menor uso de material de cobre, el aprovechamiento del mobiliario existente y la rapidez de la instalación, abre una nueva forma de intervenir los espacios sanitarios reduciendo la carga bacteriana a un costo inferior a la inclusión del cobre macizo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Hospital de Ceuta por facilitar sus instalaciones para albergar este estudio, como también al personal médico y a pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos de este centro asistencial. También a la empresa chilena JBG Innovative SpA (Cunov) por el material y la disposición para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

- Grass, G. (2011). *Applied and Environmental Microbiology*, Metallic copper as an antimicrobial surface, vol. 77, no. 5, pp.1541-1547.
- Kappes, T. (2012). *Revista Chilena De Infectología : Órgano Oficial De La Sociedad Chilena De Infectología*, Copper activity against multiresistant gram negative bacilli isolated from chilean hospitals, vol. 29, no. 6, pp.622- 627.
- Michels, H. T. (2008). *Copper Development Association Inc, International Journal of Metalcasting*, Antimicrobial properties of copper alloy surfaces, with a focus on hospital-acquired infections, vol. 2, no. 3, pp. 47–56.
- Michels, H. T. (2009). *Letters in applied microbiology*, Effects of temperature and humidity on the efficacy of methicillin- resistant *Staphylococcus aureus* challenged antimicrobial materials containing silver and copper, vol. 49, no. 2, pp. 191-195.
- Monk, A. (2014). *BMC Microbiology*, Potent bactericidal efficacy of copper oxide impregnated non-porous solid surfaces, vol.14, pp.57.
- Salgado, C. D. (2013). *Infection Control and Hospital Epidemiology*, Copper Surfaces Reduce the Rate of

Healthcare-Acquired Infections in the Intensive Care Unit, vol. 34, no. 5, pp. 479- 486.

Yang, J. (2006). Association of Researchers in Construction Management, ARCOM, Innovative design and construction solutions for improved therapeutic healing environments, Procs 22nd Annual ARCOM Conference, 2, pp. 959-968.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.