

EVIDENCIA CIENTÍFICA DISPONIBLE SOBRE LOS EFECTOS QUE EJERCEN LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS TIPO C SOBRE MICROORGANISMOS INTRAHOSPITALARIOS. REVISIÓN SISTEMÁTICA

Kevin Morales Chamorro

Universidad Católica Redemptoris Mater, Nicaragua, y MedETechni
kevin.chamorro8@gmail.com, kmorales6@unica.edu.ni, kevin.chamorro8@ieee.org

RESUMEN

Esta revisión sistemática de tipo pronóstico con objetivo de ser utilizada para soporte en investigaciones experimentales, se usaron motores de búsqueda en bases de datos por tesauros MeSH con sus operadores booleanos, se empleó los métodos de revisión de PRISMA, STROBE y se incluyeron solo los que obtuvieron puntaje máximo en estudios transversales y analíticos y de revisiones sistemáticas que contenían el uso de los rayos UVC en microorganismos intrahospitalarios en los últimos 5 años, se realizó los métodos de GRADE para medir el grado de evidencia científica de los 14 artículos que cumplieron con todos los criterios de inclusión, obteniendo resultados que los rayos UVC de 254 nm mostraron efectividad significativa del 33% a 100% en microorganismos intrahospitalarios, siendo los más comunes *S. aureus*, *E. faecalis*, *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp. En conclusión, este tipo de método tiene utilidad prometedora para aplicarlo en hospitales y centros de salud.

Palabras claves: UVC, Rayos ultravioletas, microorganismos intrahospitalarios

ABSTRAC

This systematic review of prognostic type with the objective of being used for support in experimental research, search engines were used in databases by MeSH thesaurus with its boolean operators, the review methods of PRISMA, STROBE were used and only those with maximum scores in cross-sectional and analytical studies and systematic reviews containing the use of UVC rays in in-hospital microorganisms in the last 5 years were included, GRADE methods were used to measure the degree of scientific evidence of the 14 articles that met all the inclusion criteria, obtaining results that 254 nm UVC rays showed significant effectiveness from 33% to 100% in in-hospital microorganisms, the most common being *S. aureus*, *E. faecalis*, *Pseudomonas* spp, *Acinetobacter* spp. In conclusion, this type of method has promising utility for application in hospitals and health centers

Key words: UVC, ultraviolet rays, intrahospital microorganisms

1. INTRODUCCIÓN

A nivel intrahospitalario existen microorganismos que viven o coexisten en las paredes, los pisos, las superficies de contacto, los instrumentos médicos, los equipos electrónicos, las camas, y en todo lo que rodea a los pacientes, por lo tanto, las Infecciones Asociadas a la Atención en Salud (IAAS), son cada vez más abundantes. Organización Mundial de la Salud¹

Durante la actual pandemia generada por el nuevo coronavirus (COVID-19), se ha observado aumento de transmisión intrahospitalaria de bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Clostridium difficile*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Enterobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Burkholderia cepacia* y algunas especies de la familia *Enterobacteriaceae*¹

De igual manera, según ¹hay aumento de microorganismos multidrogo resistentes (MDRO), *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA), *Staphylococcus aureus* resistente a vancomicina (VRSA) y *Staphylococcus aureus* resistente intermedio a vancomicina (VISA), *Enterobacteriaceae* resistentes a cefalosporinas y betalactamasas (ESBL), *Enterococcus* spp. resistente a vancomicina (VRE), *Enterobacteriaceae* y *Acinetobacter* spp. resistentes a carbapenémicos y *Pseudomonas aeruginosa* multidrogo resistentes. No obstante, también los hongos son comúnmente IAAS, podemos mencionar principalmente *Candida albicans*, *Candida parapsilosis*, *Candida glabrata* y *Aspergillus fumigatus*. Así mismo los virus son parte de las IAAS, ejemplo de ello es el virus de la hepatitis B y C, virus de inmunodeficiencia humana (HIV) y con menor frecuencia *Rhinovirus* spp, *Cytomegalovirus* spp, *Rotavirus* spp, Herpes virus simple y el virus de la influenza.

Según² en el último informe generado respecto a la situación actual de la pandemia generada por la COVID-19, (21 de septiembre del 2020), se han registrado 30,6 millones de casos de COVID-19 y 950.000 muertes. Del 14 al 20 de septiembre, hubo casi 2 millones de nuevos casos de COVID-19, lo que representa un aumento del 6% en comparación con la semana anterior y el mayor número de casos notificados en una sola semana desde el comienzo de la epidemia. Durante el mismo período, hubo una disminución del 10% en el número de muertes, con 37.700 muertes reportadas en los últimos siete días.

Según³ otro de los causantes de las IAAS es la bacteria *Staphylococcus aureus*, un patógeno importante que causa un espectro de enfermedades que van desde infecciones leves de la piel y tejidos blandos hasta afecciones potencialmente mortales, sobre todo las infecciones del torrente sanguíneo son particularmente importantes y el enfoque de tratamiento se complica por la presencia de MRSA y la aparición de nuevos linajes genéticos que se han producido en América Latina con el surgimiento y diseminación de la variante latinoamericana USA300, asociada a la comunidad.

Según⁴ se ha observado que patógenos gram-negativos son responsables del 63% de las IAAS, principalmente *Klebsiella* spp. y *Acinetobacter* spp. con tendencia decreciente. Así mismo MRSA con 27%, igualmente se encuentran los patógenos resistentes a carbapenémicos como

los representantes de los géneros *Acinetobacter* spp. y *Pseudomonas* spp. y la familia *Enterobacteriaceae*, además de *Enterococcus* spp. resistentes a la vancomicina.

⁵ Demostró que los microorganismos intrahospitalarios se han vuelto resistentes a antibióticos a lo largo de la vida humana, los cuales provocan muertes por IAAS, debido a esto el control y la respuesta sobre la prevención de estas enfermedades no ha generado resultados que eviten en gran porcentaje la morbilidad y mortalidad con los métodos actuales de esterilización, desinfección y atenuación.

Desde hace muchos años se conocen los efectos de los rayos ultravioletas tipo C (UVC) con varias técnicas de implementación, en este caso su utilización ha tenido resultados positivos sobre la descontaminación y esterilización de áreas públicas como paradas de buses, instrumentos quirúrgicos a nivel mundial y potabilización de aguas de mar ⁶ por lo que durante los últimos años sobresale con gran relevancia social por ser unos de los mejores métodos de descontaminación de bajo costo evitando los efectos adversos perjudiciales sobre el ADN o ARN en los seres vivos cuando se siguen las medidas de prevención adecuadas.⁷

A pesar de los esfuerzos que se han realizado en países latinoamericanos por reducir los costos en esterilización de equipos de protección médica y disminución de contaminación ambiental no ha encontrado eficacia significativa en métodos químicos que realicen sinergia entre disminuir costos y disminuir la contaminación ambiental. En países de Asia y Europa el uso de los rayos UVC ha cambiado drásticamente el impacto en implicaciones prácticas. Por lo tanto, realizar una revisión sistemática sobre un innovador método de esterilización intrahospitalario, referente a los efectos que ejercen los rayos UVC sobre microorganismos hospitalarios, es importante porque permite generar una opción más adecuada para el estudio de la reducción de las IAAS y aplicarlo en Latinoamérica.

2. TEORÍA

2.1 Rayos UVC

Los investigadores han estudiado los efectos de los UVC en microorganismos de salas de hospitales y la desinfección ambiental:

Se ha convertido en la nueva frontera en la batalla continua para reducir el riesgo de IAAS y actualmente la evidencia que demuestra la contaminación persistente de superficies ambientales a pesar de la limpieza y la desinfección con métodos tradicionales, ha llevado a la aceptación generalizada de que es tanto una necesidad reevaluar los protocolos de limpieza tradicionales como de utilizar tecnologías de desinfección secundaria adecuadas. Se ha demostrado que hasta el 50% de las superficies permanecen contaminados con patógenos, incluidos los organismos multirresistentes como MRSA, a pesar del seguimiento regular de los protocolos de limpieza. Además, ha quedado claro que hay múltiples reservorios de estos patógenos dentro del entorno sanitario, desde tensiómetros portátiles hasta llaves de paso intravenosas, que no se desinfectan adecuadamente incluso con el manual mejorado de los protocolos de limpieza. La desinfección por UVC es un tipo de tecnología sin contacto que ha demostrado ser un complemento exitoso de la limpieza manual para reducir la biocarga ambiental y el dilema del preventivo de infecciones.⁸

Según⁹ La capacidad de muchos patógenos para sobrevivir durante períodos prolongados de tiempo en superficies inanimadas contribuye a este problema, pero la insuficiencia de los protocolos de limpieza y la falta de coherencia con la implementación del protocolo son factores claramente importantes.

Los investigadores han estudiado sobre el desafío del trabajador del servicio ambiental (SVE):

Los principales desafíos del trabajador son cubrir todas las superficies y dejar suficiente tiempo de contacto el limpiador o desinfectante según las recomendaciones del fabricante. Las preocupaciones sobre el cumplimiento deficiente de los protocolos de limpieza por parte del personal y el reconocimiento de los patógenos pueden propagarse por medios distintos del contacto directo, incluida la diseminación aérea, han puesto de relieve aún más la necesidad de complementar los métodos de limpieza manual. La necesidad continua de prevenir las IAAS, particularmente las causadas por patógenos difíciles de eliminar como *Clostridium difficile*, ha llevado a una creciente demanda de tecnologías de desinfección automatizadas complementarias, incluida la desinfección UVC.^{8,10,11}

2.2 Efectos de los rayos UVC sobre microorganismos

Según¹² la función germicida de la luz UVC, es en gran parte resultado de la formación de dímeros de timina, que inactivan el ADN y el ARN del organismo. Se ha demostrado que la irradiación germicida UV para la desinfección de superficies es muy eficaz al eliminar ambos patógenos vegetativos, incluidos MRSA, VRE, *Enterobacteriaceae* resistentes a carbapenémicos y *Acinetobacter baumannii* resistente a múltiples fármacos y esporas de *C. difficile*.⁸

Las partículas de aire viables representan un riesgo en áreas donde se combinan preparaciones estériles,¹³ lograron medir la eficacia de una tecnología innovadora de purificación de aire que utiliza UVC protegida para purificar continuamente el aire, en una farmacia para pacientes hospitalizados donde muestrearon las unidades formadoras de colonias de hongos y bacterias transportadas por el aire durante la reinstalación del equipo y nuevamente en seis meses. Al exponerlo con UVC se observó una disminución estadísticamente significativa del 78% y 62% para las partículas fúngicas y bacterianas, respectivamente. Este estudio demuestra un papel potencial de esta nueva tecnología en la disminución de la propagación de patógenos en el aire.

Las enfermedades microbianas transmitidas por el aire, como la influenza y la tuberculosis, representan importantes desafíos para la salud pública; un enfoque directo para prevenir la transmisión aérea es la inactivación de patógenos transportados por el aire. El potencial antimicrobiano de UVC, se ha establecido desde hace mucho tiempo; sin embargo, su uso generalizado en entornos públicos es limitado porque las fuentes de luz UVC convencionales son cancerígenas y cataractógenas. Por el contrario según¹⁴ la luz lejana de UVC en rango (207–222 nm) inactiva eficazmente las bacterias sin dañar la piel expuesta de los mamíferos y esto se debe a que, debido a su fuerte absorbancia en materiales biológicos, la luz UV lejana no puede penetrar ni siquiera en las capas externas (no vivas) de la piel ni los ojos humanos, sin embargo, debido a que las bacterias y los virus tienen dimensiones micrométricas o más

pequeñas, los UVC lejanos pueden penetrarlos e inactivarlos, este estudio mostró por primera vez que la UVC lejana inactiva de manera eficiente los virus aerotransportados en aerosol, con una dosis muy baja de 2 mJ / cm² de luz de 222 nm inactivando > 95% del virus de la influenza H1N1 en aerosol dando las mismas conclusiones que¹⁵ donde exponen que la luz UVC lejana a dosis muy bajas y de manera continua en lugares públicos interiores, es una herramienta prometedora, segura y económica para reducir la propagación de enfermedades microbianas transmitidas por el aire.

Además⁷ utilizaron un modelo de ratón sin pelo con una infección de heridas superficiales, probaron de que 222 nm mata al MRSA al posarse en incisiones superficiales en la piel es igual de eficaz que la luz germicida típica (254 nm), pero sin inducir daño cutáneo, donde simulaban un escenario en el que las incisiones se infectan durante los procedimientos quirúrgicos cuando los patógenos en la habitación se posan sobre una herida, el cual se extendió MRSA en un área definida de la piel dorsal del ratón que se suturó inmediatamente. Dos y siete días posterior al procedimiento, la eficacia bactericida se midió como Unidad de Formación de Colonias (UFC) de MRSA por gramo de piel recolectada, mientras que se usaron muestras fijas para evaluar el daño cutáneo medido en términos de espesor epidérmico y foto daño del ADN.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1 Tipo de estudio

Revisión sistemática de pronóstico con enfoque cualitativo.

3.2 Criterios de elegibilidad

Selección de estudios mediante el establecimiento de criterios de inclusión y de exclusión.

3.3 Criterios de inclusión

- Estudios que contienen los efectos de los rayos UVC sobre microorganismos intrahospitalarios.
- Investigaciones de tipo observacional, transversal, analíticas (caso y control, cohortes), y descriptivas sobre efectos de los UVC sobre microorganismos.
- Estudios que relacionen los UV con esterilización.
- Estudios que cumplan la puntuación máxima de STROBE, PRISMA
- Estudios de acceso abierto y por suscripción

3.4 Criterios de exclusión

- Estudios que no contienen los efectos de los rayos UVC sobre microorganismos intrahospitalarios.
- Investigaciones sobre los efectos UV tipo A y B.
- Investigaciones ensayos clínicos aleatorizados sobre efectos UVC
- Estudios que no relacionen los rayos UV con la esterilización.

- Estudios que no cumplan la puntuación la puntuación máxima de STROBE y PRISMA

Tabla 1. Comparativos de Tesoros utilizado en búsquedas

Comparativos de Tesoros utilizados para la búsqueda bibliográfica		
Palabras Claves	DeSC	MeSH
UVC, Rayos Ultravioletas	“Ultraviolet Rays”	“Ultraviolet Rays”
Microorganismos intrahospitalarios, patógenos, nosocomiales	“Environmental Microbiology” “Bacteria”, “Viruses”, “Fungi”, “Parasite”	“Environmental Microbiology” “Bacteria”, “Viruses”, “Fungi”, “Parasite”



Figura 1. Resumen de diseño metodológico

Se utilizó la biblioteca nacional de Estados Unidos (NCBI), mediante PubMed la cadena de búsqueda con sus operadores booleanos AND, NOT y calificadores de contenido como MeSH Terms: ((ultraviolet ray [MeSH Terms]) AND (environmental microbiology [MeSH Terms])) NOT (plants [MeSH Terms])

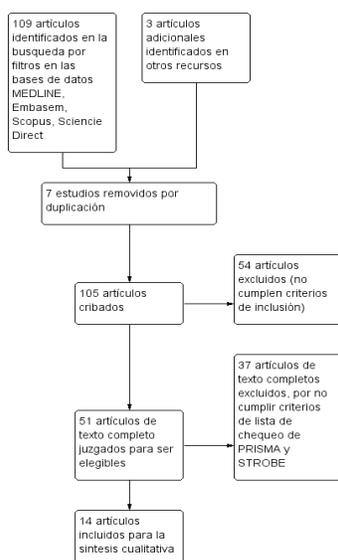


Figura 2. Diagrama de flujo de selección de estudios

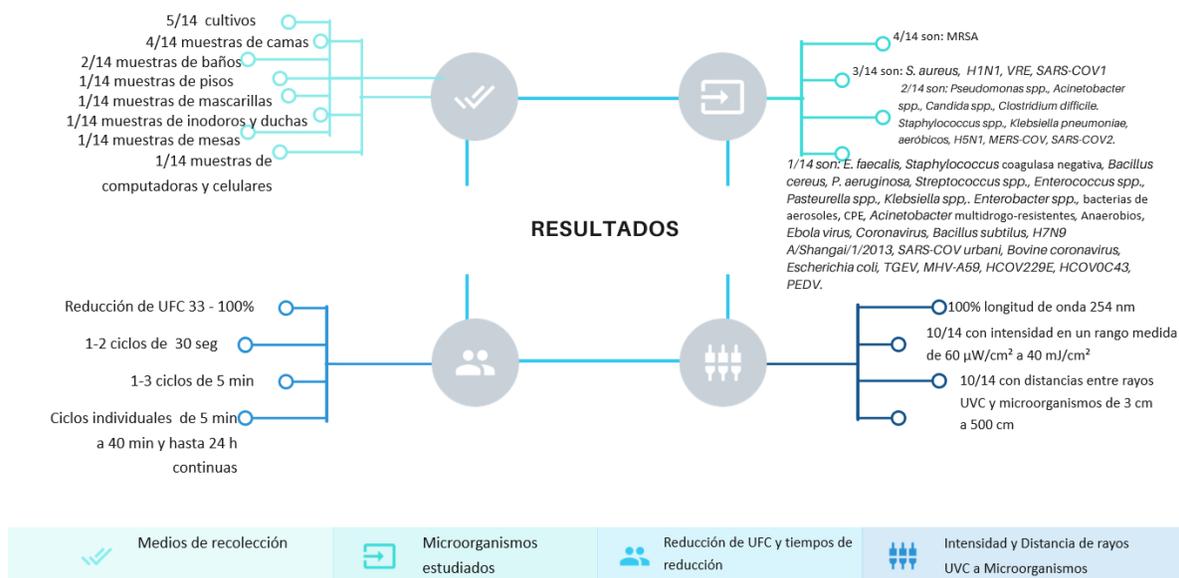


Figura 3. Resumen de los resultados

4. CONCLUSIONES

- Se ha identificado la evidencia científica de los efectos de los rayos UVC a través de los estudios evaluados, en esterilización de salas de hospitales, en instrumentos de contacto con reducciones significativas de Log y unidades formadoras de colonias debido a la inactivación por radiación a los virus, bacterias y levaduras.
- La longitud de onda de los rayos UVC homogénea en los 14 estudios evaluados es de 254 nm, lo que demuestra su efectividad y al ser la más estudiada resulta ser prometedora para la utilización en hospitales y en lugares de espacios públicos.
- Las distancias cortas menores de 200 cm desde las lámparas UVC hacia los microorganismos son más eficaces en comparación a distancias mayores de 300 cm para ejercer su efecto desinfectante.
- Los microorganismos multidrogo-resistente y su eliminación máxima fue de 78% y sobre virus en aerosoles hasta el 100%, cifras que son muy prometedoras para su implementación práctica del uso de esta tecnología de rayos UVC y para eliminar patógenos en los hospitales en Nicaragua y Latinoamérica.
- Los estudios fueron heterogéneos en las variables por lo cual los resultados obtenidos fueron significativos y de gran calidad científica según GRAGE de moderada a alta.

5. REFERENCIAS

- [1] OMS., “OMS | Carga mundial de infecciones asociadas a la atención sanitaria,” WHO (2017).
- [2] World Health Organization., “WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard,” World Heal. Organ., 2020.

- [3] Arias, C. A., Reyes, J., Carvajal, L. P., Rincon, S., Diaz, L., Panesso, D., Ibarra, G., Rios, R., Munita, J. M., Salles, M. J., Alvarez-Moreno, C., Labarca, J., Garcia, C., Luna, C. M., Mejia-Villatoro, C., Zurita, J., Guzman-Blanco, M., Rodriguez-Noriega, E., Narechania, A., et al., "A prospective cohort multicenter study of molecular epidemiology and phylogenomics of *Staphylococcus aureus* bacteremia in nine Latin American countries," *Antimicrob. Agents Chemother.* (2017).
- [4] Balkhy, H. H., El-Saed, A., Alshamrani, M. M., Alsaedi, A., Al Nasser, W., El Gammal, A., Aljohany, S. M., Almunif, S., Arabi, Y., Alqahtani, S., Bonnie, H. B., Alghoribi, M., Alothman, A. and Almohrij, S. A., "Ten-year resistance trends in pathogens causing healthcare-associated infections; Reflection of infection control interventions at a multi-hospital healthcare system in Saudi Arabia, 2007-2016," *Antimicrob. Resist. Infect. Control* (2020).
- [5] Hu, X. R., Han, M. F., Wang, C., Yang, N. Y., Wang, Y. C., Duan, E. H., Hsi, H. C. and Deng, J. G., "A short review of bioaerosol emissions from gas bioreactors: Health threats, influencing factors and control technologies," *Chemosphere* (2020).
- [6] Nyangaresi, P. O., Qin, Y., Chen, G., Zhang, B., Lu, Y. and Shen, L., "Effects of single and combined UV-LEDs on inactivation and subsequent reactivation of *E. coli* in water disinfection," *Water Res.* (2018).
- [7] Ponnaiya, B., Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., Randers-Pehrson, G. and Brenner, D. J., "Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo," *PLoS One* (2018).
- [8] Spencer, M., Vignari, M., Bryce, E., Johnson, H. B., Fauerbach, L. and Graham, D., "A model for choosing an automated ultraviolet-C disinfection system and building a case for the C-suite: Two case reports," *Am. J. Infect. Control* (2017).
- [9] Gostine, A., Gostine, D., Donohue, C. and Carlstrom, L., "Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis," *Am. J. Infect. Control* 44(10), 1089–1094 (2016).
- [10] Casini, B., Tuvo, B., Cristina, M. L., Spagnolo, A. M., Totaro, M., Baggiani, A. and Privitera, G. P., "Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas," *Int. J. Environ. Res. Public Health* (2019).
- [11] Rashid, T., Poblete, K., Amadio, J., Hasan, I., Begum, K., Alam, M. J. and Garey, K. W., "Evaluation of a shoe sole UVC device to reduce pathogen colonization on floors, surfaces and patients," *J. Hosp. Infect.* (2018).
- [12] Kim, D. K. and Kang, D. H., "UVC LED irradiation effectively inactivates aerosolized viruses, bacteria, and fungi in a chamber-type air disinfection system," *Appl. Environ. Microbiol.* (2018).
- [13] Guimera, D., Trzil, J., Joyner, J. and Hysmith, N. D., "Effectiveness of a shielded ultraviolet C air disinfection system in an inpatient pharmacy of a tertiary care children's hospital," *Am. J. Infect. Control* (2018).
- [14] Welch, D., Buonanno, M., Grilj, V., Shuryak, I., Crickmore, C., Bigelow, A. W., Randers-Pehrson, G., Johnson, G. W. and Brenner, D. J., "Far-UVC light: A new

tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases,” *Sci. Rep.* (2018).

- [15] Welch, D., Spotnitz, H. M., Brenner, D. J., Randers-Pehrson, G., Buonanno, M. and Shuryak, I., “Far-UVC light applications: sterilization of MRSA on a surface and inactivation of aerosolized influenza virus,” 2018.