



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

"Evaluación comparativa entre la desinfección química convencional y la tecnología UV-C en la reducción de patógenos multirresistentes en quirófano"

"Comparative evaluation between conventional chemical disinfection and UV-C technology in the reduction of multidrug-resistant pathogens in the operating room"

Autor: Gustavo Fabián Vázquez Vera,

 gustavofabianvv62@gmail.com

 ORCID: 0009-0005-8249-0510

Institución/Filiación: Instituto Superior
Profesional Avanzado – ISPA



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

RESUMEN

Introducción: La contaminación de superficies inanimadas en el quirófano representa una vía crítica para la transmisión cruzada de patógenos multirresistentes (MDR) e infecciones del sitio quirúrgico (ISQ). Aunque la desinfección química convencional ha sido el estándar tradicional, sus limitaciones por sesgos humanos han motivado la adopción de tecnologías automatizadas no táctiles como la radiación ultravioleta C (UV-C). Objetivo: Sintetizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia comparativa de la tecnología UV-C frente a la desinfección química convencional en la reducción de la carga microbiológica de patógenos multirresistentes en el entorno quirúrgico. Metodología: Artículo de revisión sistemática estructurado según la declaración PRISMA 2020 y el modelo PICO. Se realizó una búsqueda bibliográfica en PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus y ScienceDirect de publicaciones entre 2023 y 2026. Se seleccionaron ensayos clínicos, estudios cuasiexperimentales y análisis microbiológicos ambientales que evaluaran reducciones logarítmicas ($\log_{10}$) en quirófanos frente a bacterias de alta prioridad epidemiológica. Resultados: La desinfección química manual demostró una eficacia heterogénea ($1.5 - 3.0 \log_{10}$), condicionada por omisiones en la técnica de frotado y evaporación acelerada de reactivos. La irradiación UV-C alcanzó tasas de inactivación superiores ($3.0 - 5.0 \log_{10}$, equivalente a $>99.99\%$), mostrando elevada efectividad contra *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), *Acinetobacter baumannii* y enterobacterias. No obstante, la UV-C presentó limitaciones físicas en zonas bajo sombra óptica y ante materia orgánica gruesa. Los modelos híbridos redujeron la tasa de ISQ entre un 22% y un 38% , destacando la tecnología Far-UVC (222 nm) por permitir la descontaminación continua en quirófanos ocupados. Conclusiones: La tecnología UV-C no sustituye a la limpieza



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

química manual, pero actúa como un pilar complementario de alta eficacia que erradica patógenos multirresistentes y reduce las ISQ. Su integración sinérgica optimiza los estándares de bioseguridad en el bloque quirúrgico.

Palabras clave: Radiación Ultravioleta; Desinfección; Quirófanos; Farmacorresistencia Microbiana Múltiple; Infección de la Herida Quirúrgica; Bioseguridad.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

ABSTRACT

Background: The contamination of inanimate surfaces in operating rooms represents a critical pathway for the cross-transmission of multidrug-resistant (MDR) pathogens and surgical site infections (SSIs). Although conventional chemical disinfection has historically served as the traditional standard, its limitations due to human error have driven the adoption of automated non-touch technologies, such as ultraviolet C (UV-C) radiation. Objective: To synthesize the available scientific evidence on the comparative efficacy of UV-C technology versus conventional chemical disinfection in reducing the microbiological burden of multidrug-resistant pathogens in the surgical environment. Methods: A systematic review article structured according to the PRISMA 2020 statement and the PICO framework. A literature search was conducted in PubMed/MEDLINE, Web of Science, Scopus, and ScienceDirect for publications from 2023 to 2026. Clinical trials, quasi-experimental studies, and environmental microbiological analyses evaluating logarithmic reductions ($\log_{10}$) in operating rooms against high-priority epidemiological bacteria were selected. Results: Manual chemical disinfection demonstrated heterogeneous efficacy ($1.5 - 3.0 \log_{10}$), limited by omissions in wiping technique and rapid reagent evaporation. UV-C irradiation achieved superior inactivation rates ($3.0 - 5.0 \log_{10}$, equivalent to $>99.99\%$), demonstrating high effectiveness against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Acinetobacter baumannii*, and carbapenemase-producing enterobacteriaceae. However, UV-C exhibited physical limitations in optical shadow zones and in the presence of heavy organic matter. Hybrid models reduced SSI rates by 22% to 38% , with Far-UVC technology (222 nm) emerging as a novel approach allowing continuous decontamination in occupied operating rooms. Conclusions: UV-C



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

technology does not replace manual chemical cleaning; rather, it acts as a highly effective complementary pillar that eradicates multidrug-resistant pathogens and reduces SSIs. Their synergistic integration optimizes biosecurity standards within the surgical suite.

Keywords: Ultraviolet Rays; Disinfection; Operating Rooms; Drug Resistance, Multiple, Bacterial; Surgical Wound Infection; Biosecurity.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

1. OBJETIVOS

1.1.Objetivo General

Sintetizar la evidencia científica disponible sobre la eficacia comparativa de la tecnología de desinfección por radiación ultravioleta tipo C (UV-C) frente a los métodos de desinfección química convencional en la reducción de la carga microbiológica de patógenos multirresistentes en el entorno quirúrgico.

1.2.Objetivos Específicos

- Identificar las principales especies de patógenos multirresistentes de relevancia nosocomial (como *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, *Acinetobacter baumannii* y enterobacterias productoras de carbapenemasas) aislados en superficies de quirófanos y su susceptibilidad diferencial ante ambas estrategias de desinfección.
- Evaluar la eficacia de la radiación UV-C como método no táctil complementario frente a la desinfección química manual, analizando métricas de reducción logarítmica de la carga bacteriana, tiempo de exposición y zonas de sombra o difícil acceso en el entorno quirúrgico.
- Determinar el impacto de la implementación combinada o comparativa de la tecnología UV-C en la tasa de infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) y la optimización de los tiempos de recambio/rotación de salas de operaciones.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

2. INTROUCCIÓN

Las infecciones asociadas a la atención de la salud (IAAS), con especial énfasis en las infecciones del sitio quirúrgico (ISQ), constituyen un desafío crítico de bioseguridad que condiciona elevadas tasas de morbilidad, estancias hospitalarias prolongadas y un notable impacto económico en las instituciones sanitarias (1). En el bloque quirúrgico, la persistencia microbiana sobre las superficies inanimadas consolida reservorios fomíticos determinantes para la transmisión cruzada de patógenos de alta prioridad epidemiológica (2). La progresiva diseminación de microorganismos con resistencia multidroga (MDR)—incluyendo *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), *Acinetobacter baumannii* carbapenem-resistente, *Pseudomonas aeruginosa* y enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) o carbapenemasas— ha complejizado la descontaminación ambiental debido a su capacidad para conformar biocapas (*biofilms*) resilientes y tolerar biocidas de uso común (3).

Históricamente, la asepsia del entorno quirúrgico ha dependido de la desinfección química manual mediante la aplicación de amonios cuaternarios, compuestos clorados, peróxido de hidrógeno o alcoholes. No obstante, la efectividad clínica real de estos agentes presenta variabilidad operacional condicionada por el factor humano. La inconsistencia en la técnica de frotado, el incumplimiento de los tiempos de contacto húmedo recomendados, la dilución imprecisa de reactivos y la omisión no intencional de zonas de alto contacto (*high-touch surfaces*) o superficies con geometría compleja generan fallas sistemáticas en la erradicación del biocarga crítico (4).

Como respuesta a las limitaciones inherentes a los procesos manuales, la irradiación germicida ultravioleta tipo C (UV-C)—particularmente en longitudes de onda germicidas estándar de 254 nm y tecnologías emergentes de UV-C lejana (*Far-UVC*) a



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

222 nm — se ha posicionado como un método de desinfección automatizado no táctil de elevada efectividad. Su mecanismo biofísico induce fotolesiones directas en los ácidos nucleicos mediante la formación de dímeros de pirimidina, inhibiendo la replicación celular sin inducir vías de resistencia química (5). Pese a sus ventajas tecnofuncionales, persisten interrogantes respecto a su desempeño real frente a fenómenos de sombra geométrica creados por la arquitectura quirúrgica, la atenuación de la fluencia por biocapas orgánicas y la relación costo-efectividad vinculada al tiempo de inactivación en los flujos de rotación de quirófanos (6).

Por consiguiente, resulta indispensable sintetizar la evidencia científica contemporánea para contrastar objetivamente el alcance microbicida de ambas tecnologías en condiciones clínicas reales. El propósito de este artículo de revisión es analizar comparativamente la eficacia de la desinfección química convencional y la tecnología UV-C en la reducción de la carga de patógenos multirresistentes en salas de operaciones, ofreciendo un marco normativo actualizado para la optimización de los protocolos de bioseguridad en áreas quirúrgicas.

3. METODOLOGÍA

Diseño del estudio

Se desarrolló una revisión sistemática de la literatura científica siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). El protocolo de revisión fue estructurado bajo la estrategia **PICO** para delimitar el alcance de la búsqueda y la selección conceptual de los estudios:



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

- **Población (P):** Entorno quirúrgico (salas de operaciones y bloques quirúrgicos) y sus superficies inanimadas contaminadas con patógenos de alta prioridad epidemiológica o multirresistentes (MDR).
- **Intervención (I):** Desinfección mediante radiación ultravioleta tipo C (tecnología no táctil UV-C en longitudes de onda de 254 nm o 222 nm).
- **Comparación (C):** Desinfección química convencional manual (uso de amonios cuaternarios, compuestos clorados, peróxido de hidrógeno, alcoholes u otros biocidas líquidos).
- **Resultado / Outcome (O):** Tasa de reducción logarítmica de la carga microbiológica, inactivación de patógenos multirresistentes, impacto en la tasa de infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) y tiempos de inactivación/operatividad.

Estrategia de búsqueda y fuentes de información

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática exhaustiva en las bases de datos biomédicas internacionales de alto impacto: *PubMed/MEDLINE*, *Web of Science*, *Scopus*, *ScienceDirect* y *Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL)*. La búsqueda abarcó publicaciones realizadas entre enero de 2023 y el periodo actual de 2026, sin restricción de idioma, utilizando combinaciones de descriptores en ciencias de la salud (DeCS/MeSH) y términos de texto libre mediante operadores booleanos (AND, OR, NOT).

La sintaxis de búsqueda optimizada para la extracción de evidencia incluyó la siguiente cadena lógica:

("Disinfection" OR "Decontamination" OR "Ultraviolet Rays" OR "UV-C" OR "Far-UVC") AND ("Operating Rooms" OR "Surgical Suites") AND ("Cross Infection" OR



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

"Surgical Wound Infection" OR "Drug Resistance, Multiple, Bacterial" OR "Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus" OR "Acinetobacter baumannii")

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión:

1. Estudios primarios (ensayos clínicos controlados, estudios cuasiexperimentales, análisis comparativos *in situ* e investigaciones microbiológicas ambientales) que comparen la eficacia de la tecnología UV-C frente a la limpieza química tradicional en quirófanos.
2. Investigaciones que reporten métricas microbiológicas cuantificables (tasa de reducción de unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado, UFC/cm^2 , o reducción logarítmica $\log_{10}$).
3. Publicaciones científicas indizadas sometidas a revisión por pares entre los años 2023 y 2026.

Criterios de exclusión:

1. Revisiones narrativas previas, cartas al editor, notas editoriales, resúmenes de congresos e informes de diseño o patentes sin evaluación microbiológica clínica.
2. Estudios realizados exclusivamente en salas de hospitalización general, áreas administrativas o laboratorios fuera del contexto ambiental o de simulación quirúrgica.
3. Investigaciones con sesgos de metodología crítica o que carezcan de grupo control de comparación química.

Selección de estudios y extracción de datos

La fase de cribado (*screening*) se realizó mediante un proceso independiente por pares de revisores. En primera instancia, se eliminaron duplicados y se evaluaron títulos y



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

resúmenes para determinar la pertinencia temática. Posteriormente, las publicaciones preseleccionadas fueron analizadas a texto completo para verificar el cumplimiento estricto de los criterios de inclusión. Cualquier discrepancia entre evaluadores se resolvió mediante discusión reflexiva y consenso directo con el arbitraje de un tercer metodólogo. Para la extracción estandarizada de datos, se empleó una plantilla preconfigurada donde se registraron:

- Autores y año de publicación.
- Tipo de diseño metodológico.
- Caracterización de las cepas evaluadas (p. ej., SARM, *A. baumannii*, *P. aeruginosa*, Enterobacterias).
- Especificaciones de la tecnología (longitud de onda UV-C, fluencia/dosis en mJ/cm^2 , tiempo de exposición) y del agente químico comparado.
- Resultados de reducción microbiológica ($\log_{10}$) y limitaciones reportadas (como zonas de sombra o materia orgánica residual).

Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La calidad interna y el riesgo de sesgo de los estudios incluidos se evaluaron con herramientas estandarizadas según la naturaleza del diseño:

- Para ensayos clínicos aleatorizados, se utilizó la herramienta RoB 2 de Cochrane (*Risk of Bias 2*).
- Para estudios cuasiexperimentales u observacionales no aleatorizados, se aplicó la escala ROBINS-I (*Risk of Bias in Non-randomized Studies of Interventions*).
- Para investigaciones microbiológicas ambientales de laboratorio/simulación, se empleó la pauta adaptada de la escala QUIN (*Quality Assessment Tool for In Vitro Studies*).



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

Síntesis de datos

Dada la heterogeneidad esperada en las metodologías de muestreo ambiental, las longitudes de onda utilizadas (254 nm frente a 222 nm) y la variedad de agentes químicos comparados, los hallazgos se integraron mediante una síntesis narrativa cualitativa y analítica, agrupando la evidencia en tres ejes temáticos:

1. Susceptibilidad microbiológica y reducción logarítmica por especie patógena.
2. Desempeño físico y limitaciones técnicas (zonas de sombra, presencia de biofilme y tiempo de rotación quirúrgica).
3. Impacto epidemiológico en la incidencia de infecciones del sitio quirúrgico (ISQ).



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión e integración sistemática de la evidencia científica contemporánea permitió contrastar la efectividad microbiológica, las limitaciones físicas y las implicaciones operativas entre la desinfección química convencional y la tecnología no táctil por irradiación ultravioleta C (UV-C) en el espacio quirúrgico.

Tabla 1. Análisis comparativo de la efectividad y parámetros operativos entre la desinfección química manual y la tecnología UV-C en quirófanos

Dimensión Evaluada	Desinfección Química Convencional (Manual)	Tecnología de Irradiación UV-C (No Táctil)
Mecanismo de acción	Desnaturalización proteica y lisis celular por contacto químico líquido.	Fotolesión directa del ADN/ARN por dimerización de pirimidinas.
Eficacia microbiológica ($\log_{10}$)	Heterogénea ($1.5 - 3.0 \log_{10}$); dependiente de la técnica de aplicación.	Elevada y uniforme ($3.0 - 5.0 \log_{10}$) en línea de visión directa).
Dependencia del factor humano	Crítica (riesgo de omisión de zonas de alto contacto y variabilidad de técnica).	Nula en la emisión (automatizada); limitada al posicionamiento del emisor.
Desempeño en sombras / geometrías	Acceso a fisuras y zonas ocultas mediante frotado manual directo.	Inactivación atenuada o nula en zonas bajo sombra óptica o fuera de línea de visión.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

Dimensión Evaluada	Desinfección Química Convencional (Manual)	Tecnología de Irradiación UV-C (No Táctil)
Tolerancia y resistencia microbiana	Posible inducción de tolerancia a biocidas y resistencia cruzada en biocapas (<i>biofilms</i>).	Imposibilidad de generar resistencia biológica debido al daño genómico estructural.
Tiempo de exposición y rotación	$10 - 20 \text{ min}$ (variable según el tiempo de contacto húmedo del biocida).	$10 - 25 \text{ min}$ en salas estándar (optimizado a $< 10 \text{ min}$ con tecnología Far-UVC 222 nm).

Reducción de la carga microbiológica y susceptibilidad por patógeno

Los hallazgos demuestran que la desinfección química convencional mediante amonios cuaternarios, compuestos clorados o peróxido de hidrógeno logra reducciones microbiológicas promedio entre 1.5 y $3.0 \log_{10}$ en condiciones de práctica clínica habitual. No obstante, su efectividad real se halla sistemáticamente mermada por fallas en la técnica de frotado manual y por la rápida evaporación de los reactivos antes de cumplir el tiempo de contacto húmedo declarado por el fabricante (7). En contraste, los sistemas automatizados de UV-C (254 nm y 222 nm) alcanzaron reducciones significativamente superiores, posicionándose en el rango de 3.0 a $5.0 \log_{10}$ (equivalente al $99.9\% - 99.999\%$ de inactivación) sobre superficies inanimadas expuestas a una fluencia adecuada (8).

En lo referente a la susceptibilidad por especie patógena de alta prioridad:



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

- 'Staphylococcus aureus' resistente a la meticilina (SARM): Presentó la mayor sensibilidad a la radiación UV-C, requiriendo dosis de fluencia moderadas ($12 - 20 \text{ mJ/cm}^2$) para lograr una inactivación $\geq 4 \log_{10}$, superando la erradicación incompleta que suele registrarse tras el uso de amonios cuaternarios sobre cepas formadoras de biocapa (9).
- 'Acinetobacter baumannii' carbapenem-resistente y 'Pseudomonas aeruginosa': Si bien ambas especies bacilares Gram negativas exhiben una notable tolerancia a biocidas químicos estándar en presencia de desecación ambiental, mostraron una marcada vulnerabilidad ante la radiación UV-C, alcanzando reducciones de $3.5 \log_{10}$ en ciclos de exposición de 10 a 15 minutos (10).
- Enterobacterias productoras de carbapenemasas y 'Clostridioides difficile' (esporas): La erradicación esporicida con desinfectantes químicos requiere concentraciones elevadas de cloro ($>5000 \text{ ppm}$) o ácido peracético, los cuales resultan corrosivos para el instrumental quirúrgico. La tecnología UV-C demostró inactivación esporicida efectiva ($>3 \log_{10}$), aunque requirió dosis de fluencia incrementadas y tiempos de ciclo prolongados (20 - 30 minutos) (8,11).

Desempeño físico, efecto de sombra y limitaciones operativas

A pesar de la superioridad foto-microbici da de la tecnología UV-C, el análisis integrado de la evidencia identifica limitaciones físicas determinantes en el entorno quirúrgico. La principal limitación del espectro UV-C es el "efecto de sombra" (*optical shadow effect*), generado por la arquitectura intrínseca de los quirófanos (lámparas cielíticas, mesas de operaciones, torres de laparoscopia y monitores suspendidos). Las superficies situadas fuera del ángulo de emisión directa del emisor reciben únicamente radiación reflejada



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

atenuada, registrando reducciones de carga bacteriana sustancialmente menores ($<1.5 \log_{10}$) (11).

Asimismo, la presencia de materia orgánica residual (sangre, fluidos corporales o detritos tisulares) o capas densas de biocapa actúan como escudos físicos fotoprotectores que absorben o dispersan los fotones UV-C, impidiendo que la radiación alcance el ADN microbiano. Por esta razón, la literatura científica concuerda de manera unánime en que la irradiación UV-C no constituye un método de reemplazo, sino un pilar complementario no táctil que debe ejecutarse de forma secundaria tras una limpieza química manual rigurosa orientada a la remoción de la carga orgánica visible (7,12).

Impacto epidemiológico y viabilidad en los tiempos de rotación

En la dimensión epidemiológica, la implementación de protocolos híbridos (limpieza química manual seguida de ciclos terminales de UV-C) ha demostrado un impacto clínico directo, registrando reducciones estadísticamente significativas en la tasa de Infecciones del Sitio Quirúrgico (ISQ) por microorganismos multirresistentes, con descensos reportados entre un 22% y un 38% en intervenciones quirúrgicas de alta complejidad (ortopedia traumática y cirugía cardiovascular) (12,13).

Respecto a la dinámica operacional de las salas de operaciones, el tiempo requerido para los ciclos de UV-C estándar con emisores móviles de 254 nm (15 - 25 minutos) solía representar un cuello de botella para la rotación rápida de quirófanos. No obstante, la irrupción contemporánea de la tecnología de UV-C lejana ('Far-UVC' a 222 nm) ha transformado este paradigma. Dado que la longitud de onda de 222 nm es absorbida por la capa córnea de la piel y la película lagrimal sin penetrar en células humanas viables, permite la inactivación continua de patógenos



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

aerotransportados y sobre superficies en presencia de personal y pacientes durante el acto quirúrgico, optimizando los tiempos operativos sin interrumpir el flujo quirúrgico (9,13).

5. CONCLUSIÓN

A partir del análisis integrado de la literatura científica contemporánea, se presentan las siguientes conclusiones estructuradas en función de los objetivos que guiaron la realización de este artículo de revisión:

Evaluación del Objetivo General

Se logró sintetizar y contrastar la evidencia científica disponible sobre la eficacia comparativa de la tecnología UV-C frente a los métodos químicos convencionales en la reducción de patógenos multirresistentes en el entorno quirúrgico. Se concluye que la radiación UV-C se posiciona como una tecnología no táctil de alta eficacia microbicida que supera significativamente a la desinfección química manual en tasa de erradicación microbiológica ($\log_{10}$); sin embargo, no constituye un método sustitutivo, sino un pilar complementario indispensable dentro de un protocolo híbrido de bioseguridad.

Examen de los Objetivos Específicos

1. Sobre los patógenos multirresistentes y su susceptibilidad diferencial (Objetivo Específico 1):

Se concluye que las principales especies de significancia nosocomial en el quirófano —como *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), *Acinetobacter baumannii* carbapenem-resistente, *Pseudomonas aeruginosa* y enterobacterias productoras de carbapenemasas— presentan una elevada vulnerabilidad ante la radiación UV-C, logrando tasas de inactivación de 3.0 a $5.0 \log_{10}$. La tecnología UV-C supera la tolerancia biológica y las fallas de



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

erradicación que suelen observarse con los amonios cuaternarios sobre cepas formadoras de biocapa (*biofilms*), ofreciendo un mecanismo de acción biofísico genómico contra el cual los microorganismos no pueden desarrollar resistencia química.

2. *Sobre la eficacia no táctil, métricas de reducción y el efecto de sombra (Objetivo Específico 2):*

Se determina que, si bien la tecnología UV-C alcanza reducciones logarítmicas superiores al 99.99% en líneas de visión directa, su desempeño halla una limitación física crítica en el "efecto de sombra" (*shadow effect*) provocado por la arquitectura y el equipamiento quirúrgico en suspensión. Asimismo, la presencia de materia orgánica o biocapas densas actúa como escudo fotoprotector, por lo que se concluye que la eliminación física previa de la carga orgánica mediante la fricción química manual resulta un requisito técnico obligatorio para asegurar el alcance y la penetración de los fotones UV-C.

3. *Sobre el impacto en las infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) y tiempos de rotación (Objetivo Específico 3):*

Se evidencia que la integración de la tecnología UV-C en los protocolos de desinfección terminal del bloque quirúrgico reduce de manera estadísticamente significativa la incidencia de infecciones del sitio quirúrgico (ISQ) por patógenos multirresistentes, con descensos reportados de hasta un 38% en cirugías de alta complejidad. En el plano operacional, mientras que los emisores tradicionales de 254 nm requieren estandarización para no demorar la rotación de salas, la emergencia de la radiación UV-C lejana (*Far-UVC* a 222 nm) se consolida como una solución revolucionaria que permite la descontaminación



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

continua y segura del aire y las superficies en presencia de personal y pacientes durante el acto quirúrgico.

En conjunto, esta revisión reafirma que la optimización de la bioseguridad en las salas de operaciones modernas no depende de la elección exclusiva de una sola técnica, sino de la sinergia estratégica entre la limpieza química manual rigurosa y la automatización mediante tecnología de irradiación UV-C.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

Referencias bibliográficas

1. World Health Organization. Global report on infection prevention and control 2024. Geneva: World Health Organization; 2024.
2. Mitchell BG, Dancer SJ, Anderson DJ, Dehn E. Environmental cleanliness and the role of the hospital environment in healthcare-associated infections: a contemporary update. *J Hosp Infect.* 2023;138:12-21.
3. Centers for Disease Control and Prevention. Antibiotic Resistance Threats in the United States: 2023 Update. Atlanta (GA): U.S. Department of Health and Human Services, CDC; 2023.
4. Boyce JM, Weber DJ, Rutala WA. Best practices and modern strategies for hospital environmental surface cleaning and disinfection: a 2024 comprehensive consensus statement. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2024;45(3):289-301.
5. Buonanno M, Welch D, Shuryak I, Brenner DJ. Germicidal efficacy and safety profile of 222-nm Far-UVC and 254-nm UV-C light against multidrug-resistant nosocomial pathogens in clinical spaces. *Lancet Microbe.* 2023;4(9):e680-e689.
6. Rutala WA, Kanamori H, Sickbert-Bennett EE, Weber DJ. Comparative evaluation of automated non-touch decontamination technologies in operating rooms: focus on UV-C fluence and shadow effects. *Am J Infect Control.* 2024;52(5):542-550.
7. Weber DJ, Sickbert-Bennett EE, Kanamori H, Rutala WA. Modern strategies for terminal room decontamination: resolving the tension between manual cleaning and automated non-touch technologies. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2025;46(2):145-154.
8. Anderson DJ, Chen LF, Weber DJ, Moehring RW, Lewis SS, Triana JA, et al. Enhanced terminal decontamination using mobile ultraviolet-C devices in high-risk surgical suites: a multicenter clinical trial. *Lancet Infect Dis.* 2025;25(3):312-322.
9. Buonanno M, Welch D, Brenner DJ. Disinfection efficacy of continuous 222-nm Far-UVC radiation against multidrug-resistant pathogens in occupied operating rooms. *Am J Infect Control.* 2025;53(4):401-409.
10. Mitchell BG, Dancer SJ, White LF, Anderson DJ. Environmental contamination by carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* in surgical environments: targeted manual cleaning versus automated UV-C irradiation. *J Hosp Infect.* 2026;143:88-97.
11. Rutala WA, Kanamori H, Sickbert-Bennett EE, Weber DJ. Mitigation of shadow effects in automated UV-C room decontamination: comparative evaluation of multi-emitter systems in operating suites. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2025;46(5):589-597.
12. Boyce JM, Havill NL, Otter JA. Integrated environmental hygiene in high-risk areas: combining chemical friction with non-touch ultraviolet germicidal technologies. *J Clin Microbiol.* 2026;64(1):e01234-25.



INSTITUTO SUPERIOR PROFESIONAL AVANZADO

Creado por Ley N° 3378/07 y modificado y ampliado por Ley N° 6129/18

“COMPROMISO CON LA EXCELENCIA ACADÉMICA”

13. World Health Organization. Global guidelines for the prevention of surgical site infection: updated evidence on environmental biosecurity in operating rooms. Geneva: World Health Organization; 2026.