

Galván Contreras, Rafael¹ Luna Gordillo, Rufino¹
 Valencia Santaella, Jasibe² Segura Cervantes, Enrique¹
 Lozano Martínez, Keila E.¹ Villeda Gabriel, Graciela³
 Villegas Mota, Isabel¹ Solórzano Santos, Fortino⁴
 Cabrera Sánchez, Claudia E.¹

Eficacia del peróxido de hidrógeno para efectuar la descontaminación ambiental hospitalaria

Hydrogen peroxide efficacy to carry out hospital environmental decontamination

Fecha de aceptación: septiembre 2023

Resumen

El ambiente hospitalario refleja un elevado riesgo de diseminación de microorganismos. Se requiere innovar en estrategias de prevención de dichas infecciones. Entre las nuevas técnicas de limpieza está el peróxido de hidrógeno, que es un agente voluble, es efectivo en todo pH y posee un potencial de oxidación alto, disminuye o elimina la carga de gérmenes sobre cualquier organismo o superficie.

MATERIAL Y MÉTODOS. Estudio transversal, analítico y prospectivo. Se analizaron 25 muestras previas a la descontaminación y 25 muestras posteriores al mismo proceso con peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01%. Para la evaluación se utilizó prueba McNemar.

RESULTADOS. En 23 de 25 muestras no se encontraron microorganismos (sin desarrollo luego de la intervención), con resultados negativos de 92% ($p < 0.0001$) a las 48 horas y sólo en dos de 20 (8%) muestras se mantuvo el desarrollo de las mismas bacterias, sin el efecto descontaminante esperado.

CONCLUSIÓN. La descontaminación con peróxido de hidrógeno y plata en espacios cerrados, utilizando equipo especializado de aspersión durante 10 minutos de exposición resultó eficaz para disminuir y eliminar la carga bacteriana de superficies hospitalarias, sin embargo, no sustituye la técnica de limpieza convencional.

Palabras clave: *peróxido de hidrógeno, plata, descontaminación, desinfección, esterilización, infecciones asociadas a la atención en salud.*

Abstract

The hospital environment favors a high risk of dissemination of microorganisms. It is necessary to include different strategies to prevent such infections. Among new cleaning techniques hydrogen peroxide has been proposed.

MATERIAL AND METHODS. Cross-sectional, analytical and prospective study. Total of 25 samples prior to decontamination and 25 samples after the same process with 5% hydrogen peroxide and 0.01% silver. For the evaluation, the McNemar test was used.

RESULTS. In 23/25 samples the absence of microorganisms was obtained (without post-intervention development), with 92% ($p < 0.0001$) negativity at 48 hours and in 2/20 (8%) of the samples the same bacteria development was maintained.

CONCLUSION. Decontamination with hydrogen peroxide and silver in closed spaces, using specialized spray equipment for 10 minutes of exposure, was effective in reducing and eliminating the bacterial load on hospital surfaces; however, it does not replace the conventional cleaning technique.

Keywords: *hydrogen peroxide, silver, decontamination, disinfection, sterilization, infections associated with health care.*

¹ Unidad de Enfermedades Infecciosas y Epidemiología, Instituto Nacional de Perinatología, Ciudad de México

² Hospital General de Zona 2-A Troncoso, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México

³ Laboratorio de Microbiología, Instituto Nacional de Perinatología, Ciudad de México

⁴ Unidad de Investigación en Enfermedades Infecciosas, Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México

Correspondencia: Dr. Rafael Galván Contreras
 Unidad de Enfermedades Infecciosas y Epidemiología, Instituto Nacional de Perinatología, Ciudad de México

Dirección electrónica: rafagsx@gmail.com

Introducción

La evidencia respalda el papel del entorno superficial contaminado en la transmisión de patógenos asociados a la atención sanitaria, ya que las superficies de las habitaciones de pacientes colonizados o infectados suelen estar contaminadas. Algunos agentes patógenos son capaces de sobrevivir en las superficies de habitaciones y equipos médicos durante un periodo prolongado (días a semanas para norovirus, *C. difficile* y *C. auris*).¹

El contacto del personal de salud con superficies de habitaciones de hospital o equipos médicos frecuentemente conduce a la contaminación de guantes y a la colonización de las manos. El paciente que ingresó en una habitación previamente ocupada por un enfermo colonizado o infectado con algún patógeno (SARM, ERV, *C. difficile*, *Acinetobacter* sp.) tiene una probabilidad sustancialmente mayor de desarrollar colonización o infección con ese patógeno.¹

Mantener las superficies limpias y desinfectadas logra reducir hasta en 99% el número de microorganismos existentes, mientras que en las superficies que sólo se limpiaron, la disminución de los microorganismos existentes es de 80%. En múltiples artículos médicos se ha evaluado la necesidad de seleccionar los materiales desinfectantes más adecuados para destinarlos a procesos de desinfección del equipo biomédico y el medio ambiente hospitalario.²

En los hospitales, la desinfección de superficies y artículos no críticos habitualmente se realiza mediante la aplicación directa de desinfectantes. Estudios epidemiológicos han demostrado que pacientes hospitalizados en habitaciones previamente ocupadas por enfermos infectados o colonizados con *Staphylococcus aureus* meticilina resistente (SAMR), enterococo resistente a vancomicina (ERV) o *Clostridium difficile* tienen un riesgo mayor de adquirir estos microorganismos desde las superficies contaminadas de la habitación.³

En la ejecución del procedimiento de limpieza en el medio hospitalario, ésta tiene tres niveles en función de la profundidad del proceso: descontaminación, desinfección y esterilización (figura 1).

Existen diversos tipos de desinfectantes con actividad comprobada a lo largo de la historia para destruir agentes patógenos potenciales causantes de enfermedades, cuyas características se describen en la cuadro 1.⁴

La resistencia de un microorganismo a un determinado biocida se puede haber logrado de manera natural (innata) o adquirida, habitualmente por cambios en la membrana celular que evita que el biocida penetre y elimine al microorganismo. Como un marcador de actividad del biocida, se considera que si es capaz de eliminar *Clostridioides difficile*, puede eliminar con mayor facilidad cualquier otro microorganismo.⁵

Entre los diferentes agentes de biodescontaminación se incluye el peróxido de hidrógeno nebulizado, debido a que es un agente seguro, a baja temperatura y fácil de usar en equipos e instalaciones que se utilizan en la industria de las ciencias biológicas y/o en instalaciones de atención médica. Se utiliza ampliamente para desinfectar ambientes aislados y áreas críticas, en los que típicamente se realizan procesos de llenado aséptico, o salas de hospital para eliminar microorganismos infecciosos como *Clostridioides difficile*.⁵

Cuando se aplica peróxido de hidrógeno vaporizado a baja temperatura en un área sellada, es eficaz contra un amplio espectro de organismos biológicos, posee efectos bactericida, virucida, esporicida y fungicida que logran una reducción biológica de más de seis logaritmos, esto quiere decir que el método de desinfección elimina todas las formas de microbios incluyendo esporas, es decir un millón de veces más el número de gérmenes, como se muestra en la cuadro 2. El peróxido de hidrógeno vaporizado también es compatible con una amplia variedad de materiales.⁶

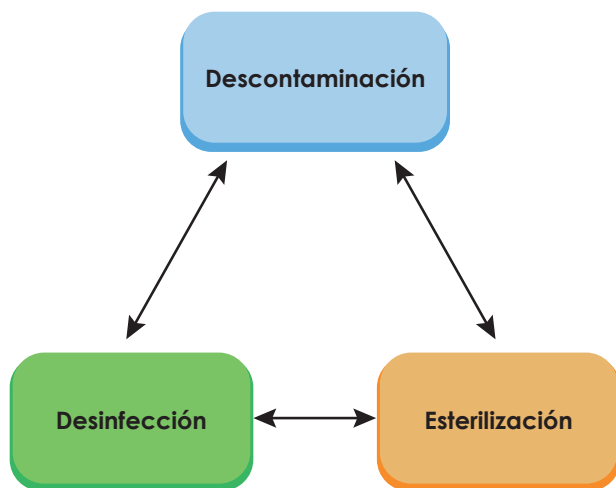
Algunos estudios avalan el efecto de nebulizar habitaciones del medio hospitalario con peróxido de hidrógeno utilizando indicadores químicos e indicadores biológicos (*Geobacillus stearothermophilus*) para el seguimiento de la validación del efecto esporicida, dichos indicadores químicos y biológicos confirman la aplicación correcta de la nebulización con peróxido de hidrógeno, logrando una reducción de 6 log de esporas bacterianas.⁷

En la cuadro 3 se indican las características del peróxido de hidrógeno comparado con otros productos biocidas.

Los beneficios potenciales del peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01%, facilitan la desinfección de superficies y equipo en áreas médicas de la siguiente manera.⁸

- Disminución de la incidencia de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS), eliminando la contaminación hasta en 99% (6 log) por evento.
- Funciona como coadyuvante en la reducción significativa de la estancia hospitalaria por la incidencia de IAAS.
- Reduce los altos costos por atención a pacientes que adquieren IAAS. Elimina el riesgo de generación de resistencia bacteriana o de microorganismos en comparación con otras sustancias de menor efectividad.
- No se requiere inversión en maquinaria o personal para la aplicación o el evento de desinfección.
- Al utilizar el sistema de nebulización se desinfectan las superficies de equipo y mobiliario médico, así

Figura 1.
Niveles de limpieza en atención hospitalaria



- como el medio ambiente y equipo médico de mayor tecnología, sin dañar ninguno de éstos.
- f. Desinfecta los equipos que estén dentro de áreas quirúrgicas (quirófanos) sin dañarlos, por ejemplo: equipos de asistencia anestésica, microscopios, monitores, mobiliario de quirófano indispensable para el procedimiento quirúrgico.

- g. Cuenta con protocolos nacionales e internacionales que demuestran y documentan su efectividad (estudios realizados en México y Estados Unidos).
- h. Aprobado por los CDC y la EPA en Estados Unidos como desinfectante efectivo contra el virus del ébola, *Clostridioides difficile*, bacterias *ESKAPE* e incluso hongos y otros microorganismos.⁸

Cuadro 1.
Desinfectantes químicos de uso común en medios hospitalarios

Grupo	Compuesto	Concentración	Usos hospitalarios
Desinfectantes químicos	Alcoholes	60-90%	- Higiene de manos - Desinfección de equipos y superficies
	Cloro y compuestos clorados	200-5 000 PPM	- Desinfección de superficies - Desinfección de alto nivel
	Glutaraldehído	2%	- Desinfección de alto nivel, instrumentos de diálisis, equipo quirúrgico, instrumental de uso común en ORL - Esterilización
	Peróxido de hidrógeno	0.5-25%	- Al 0.5% actividad bactericida y virucida - De 6-25%: esterilización
	Yodóforos	30-50 PPM	- Antiséptico de piel y mucosas
	Compuestos de amonio cuaternario	0.25%	Desinfectante, su uso se recomienda sólo para limpieza de superficies no críticas. Algunos bacilos gram (BGN) negativos pueden crecer y sobrevivir en ellos

Fuente: "Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities", 2008. Actualizada en 2019.⁸

Cuadro 2.
Niveles de desinfección con peróxido de hidrógeno

Tipo de desinfección	Nivel	Log
Desinfección de bajo nivel	El proceso de desinfección inactiva gran parte de las bacterias, algunos virus y hongos, sin embargo no es capaz de eliminar el bacilo de la tuberculosis ni esporas	Reducción de 1-2 log, es decir, 10/100 veces menos el número de gérmenes existentes antes de la desinfección
Desinfección de medio nivel	Capaz de eliminar <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , mayor cantidad de virus y hongos, sin eliminar esporas bacterianas	Reducción de 3 log, es decir, 1 000 veces menos el número de microorganismos
Desinfección de alto nivel	Eliminación de todos los gérmenes y de algunas esporas	Reducción de 4-5 log, es decir, 10 000/100 000 veces menos el número de microorganismos
Esterilización	Eliminación de todos los microorganismos, incluyendo bacterias, virus, micobacterias y esporas	Reducción de 6 log, es decir, un millón de veces menos del número de gérmenes

Cuadro 3.
Características del peróxido de hidrógeno en comparación con otros agentes biocidas

Producto	Costos	Dependencia de ph	Dependencia de temperatura	Compatibilidad química	Nivel de corrosión	Biodegradabilidad	Productos de desinfección
Peróxido de hidrógeno	Bajo	Bajo	Bajo	Bueno	Bajo	Alto	Vaporizado y agua
Cloro, hipoclorito	Moderado	Demasiado alto	Demasiado alto	Deficiente	Alto	Bajo	Cloritos, cloratos, cloroaminas, THM
Ozono	Muy alto	Moderado	Alto	Deficiente	Muy alto	Bajo	Radicales de hidroxilo
Bromo	Moderado	Alto	Moderado	Deficiente	Muy alto	Bajo	Bromoaminas, análogos de cloroformo
Ácido peracético	Moderado	Alto	Alto	Deficiente	Muy alto	Moderado	Ácido acético
Dióxido de cloro	Muy alto	Bajo	Alto	Deficiente	Muy alto	Bajo	Cloritos, cloratos
Componentes cuaternarios	Moderado	Alto	Bajo	Deficiente	Bajo	Alto	Cloruro de benzilo

Materiales y métodos

Se trata de un estudio transversal, prospectivo y analítico. Se evaluó un sistema de peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01% (Equipos Médicos Vizcarra®; máquina Halofogger/nebulización) que cuenta con una máquina aspersora, funciona a través de la expulsión de niebla seca y muy fina que no humedece las superficies, no condensa y es segura para su utilización cerca de productos electrónicos y de uso especializado (equipo médico), cuenta con distribución ionizada y uniforme de la niebla seca de forma constante, lo cual garantiza la cobertura total de cada rincón del área a desinfectar; provee una fácil utilización automatizada; cintas de sellado (se emplean para cerrar el espacio en que se lleva a cabo la desinfección), sistemas de separación y sellado (utilizadas en áreas de hospitalización), respaldo técnico (equipo técnico encargado de la supervisión para la aplicación de las sustancias y el uso de la máquina halo) y los especialistas en aplicación (encargados del muestreo antes de la aplicación de las sustancias y después del procedimiento).⁶

- Se hizo un muestreo en 25 superficies. Sitio: ex-consultorio de triage y toma de muestras COVID-19, Instituto Nacional de Perinatología (INPer), área 5.40 × 3 m.
- Medición: se efectuaron dos mediciones el mismo día, una de ellas previa a la intervención para ver el crecimiento en superficies (basal) y una posterior para valorar la eficacia del procedimiento.
- Se tomaron muestras microbiológicas en diversos sitios del consultorio, en un marco de 20 × 20 cm,

para detectar las bacterias que se encontraban en condiciones basales en las diferentes áreas (condiciones habituales de contaminación hospitalaria).

- Se utilizó hisopo húmedo para la toma de muestras.
- Se empleó el equipo-sistema de aspersión de peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01% para descontaminación del aire y superficies, durante un ciclo de 10 minutos de aspersión.
- La toma de muestras y el procesamiento de las mismas quedó a cargo de dos personas con entrenamiento del Laboratorio de Microbiología del INPer y tres personas de la empresa Equipos Médicos Vizcarra®.
- Para evaluar la eficacia de la intervención (condiciones controladas del experimento), se efectuaron muestreos de cinco superficies seleccionadas y delimitadas por la matriz de papel de 20 × 20 cm del exconsultorio 1 COVID con técnica de hisopado (reto microbiológico), se usaron cepas de referencia tipo ATCC para *Escherichia coli* (ATCC 25218), de *Staphylococcus epidermidis* (ATCC 12228), de *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), de *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 700603) y, finalmente, de *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853).

Procedimiento para la toma de la muestra por método del hisopo

La técnica de toma de muestra del área determinada consistió en frotar con un hisopo con punta de algodón estéril, previamente humedecido en solución salina estéril al

0.85%. Con el hisopo inclinado en ángulo de 30° se frotó cuatro veces la superficie delimitada por la plantilla de 20 × 20 cm, cada una en dirección opuesta a la anterior. Una vez obtenida la muestra, el hisopo se depositó en un tubo con 4 mL de caldo cultivo BHI (infusión cerebro corazón) con tapa hermética.

Las muestras recolectadas se colocaron en una grilla y se transportaron en contenedor isotérmico hasta el Laboratorio de Microbiología.

Las muestras se incubaron en la estufa a 37 °C durante 72 horas, se revisó el crecimiento a las 24, 48 y 72 horas.

A las 24 y 48 horas se revisaron los caldos de cultivo BHI, las muestras que presentaban crecimiento se sembraron en medios de cultivo enriquecidos y selectivos por la técnica de estría cruzada (agar sangre de carnero al 5%, sc; agar MacConkey, MC; agar sal y manitol, ASM; y agar papa dextrosa, PDA), se incubaron en la estufa a 37 °C por 72 horas, se revisó el crecimiento a las 24, 48 y 72 horas.

A las 72 horas se sembraron todas las muestras, con o sin crecimiento, en los medios de cultivo mencionados y se incubaron nuevamente por 72 horas en la estufa a 37 °C, también se revisó el crecimiento a las 24, 48 y 72 horas.

De las muestras que presentaron desarrollo de bacterias, se identificaron las cepas mediante el uso de tarjetas e interpretadas por el sistema semiautomatizado Vitek 2 Compact.

La función del laboratorio fue determinar la ausencia de agentes patógenos después de la descontaminación

con peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01% por aspersión con tiempo de exposición de 10 minutos.

De acuerdo con la normatividad vigente, para determinar la actividad microbiana se llevó a cabo el método basado en la definición del porcentaje de reducción de un número de UFC del microorganismo evaluado cuando se pone en contacto con algún agente germicida o descontaminante, como en el caso del peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01%.

Resultados

En el muestreo basal se encontró crecimiento de microorganismos en 25/25 superficies (100% de las superficies muestreadas tomando en cuenta que en 20 de éstas se hizo un muestreo bajo condiciones habituales de contaminación ambiental, y en cinco muestreos con cepas de referencia).

En los cultivos iniciales de los 20 cultivos con desarrollo microbiológico, en 11 se obtuvo desarrollo de *Bacillus* spp. de forma exclusiva, en uno se encontró desarrollo de *Bacillus* spp. y *Leclercia adenocarboxylata*, en uno *Micrococcus* spp. y *Sphingomonas paucimobilis*, en uno *Staphylococcus warneri*, en dos *Bacillus* spp. y *Pseudomonas putida*, uno con *Micrococcus* spp. y *Kluyvera cryocrescens*, uno con *Bacillus* spp. y *Pseudomonas stutzeri*, uno con *Micrococcus* spp. y *Pantoea* spp., y uno con *Bacillus* spp. y *Pantoea* spp.

Figura 2.
Comparación de crecimiento microbiológico antes y después de la intervención en cepas en condiciones habituales del medio estudiado y de cepas de referencia

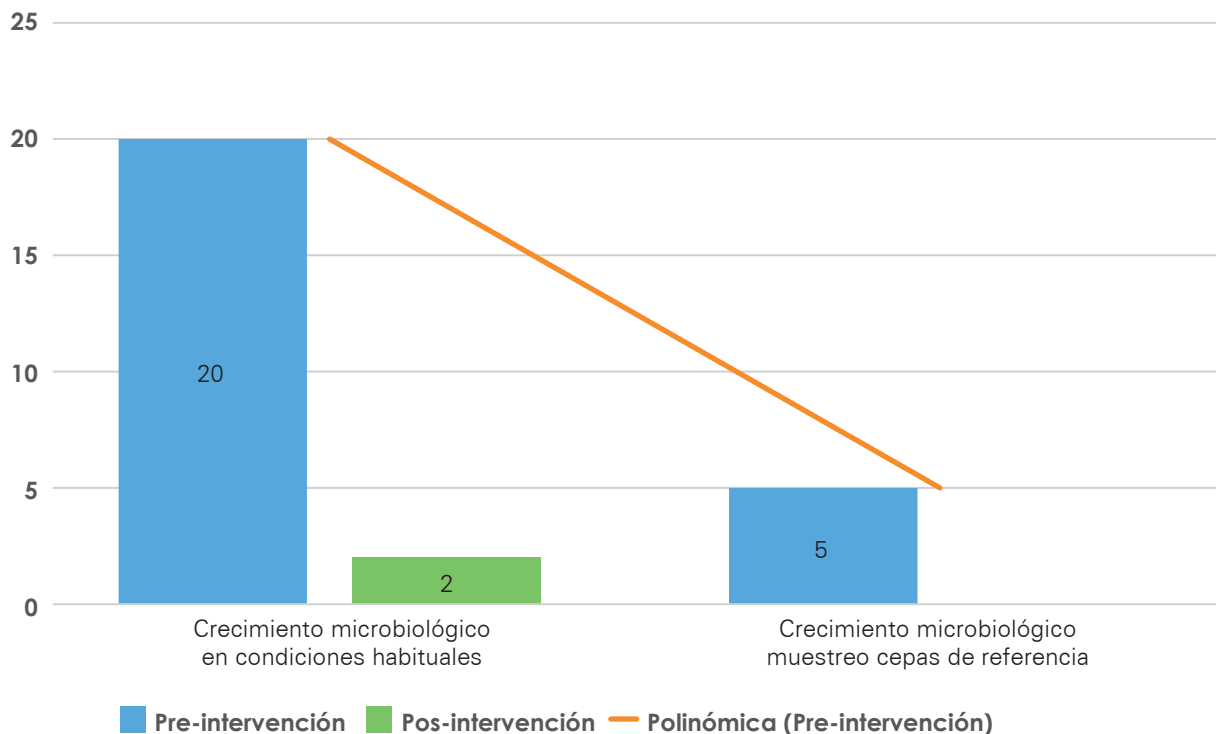
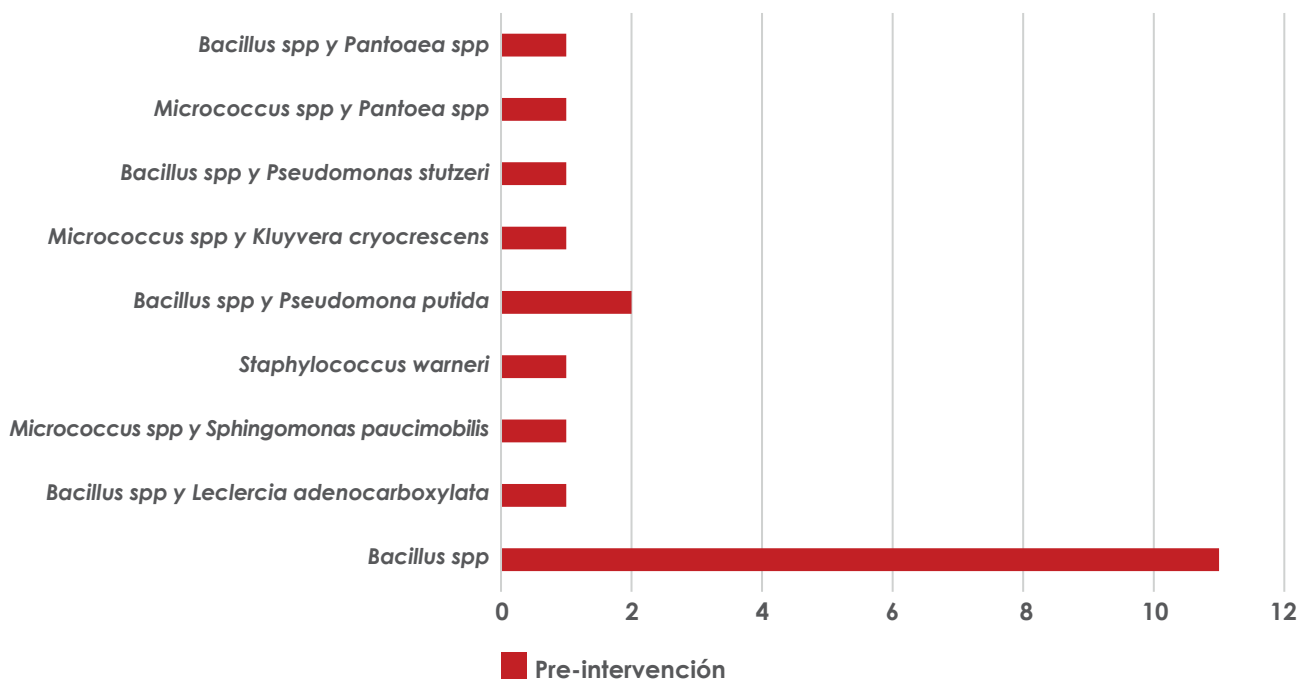


Figura 3.
Frecuencia de crecimiento microbiológico en condiciones basales



También se hizo análisis de superficies con cinco cepas de referencia: ATCC para *Escherichia coli* (ATCC 25218), ATCC 12228 de *Staphylococcus epidermidis*, ATCC 29212 de *Enterococcus faecalis*, ATCC 700603 de *Klebsiella pneumoniae* y ATCC 27853 de *Pseudomonas aeruginosa*. Luego de la intervención se obtuvo resultado negativo total de las cinco superficies (100%) para los casos de cepa de referencia, y de 18/20 para los casos de contaminación ambiental en la lectura de 72 horas (cuadro 5 no existe este cuadro, ¿es alguna figura?). Una vez integrada la información global, se obtuvo negativización en 23 de las 25 (92%) muestras después de la intervención ($p < 0.0001$) (figuras 2-3).

Discusión

El proceso de descontaminación con peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01% en espacios cerrados utilizando equipo especializado de aspersión durante 10 minutos de exposición, resultó una intervención eficaz para disminuir y eliminar la carga bacteriana de las superficies hospitalarias. El peróxido de hidrógeno es un agente oxidante que es efectivo en todo el rango de pH, posee un potencial de oxidación alto y da lugar a agua como único producto. Las diferentes reacciones en las que puede participar el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) se agrupan dependiendo del sustrato. Este compuesto es capaz de disminuir o incluso eliminar la carga de gérmenes sobre cualquier organismo o superficie inanimada.⁹

El peróxido de hidrógeno se ha usado de dos formas: como gas plasma y en vapor. El primero es un método que inició en 1993, el mecanismo de acción se basa en la primera fase de difusión de gas de peróxido de hidrógeno

y mediante la generación de una cámara de vacío, la cual mediante radiofrecuencia o energía de microondas genera radicales libres que son capaces de interactuar con el material genético de cada célula, eliminando de esta manera a los microorganismos; en el segundo, el peróxido de hidrógeno nebulizado se difunde sin necesidad de una cámara de vacío ni microondas.⁵

Entre las ventajas del peróxido de hidrógeno vaporizado destacan la seguridad para los trabajadores y para el medio ambiente, no deja residuos tóxicos y no requiere ventilación, ya que se disocia en H_2O y O_2 , también permite esterilizar material sensible a temperatura menor de 50 °C y humedad, es fácil de manejar y monitorizar los ciclos mediante los que se emplea, así como la facilidad de su instalación.⁵

El uso de peróxido de hidrógeno puede ejercer un efecto como sistema de esterilización de tipo químico, convierte el peróxido de hidrógeno en el cuarto estado de la materia, es decir, en plasma a través de ionización y se realiza a temperaturas bajas, además descompone el material genético de microorganismos en moléculas muy pequeñas haciéndolas inefectivas.

En marzo del año 2020, los Centers for Disease Control and Prevention (CDC), en conjunto con la Universidad de Yale, publicaron una investigación sobre el uso de peróxido de hidrógeno como esterilizador en cubrebocas N95 utilizados en medio hospitalario en área COVID como sistema de reprocesamiento para mejorar la cadena de suministro durante la pandemia de COVID-19. De acuerdo con el estudio, después de realizar cinco ciclos con vapor de peróxido de hidrógeno, los cubrebocas N95 parecían nuevos y sin deformidades.^{10,11} La Food and Drug Administration (FDA) financió dicho estudio de descontaminación por peróxido

de hidrógeno usando un sistema Clarus C. El producto tiene una efectividad avalada por los CDC de 99.9999% de eficacia.⁸

La American Journal of Infection Control realizó un estudio sobre el efecto del peróxido de hidrógeno mejorado vs. un desinfectante a base de amonio cuaternario (Quat) en la descontaminación de superficies y los resultados en la atención médica, se concluyó que los desinfectantes de peróxido de hidrógeno reducen eficazmente la contaminación de las superficies en el medio hospitalario, sin embargo, aún no hay suficientes datos en relación con las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS).⁶

Este proceso de descontaminación no debe sustituir por ningún motivo la limpieza habitual de las áreas, y se debe usar como una estrategia horizontal complementaria de desinfección hospitalaria en materia de prevención de IAAS. Esta técnica actúa esparciendo una nube del desinfectante, la nebulización permite que el producto llegue a superficies y lugares de difícil acceso como esquinas, superficies altas o inferiores en las que se complica hacer una limpieza convencional.

Conflictos de interés: ninguno

Financiamiento: Instituto Nacional de Perinatología

Referencias

- Weber, D.J., Rutala, W.A., Anderson, D.J. y Sickbert-Bennett, E.E., "„úNo touch..Ñ [sic] methods for health care room disinfection: focus on clinical trials", *Am J Infect Control*, 2023, 51 (11S): A134-A143.
- Polaco Castillo, J.A., Villalobos Huerta, M.A., Mercado Hernández, B.M., Peña Jiménez, C.M y Baños Galeana, C.O., "Asepsia y antisepsia". En *Introducción a la cirugía*, México, McGraw-Hill, 2011, pp. 49-60.
- Rutala, W., Gergen, M. y Weber, D., "Room decontamination with UV radiation", *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2010, 31 (10): 1025-1029.
- Rutala, W.A., Weber, D.J. et al., "Guideline for disinfection and sterilization in healthcare facilities", 2008 [actualizada en 2019] CDC, Disponible en: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/>.
- Hernández Navarrete, M.J., Celorio Pascual, J.M., Lapresta Moros, C. y Solano Bernad, V.M., "Fundamentos de antisepsia, desinfección y esterilización", *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 2014, 32 (10): 681-688.
- John, M.B., Guercia, K.A., Sullivan, L., Havill, N.L., Fekieta, R., Kozakiewicz, J. et al., "Prospective cluster controlled crossover trial to compare the impact of an improved hydrogen peroxide disinfectant and a quaternary ammonium-based disinfectant on surface contamination and health care outcomes", *Am J Infect Control*, 2017, 45 (9): 106-110.
- Khandelwal, A., Lapolla, B., Bair, T., Grinstead, F., Hislop, M., Greene, C. y Bigham, M.T., "Enhanced disinfection with hybrid hydrogen peroxide fogging in a critical care setting", *BMC Infect Dis*, 2022, 22 (1): 758.
- Equipos Médicos Vizcarra, Sistema de desinfección con peróxido de hidrógeno al 5% y plata al 0.01%, Ciudad de México, 2022.
- Unger-Bimczok, B., Kottke, V., Hertel, C. y Rauschnabel, J., "The influence of humidity, hydrogen peroxide concentration, and condensation on the inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* spores with hydrogen peroxide vapor", *J Pharmaceutical Innovation*, 2008, 3: 123-133.
- Bioquell, Ecolab, Ecolablifescience, 2020 Disponible en: <https://www.bioquell.com/covid-19-and-bioquell/#emerging-pathogens>.
- Euro Lab, "Vapor de peróxido de hidrógeno frente al COVID-19, 2020. Disponible en: <https://eurolab.es/bioseguridad-sanitaria/biodescontaminacion-por-peroxido-de-hidrogeno/tecnologia-de-peroxido-de-hidrogeno-en-vapor-hpv/>.