

**UNIVERSIDAD CATÓLICA REDEMPTORIS MATER  
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS  
CARRERA DE MEDICINA**



**TESIS MONOGRÁFICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
DOCTOR EN MEDICINA Y CIRUGÍA**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN: Infectología**

**Evidencia científica disponible sobre los efectos que ejercen los  
rayos ultravioleta tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios.  
Revisión sistemática**

**AUTOR**

**Morales-Chamorro, Kevin Virgilio**  
<https://orcid.org/0000-0002-0091-692X>

**TUTORA CIENTÍFICA Y METODOLOGÍA**

MSc Adriana Alfaro Chinchilla  
Bióloga con énfasis en Biotecnología  
Máster en Microbiología

**REVISORES DE LA INVESTIGACIÓN**

**REVISORA DE CONTENIDO**  
Dra. Fernanda Pineda Gea  
Docente de Facultad de Ciencias Médicas, UNICA

**REVISOR Y CORRECTOR DE ESTILO**

**Carlos Manuel Téllez, MSc.**  
Docente de Facultad de Ciencias Médicas, UNICA

Managua, Nicaragua  
16 de noviembre de 2020

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

Por darme el conocimiento necesario e iluminarme y ser una herramienta más de él, para brindar a la población un trabajo científico de gran utilidad para futuras aplicaciones e incentivar a más personas a llevar a cabo este tipo de investigaciones.

### **A mi familia**

A mis padres y a mi novia por creer en mí que puedo lograr lo que me propongo, brindarme todo el apoyo para culminar mi carrera y apoyarme en todo momento a pesar de las adversidades, han sido una luz, motivación, y un pilar para el desarrollo de mi ámbito personal y profesional hasta alcanzar lo que he soñado y a mi mascota por acompañarme en los días y noches de redacción y pensamientos de esta monografía.

### **Al mundo**

Que sea de gran utilidad para ayudar a crear soluciones innovadoras y tecnológicas para abordar problemas de salud, que tanto se necesitan hoy en día, para que muchos científicos y trabajadores de salud lo pongan en práctica, para salvar a más personas que sufren diario de infecciones asociadas a los cuidados de la salud, porque siempre la mejor medicina es la prevención.

## **Agradecimientos**

A Dios por siempre ser mi fiel acompañante, mi razón de ser, por darme consejos en las penumbras, por guiarme en los caminos correctos para dar soluciones a los que lo necesita, por elegirme para este increíble camino de servicio a la humanidad, agradezco profundamente a Dios por crearme, así como soy y por permitirme lograr mis sueños y más allá de ellos.

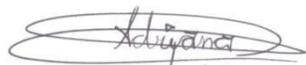
A mis padres y mi novia que siempre me entendieron, escucharon mis anhelos, e han hecho todo lo posible para que nunca desista y siempre persista, que me han llenado de valores cristianos y de buen ciudadano, me han ayudado a perseverar y lograr grandes cosas.

A todos mis docentes de academia y hospitales, siempre tan dispuesto a ayudarme a cualquier duda y apoyándome con todos mis proyectos de vida, gracias a ellos sigo en pie y soñando viendo el ejemplo de ellos de cómo son de grandes, por siempre decirme que si puedo lograr todo lo que me propongo y que siempre ayude al prójimo. A mis amigos y amigas siempre han sido una pieza fundamental en mi desarrollo, por sus consejos, escuchar mis opiniones, aprender de ellos muchos valores como tolerancia, respeto y trabajo en equipo, han sido los valores que me han hecho crecer dentro de la sociedad. A mi tutora por haber dedicado su tiempo y dedicación en cada momento de duda en este largo proceso investigativo que ha sido de muchas experiencias y enriquecimientos de nuevos conocimientos.

Al apoyo brindado del Parlamento Centroamericano por los fondos otorgados para realizar la investigación y su posterior aplicabilidad experimental.

## Opinión del tutor

En el transcurso de la investigación y elaboración del documento de la tesis de tipo revisión sistemática titulada “Evidencia científica disponible sobre los efectos que ejercen los rayos ultravioletas tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios”, el estudiante Kevin Virgilio Morales Chamorro, desarrolló el estudio de un modelo para la desinfección de material hospitalario adaptado a suplir la necesidades que hasta la fecha no han sido posible tratar completamente en la eliminación de microorganismos intrahospitalarios. Como resultados relevantes, se demostró vía múltiples estudios de referencia que el modelo planteado es capaz de eliminar microorganismos que generan infecciones asociadas a la atención en salud, incluyendo la pandemia por la COVID-19 que sufrimos actualmente. Durante el desarrollo de la investigación el estudiante aplicó con éxito diversas técnicas para definir referencias de buena calidad metodológica siguiendo los criterios de STROBE Y PRISMA, además de la herramienta GRADE para revisar la evidencia científica desde un punto de vista crítico; lo que le aportará destrezas para su futuro. Finalmente, el proyecto posee amplia aplicabilidad en hospitales y centros médicos no sólo de Nicaragua, sino también de Latinoamérica y otras regiones. Asimismo, el estudiante supo conciliar las virtudes de disciplina e independencia durante la realización del trabajo investigativo y logró aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera para generar una propuesta con alto valor científico y tecnológico. Cabe destacar que el estudiante ya ha recibido varios premios referentes a esta investigación. Por todo lo anterior considero que el estudiante Kevin Virgilio Morales Chamorro es merecedor del Título de Doctor en Medicina y Cirugía.



Adriana  
20641501171

**MSc. Adriana Alfaro Chinchilla**

## Resumen

**Introducción:** Las infecciones asociadas a la atención de salud actualmente son un gran problema de salud pública y encontrar un medio de desinfección es una prioridad, el surgimiento de la radiación ultravioleta para inactivar microorganismos hospitalarios es de importancia para evaluar su efectividad.

**Objetivo:** Estudiar la evidencia científica disponible respecto a los efectos que ejercen los rayos ultravioletas tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios, para utilizarla como referencia en investigaciones experimentales.

**Material y métodos:** Se trata de una revisión sistemática de tipo pronóstico fue Se utilizó la metodología de búsqueda en bases de datos por tesauros MeSH con sus operadores booleanos.

**Resultados:** Se incluyeron 14 estudios seleccionados de tipo observacionales y de revisión sistemática después de realizar una lectura crítica y verificar la lista de chequeo de STROBE y PRISMA, se analizó a través de GRADE su calidad de evidencia científica siendo moderadas y altas. Las luces 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*, *Staphylococcus coagulasa negativa*, *Bacillus cereus*, MRSA, *Candida spp*, *Clostridium difficile*, aeróbicos y anaerobios, además de la inactivación de los virus *Coronavirus*, *Bacillus subtilis*, *H7N9 A/Shangai/1/2013*, *SARS-COV urbani*, *Bovine coronavirus*, *TGEV*, *MHV-A59*, *HCOV229E*, *HCOV0C43*, *PEDV*, *SARS-COV1*, *H1N1*, *H5N1*, *MERS-COV*, *SARS-COV2*, en un 100% con diferentes distancias de exposición entre 3 cm y a 91.44 cm.

**Conclusión:** se identificó la evidencia científica sobre los efectos de rayos UVC en microorganismos hospitalarios, donde la longitud de onda más estudiada es 254 nm y demuestra mayor efectividad para reducir los patógenos por lo que se pretende a través del Ministerio de Salud realizar un modelo de estudio de aplicabilidad automatizado y tecnológico sobre el uso de los rayos UVC para esterilizar salas de cuidado intensivos, quirófanos, salas de aseo, salas de esterilizaciones y baños para disminuir la morbilidad y mortalidad de las IAAS.

**Palabras claves:** UVC, Rayos ultravioletas, microorganismos intrahospitalarios, patógenos nosocomiales.

**Correo del autor:** kmorales6@unica.edu.ni

## Abstract

The Healthcare-associated infections are currently a big public health problem and finding a solution of disinfection is a priority, the new method of ultraviolet radiation to inactivate hospital microorganisms is important to evaluate its effectiveness. The objective of this systematic prognostic review was to study the available scientific evidence regarding the effects of type C ultraviolet rays on intrahospital microorganisms, to be used as a reference in experimental research. The database search methodology was used with the MeSH thesauri, and their Boolean operators, with a result of 14 observational and systematic review studies after performing a critical reading and verifying the STROBE and PRISMA checklist, it was analyzed through GRADE, its quality of scientific evidence being moderate and high. The 254 nm UVC lights showed significant effectiveness of 33% to 100% in intrahospital microorganisms, the most common are *S. aureus*, *E. faecalis*, *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp*, *Staphylococcus coagulase negative*, *Bacillus cereus*, MRSA, *Candida spp*, *Clostridium difficile*, aerobic and anaerobic, in addition to the inactivation of the Coronaviruses, *Bacillus subtilis*, H7N9 A / Shanghai / 1/2013, SARS-COV urbani, Bovine coronavirus, TGEV, MHV-A59, HCOV229E, HCOV0C43, PEDV, SARS-COV1, H1N1, H5N1, MERS-COV, SARS-COV2, in 100% with different exposure distances between 3 to 91.44 cm. In conclusion, the scientific evidence on the effects of UVC rays in hospital microorganisms was identified, which the most studied wavelength is 254 nm, which shows greater effectiveness in reducing pathogens, so it is intended through the Ministry of Health to make a model of an automated and technological applicability study on the use of UVC rays to sterilize intensive care rooms, operating rooms, toilets, sterilizations and bathrooms to reduce the morbidity and mortality of healthcare-associated Infections.

Key words: UVC, ultraviolet rays, intrahospital microorganisms, nosocomial pathogens.

## Siglas, abreviaturas y acrónimos

A/Shangai/1/2013: Hemaglutinina recombinante de *Influenzavirus A*

AgNP: Nanopartículas de Plata

CPE: *Enterococos* Productoras de Carbapenemasas

CMP: Clínicas Médicas Provisionales

COVID-19: Enfermedad por Coronavirus 2019

ESBL: Enterobacteriaceae resistente a cefalosporinas y betalactamasas

H1N1: *Influenzavirus A* subtipo Hemaglutinina 1 Neuroaminidasa 1

H5N1: *Influenzavirus A* subtipo Hemaglutinina 5 Neuroaminidasa 1

H7N9: *Influenzavirus A* subtipo Hemaglutinina 7 Neuroaminidasa 9

HCOV0C43: Human Coronavirus OC43

HCOV229E: Human Coronavirus 229E

HIV: Virus de Inmunodeficiencia Humana

IAAS: Infecciones Asociadas a la Atención en Salud

LTAC: Unidad de Cuidados Intensivos de largo plazo

MERS-COV: Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus

MDRO: Microorganismos multidrogo-resistentes

MHV-A59: Coronavirus Mouse Hepatitis Virus A-59

MINSA: Ministerio de Salud

MRSA: *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de Naciones Unidas

PEDV: Virus Porcino de Diarrea Epidémica

SARS-COV: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus

SARS-COV 2: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2

SARS-COV urbani: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus urbani

SVE: Trabajador del Servicio Ambiental

TGEV: Gastroenteritis transmisible por Coronavirus

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

UV: Ultravioleta

UVA: Ultravioleta tipo A

UVC: Ultravioleta tipo C

UVGI: Radiación germicida ultravioleta

VISA: *Staphylococcus aureus* resistente intermedio a vancomicina

VRE: *Enterococcus* resistente a vancomicina

VRSA: *Staphylococcus aureus* resistente a vancomicina

## Índice

	Pág.
I	Introducción..... 1
II	Antecedentes ..... 4
III	Justificación..... 6
IV	Planteamiento del problema..... 7
V	Objetivos ..... 8
VI	Marco de referencia..... 9
6.1	Microorganismos hospitalarios ..... 9
6.2	Infecciones asociadas a los cuidados de la salud ..... 10
6.3	Rayos UVC ..... 11
6.4	Efectos de los rayos UVC sobre microorganismos..... 12
VII	Diseño Metodológico ..... 15
6.5	Tipo de estudio..... 15
6.6	Criterios de elegibilidad ..... 15
	Criterios de inclusión ..... 15
	Criterios de exclusión ..... 15
6.7	Fuentes de información..... 17
6.8	Técnicas de búsquedas de información ..... 17
6.9	Estrategia de Búsqueda bibliográfica ..... 17
6.10	Periodo de búsqueda bibliográfica ..... 19
6.11	Método de revisión bibliográfica ..... 19
6.12	Proceso de extracción de datos ..... 19
6.13	Control de sesgos entre los estudios incluidos en la revisión..... 26
6.14	Consideraciones éticas ..... 26
VIII	Resultados..... 27
IX	Discusión de resultados ..... 29
X	Conclusiones..... 31
XI	Recomendaciones..... 32

XII Referencias Bibliográficas ..... 33

XIII Anexos..... 41

Figura 1.TORRE DE LAMPARAS UVC UTILIZADAS POR LA UNIVERSIDAD DE NEBRASKA PARA ESTERILIZAR HOSPITALES

Figura 2.PIRAMIDE DE RESISTENCIA Y SUCEPTIBILIDAD DE MICROORGANISMOS HOSPITALARIOS.

Figura 3.EFECTOS DE LOS RAYOS UVC EN MICROORGANISMOS

Figura 4.ESQUEMA DE UNIDADES DE LAMPARAS UVC, EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS DE PARED.

Tabla 1.CRITERIOS DE CALIDAD CONSIDERADOS EN LAS DECLARACIONES STROBE y PRISMA

Tabla 2.TABLA DE REVISIÓN DE CALIDAD DE EVIDENCIA CIENTIFICA GRADE

Tabla 3. TABLA DE RESULTADOS DE ARTICULOS INCLUIDOS

Tabla 4. NÚMERO DE ARTÍCULOS CON AUTORES

## I 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 Salud, (OMS, 2017)

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* (OMS, 2017)

De igual manera, según OMS (2017), hay 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 simple virus de influenza virus.

Según World Health Organization (2020), en el último informe generado respecto a la situación actual de la pandemia generada por la COVID-19, (21 de septiembre del presente año), 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.

Según Arias et al. (2017) 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.

Según Balkhy et al. (2020) 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 *Enterococos spp.* resistentes a la vancomicina.

Hu et al. (2020) 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 (Nyangaresi et al., 2018), 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. (Ponnaiya et al., 2018)

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 IAASy aplicarlo en Latinoamérica.

## II Antecedentes

Morawska et al. (2020) estudiaron la inactivación del SARS-CoV-1 por rayos UVC y encontraron que un dispositivo de descontaminación UVC es capaz de inactivar MERS-CoV a 1.22 m, con una reducción de casi 6 log en 5 minutos. Aún no hay datos para el SARS-CoV-2, pero los estudios de otros coronavirus sugieren que es muy probable que sea susceptible a los rayos UVC, el objetivo de dicha estrategia consiste en minimizar la transmisión aérea de COVID-19 en interiores de entornos donde es difícil mejorar la ventilación y la adición de dispositivos locales de limpieza o desinfección del aire es complicada. Se observó que la Radiación Germicida Ultravioleta (UVGI) es eficaz contra un conjunto de microorganismos; incluidos los coronavirus y las micobacterias, de modo que su inactivación disminuye con el aumento de humedad.

Nakamura et al. (2020) concluyen que utilizar nanopartículas de plata (AgNP) alternadas con radiación UV a una longitud de onda de 365 nm, clasificada como luz ultravioleta A (UVA) y haciendo detección directamente por resonancia de espín de electrones se confirma que la irradiación ultravioleta de AgNP genera rápidamente radicales hidroxilo, mejora y potencia la actividad bactericida, lo que da la posibilidad de utilizarlo como agente oxidante al inactivar virus y bacterias.

Según Kim et al., (2016) en medios microbiológicos con *E. coli* O157: H7, *Salmonella entérica* serovar Typhimurium y *Listeria monocytogenes* que se irradiaron utilizando LED-UV a 266, 270, 275 y 279 nm en el espectro UVC a 0.1, 0.2, 0.5 y 0.7 mJ / cm<sup>2</sup>, respectivamente con una intensidad de radiación de los LED UV de aproximadamente 4 μW / cm<sup>2</sup>, donde las lámparas UV se cubrieron con películas de polipropileno para ajustar la intensidad de la luz de manera similar a las de los LED UV, que además, aplicaron UV-LED a trozos de queso en dosis de 1, 2 y 3 mJ / cm<sup>2</sup>. Los tratamientos UV-LED a 266 y 270 nm mostraron efectos de inactivación significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) respecto otros módulos de longitud de onda.

Song et al. (2019), describieron que la única forma de mejorar la inactivación de *E. coli*, es aplicar una exposición prolongada a los rayos UVA antes de la inactivación

de los UVC, lo que podría generar un efecto sinérgico significativo, además las longitudes de onda múltiples de los LED UV inactivan microorganismos en el agua.

Sisti et al. (2017), concluyen que la desinfección UV podría inactivar eficazmente *Aspergillus spp.* en agua del grifo, dado que el efecto de la UVGI de una lámpara de mercurio de baja presión en varias especies del género *Aspergillus spp.* incluyendo *A. flavipes*, *A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. glaucus*, *A. nidulans*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. ustus* y *A. versicolor* suspendidos en agua del grifo en condiciones de laboratorio, con 10 segundos de exposición y especies *A. glaucus*, *A. niudulans* y *A. ustus* fueron completamente inactivadas con 40 segundos de exposición, dicha desinfección podría utilizarse para reducir la exposición potencial de pacientes de alto riesgo a aerosoles de hongos, particularmente en entornos hospitalarios, donde se podrían instalar dispositivos de luz UV en el punto de uso para proporcionar agua potable a un costo muy bajo.

### III Justificación

El impacto de la pandemia por la COVID-19 y el incremento de las IAAS por bacterias, parásitos y hongos hospitalarios han generado gran impacto en la salud pública, la economía y el ambiente, afectándose además por la falta de insumos y equipo de protección médica. Dicho problema se ha observado por el incremento de la reutilización de equipos de protección al no disponer de medios seguros y de bajo costo de esterilización. Por ello, determinar una solución de valor teórico, como la utilización de UVC ayudaría a reducir en gran parte el impacto económico, ambiental y beneficiaría la salud pública.

En salud pública existen indicadores que deben seguirse para cumplir con la proyección que tiene la Organización de Naciones Unidas (ONU) para el año 2030 referente a Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre ellos: el fin de la pobreza, la igualdad de género, el agua potable y saneamiento, la industrialización, la innovación y la infraestructura, la reducción de las desigualdades y la creación de alianzas para lograr los objetivos, y principalmente la buena salud y el bienestar. A través ODS esta investigación será tomada como parte de la referencia de un estudio experimental sobre el uso de los rayos UVC en los hospitales de atención a pacientes regulares y pacientes con la COVID-19.

Los rayos UVC tienen ventajas sobre otros métodos de esterilización, tales como sustancias químicas y soluciones de limpieza, por sus costos, efectividad, duración de sus efectos y su utilización permanente. Por dicha razón, realizar una revisión sistemática para conocer sus implicaciones prácticas sobre los resultados a partir de artículos científicos referentes a los efectos que ejercen los rayos UVC sobre microorganismos hospitalarios generará un modelo de estudio de amplia aplicabilidad que puede utilizarse en el Ministerio de Salud (MINSA), Clínicas Médicas Provisionales (CMP) y clínicas médicas privadas para que establezcan parámetros adecuados al utilizar esta técnica, que contribuirá a la reducción IAAS provocadas por infecciones con virus, bacterias, hongos y parásitos hospitalarios donde su uso sea continuo, eficaz, seguro, y se beneficien a largo plazo tanto Nicaragua como en otros países de Latinoamérica.

#### IV Planteamiento del problema

¿Cuál es la evidencia científica disponible de los efectos que ejercen los rayos ultravioletas tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios?

Dando origen a las denominadas Variables **PICO** que se muestran a continuación:

**Población:** Microorganismos intrahospitalarios

**Intervención:** Rayos ultravioletas tipo C

**Control:** \_\_\_\_\_

**O (Resultados):** Identificar los efectos

## V Objetivos

### **Objetivo General:**

Sistematizar la evidencia científica disponible respecto a los efectos que ejercen los rayos ultravioleta tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios, para utilizarla como referencia en investigaciones experimentales.

### **Objetivos específicos:**

- ✓ Identificar los efectos que ejercen los rayos ultravioleta tipo C sobre microorganismos intrahospitalarios.
  
- ✓ Analizar cualitativamente la evidencia científica disponible sobre los efectos que ejercen los rayos ultravioletas tipo C sobre microorganismos hospitalarios.

## VI Marco de referencia

### 6.1 Microorganismos hospitalarios

Los investigadores han estudiado sobre los MDRO:

Según Rashid et al., (2018) el *Clostridium difficile*, suele estar presente en las suelas de los zapatos de los trabajadores de la salud y de las personas de la comunidad, representan gran peligro de contaminación para las personas al entrar en contacto con sus manos. Los estudios en entornos sanitarios y comunitarios, han demostrado la presencia de MRSA, VRE y bacterias gram-negativas resistentes a múltiples fármacos, en las suelas de los zapatos. Se encontraron cepas toxigénicas de *C. difficile* en muestras de suelas de zapatos de hogares no sanitarios en Houston, Texas, EE. UU. Varios estudios como (Heßling et al., 2020; Rowan & Laffey, 2020) también han investigado la dinámica de transmisión entre las suelas de los zapatos o las superficies del piso y la colonización del paciente, la mayoría de los estudios han demostrado el potencial de colonización por aerosolización, contacto directo o métodos indirectos. Sin embargo, hacen falta ensayos en entornos hospitalarios operativos que demuestren la eficacia de la radiación UVC continua o de manera periódica para eliminar las bacterias del aire, dichos estudios podrían ayudar a reducir las IAAS.

Ethington et al., (2018), evidenciaron que el uso continuo de UVC blindado a nivel de la habitación para reducir la carga biológica en el aire e infecciones enpacientes en una unidad de cuidados intensivos de un centro a largo plazo (LTAC), los rayos UVC con protección continua reducen las bacterias transportadas por el aire y también pueden reducir la cantidad de IAAS, incluidas las causadas por patógenos de

contacto, donde la reducción de infecciones da como resultado una menor morbilidad y costos más bajos.

## **6.2 Infecciones asociadas a los cuidados de la salud**

Los investigadores han estudiado sobre las IAAS:

Las IAAS siguen siendo fuente de morbilidad y mortalidad de los pacientes de cuidados intensivos en EE. UU., aproximadamente el 4% de los pacientes en un día determinado tienen al menos una IAAS. Además, la contaminación de las manos del personal médico podría resultar directamente del contacto con el paciente o indirectamente de tocar superficies ambientales contaminadas. Se ha demostrado que los guantes o las manos del personal de salud tienen la misma probabilidad de contaminarse al tocar a un paciente que al tocar una superficie ambiental en la habitación de un paciente. Durante la última década, se ha acumulado evidencia científica sustancial, la contaminación de las superficies ambientales en las habitaciones de los hospitales juega un papel importante en la transmisión de varios patógenos clave asociados con la atención médica, incluidos MRSA, VRE, *Clostridium difficile*, *Acinetobacter spp* y *Norovirus spp*. En general, todos estos patógenos comparten las siguientes características: capacidad de sobrevivir durante períodos prolongados de tiempo en superficies ambientales, capacidad de permanecer virulento después de la exposición ambiental, contaminación frecuente del ambiente hospitalario, capacidad para colonizar pacientes, capacidad de colonizar transitoriamente las manos del personal de salud y transmisión a través de las manos contaminadas del personal de salud. *Norovirus spp.* y *C. difficile*, también se destacan por pequeñas dosis de inoculación y resistencia relativa a los antisépticos y desinfectantes usados en

superficies ambientales donde el paciente fue admitido en una habitación previamente ocupada por un paciente colonizado o infectado con un patógeno (MRSA, VRE, *C. difficile*, *Acinetobacter spp*) tiene una mayor probabilidad de desarrollar colonización o infección con este. (Weber et al., 2016)

### **6.3 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. 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 demostrado por ser un complemento exitoso de la limpieza manual para reducir la biocarga ambiental y el dilema del preventivo de infecciones. (Spencer et al., 2017)

Según Gostine et al., (2016) 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. El deseo continuo 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. (Casini et al., 2019; Rashid et al., 2018 & Spencer et al., 2017)

#### **6.4 Efectos de los rayos UVC sobre microorganismos**

Según Kim y Kang, (2018) 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*. (Spencer et al., 2017)

Las partículas de aire viables representan un riesgo en áreas donde se combinan preparaciones estériles. Además (Guimera et al., 2018) 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 6 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 según (Welch *et al.*, 2018) 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 lejano 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 / cm<sup>2</sup> de luz de 222 nm inactivando > 95% del virus de la influenza H1N1 en aerosol dando las mismas conclusiones que (Spotnitz *et al.*, 2018) 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.

Además Ponnaiya *et al.*, (2018), 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 el igual de eficaz como la luz germicida típica (254 nm), pero sin inducir daño cutáneo, donde simularon 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.

## **VII Diseño Metodológico**

### **6.5 Tipo de estudio**

Revisión sistemática de pronóstico con enfoque cualitativo.

### **6.6 Criterios de elegibilidad**

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

#### **Criterios de inclusión**

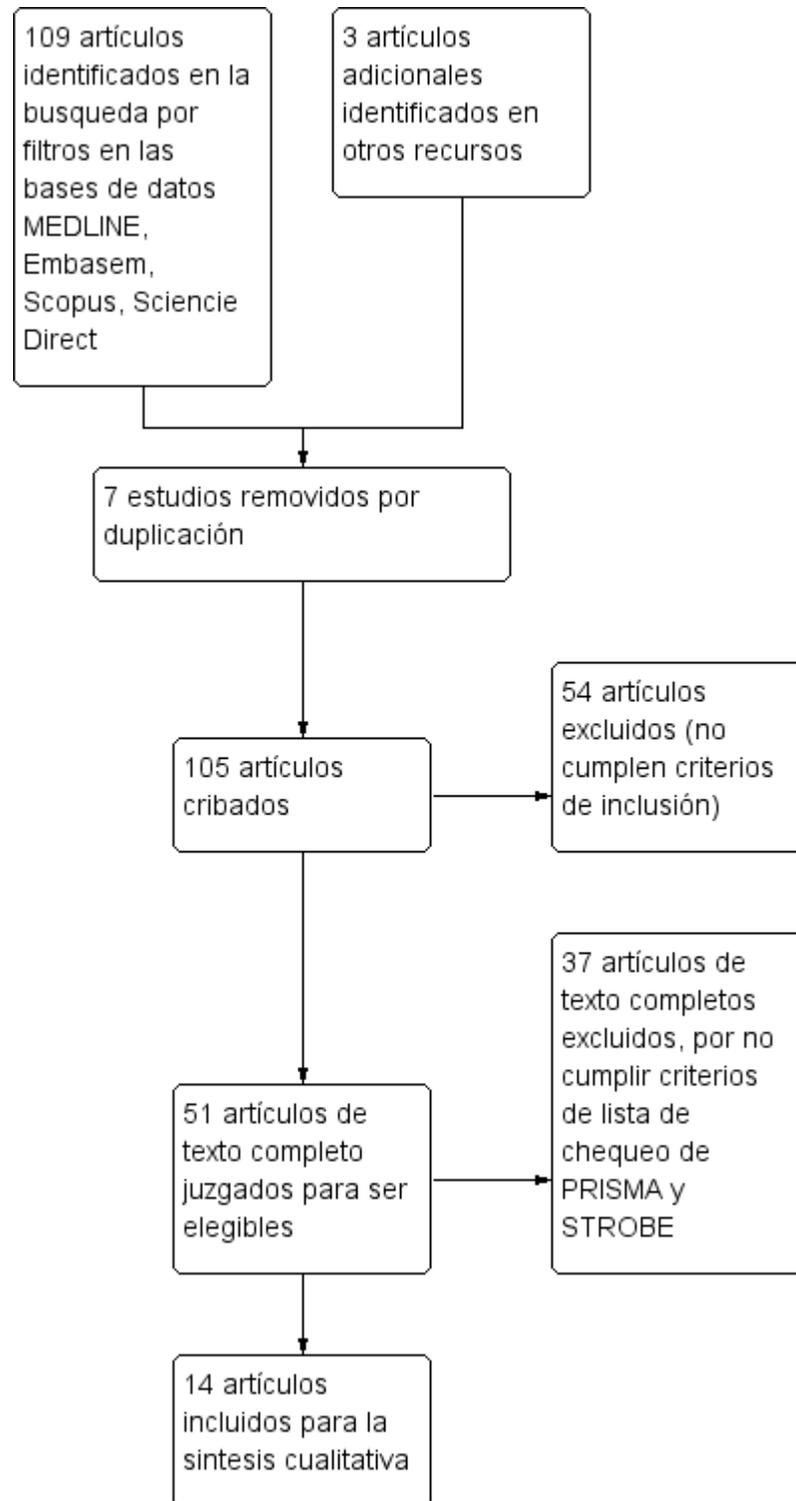
- Estudios que contienen los efectos de los rayos UVC sobre microorganismos intrahospitalarios.
- Investigaciones de tipo observacional, transversal, analíticas (caso y control, cohortes), y descriptivas sobre efectos de los UVC sobre microorganismos.
- Estudios que relacionen los UV con esterilización.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

#### **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

**Figura 1.**

**DIAGRAMA DE FLUJO DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS**



## **6.7 Fuentes de información**

Artículos tomados de revistas científicas de renombre, incluidos en la revisión sistemática con su descripción DOI.

## **6.8 Técnicas de búsquedas de información**

A través de la página de búsqueda de Google, se ingresó a la página del Metabusador (PubMed) y se redactó la cadena de búsqueda del tercer paso del acápite de estrategias de búsqueda:

- PubMed (Motor de búsqueda de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos) Link <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Y dio acceso a las siguientes bases de datos para descargar los artículos:

- Medline (Base de Datos de la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos) Link: <https://medlineplus.gov/spanish/>
- Scopus (Base de Datos Bibliográfica de la revista Elsevier) Link: <https://www.scopus.com/home.uri>
- Sciencedirect (Sitio web que proporciona acceso por pagar una suscripción mensual una gran base de datos de búsqueda científica y médica operada por Elsevier) Link: <https://www.sciencedirect.com/>

## **6.9 Estrategia de Búsqueda bibliográfica**

Para realizar la búsqueda bibliográfica utilizada, se siguieron los siguientes pasos:

Paso 1: Los tesauros DeSH utilizados para las búsquedas han sido: “Ultraviolet Rays”, “Environmental Microbiology”, “Bacteria”, “Viruses”, “Fungi”, “Parasite”

Paso 2: Se muestran los comparativos de los tesauros DeSC y MeSH utilizados en la búsqueda bibliográfica realizada, resumidos en el cuadro 1.

### Cuadro 1.

#### Comparativo de Tesauros.

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

#### Paso 3:

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])

#### Paso 4:

Para esta revisión sistemática se utilizaron los descriptores MeSH específicos descritos en el segundo paso en este acápite, con el fin de identificar lo máximo posible de los artículos, tras haber realizado la búsqueda en el Metabusador de PubMed, en primera instancia, en forma independiente para cada uno de los términos MeSH, luego haciendo uso de los operadores booleanos, calificadores de campo y paréntesis, unificamos los tesauros y realizamos la búsqueda de manera combinada, según las siguientes características:

- Límites de la estrategia de búsquedas aplicada en la base de datos:
- Estudios realizados en microorganismos
- Publicaciones en idioma inglés y español
- Publicaciones del 2015 al 2020
- Artículos completos

### **6.10 Periodo de búsqueda bibliográfica**

Realizada entre el 13 de julio y el 23 de septiembre del 2020.

Fechas de últimas búsquedas: 23/09/20

### **6.11 Método de revisión bibliográfica**

Se utilizó el cuadro del anexo 5, sobre las herramientas de valoración de la calidad metodológica STROBE, PRISMA, y el método de revisión de evidencia científica en línea GRADEpro GDT que se necesita inscribir una cuenta totalmente gratuita en Cochrane para poder realizar la evaluación de calidad científica desde el punto de vista crítico.

### **6.12 Proceso de extracción de datos**

Los artículos fueron descargados directamente de las revistas científicas, gratuitamente y por suscripción en formato PDF, después de encontrarlos en las bases de datos descritas en las técnicas de búsqueda de información, posteriormente se identificó los artículos potenciales que son observacionales y de revisión sistemática, se descartó los artículos de ensayos clínicos, luego se realizó el análisis con la lista de chequeo de PRISMA y STROBE y los artículos que cumplían con el puntaje máximo en cada uno fueron los artículos seleccionados, seguidamente a través de la lectura crítica se seleccionó las variables homogéneas en cada artículo para posteriormente hacer el procesamiento de su información.

Se utilizarán los cuadros 2, 3 y 4 para sintetizar los datos de las publicaciones, así como el contenido de estas y las características de los artículos excluidos, respectivamente.

## Cuadro 2.

### Datos de las publicaciones

Numero de Artículo (ID)	Autores	Tipo de Publicación	Año de publicación	País de publicación	Idioma de publicación	Título de la investigación
1	Malhotra et al.,	Artículo original	2020	Estados Unidos	Inglés	Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device
2	Ghorbal et al.,	Artículo original	2019	Tunisia	Inglés	Pseudomonas aeruginosa swarmer cells adaptation toward UVc radiations.
3	Mustapha et al.,	Artículo original	2018	Estados Unidos	Inglés	Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care-associated pathogens on hospital floors.
4	Ethington et al.,	Artículo original	2018	Estados Unidos	Inglés	cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital.
5	Gostine et al.,	Artículo original	2016	Estados Unidos	Inglés	Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis.
6	Casini et al.,	Artículo original	2019	Italia	Inglés	Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas.
7	Hosein et al.,	Artículo original	2016	Estados Unidos	Inglés	Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet light device for isolation room disinfection in a United Kingdom hospital
8	Cooper et al.,	Artículo original	2016	Canada	Inglés	Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom.
9	Seresirikachom et al.,	Artículo original	2020	Tailandia	Inglés	decontamination and reuse of surgical masks and N95 filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: A systematic review.
10	Rubio-Romero et al.,	Artículo original	2020	España	Inglés	Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic.
11	Rodriguez-Martinez et al.,	Artículo original	2020	Colombia	Inglés	Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature
12	Heßling et al.,	Artículo original	2020	Alemania	Inglés	Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies
13	Goel et al.,	Artículo original	2020	Reino Unido	Inglés	Resilient and agile engineering solutions to address societal challenges such as coronavirus pandemic
14	Sagripanti & Lytle	Artículo original	2020	Estados Unidos	Inglés	Estimated Inactivation of Coronaviruses by Solar Radiation With Special Reference to COVID-19.

### Cuadro 3.

#### Contenido de las publicaciones

Numero de Artículo (ID)	Diseño de investigación	Periodo, muestra	VARIABLES estudiadas	Principales resultados	Conclusiones del estudio	Puntaje STROBE	Puntaje PRISMA	GRADE
1	Longitudinal		Microorganismo	Microorganismo: <i>S. aureus</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Staphylococcus coagulasa negativa</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Encontraron en los 30 celulares cultivados con un total de 118 colonias y se calculo la efectividad de los ciclos de desinfección con los UVC siendo facil de usar y desinfectando los dispositivos, y que la luz de la pandemia de coronavirus (COVID-19) en curso, un enfoque estandarizado para la desinfección con UVC de teléfonos puede ser valioso para prevenir infecciones asociadas con la atención médica.	22	NA	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 90 a 99%				
			Tiempo	Tiempo: 2 ciclos de 30 seg				
			Intensidad	Intensidad: 12 W				
			Distancia	Distancia: 91.44 cm				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Hemocultivo							
2	Cohorte		Microorganismo	Microorganismo: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	El examen de células enjambres resistentes preexpuestas a radiaciones UVC durante 5 y 15 min ha demostrado que esta resistencia se correlaciona con un aumento significativo en el contenido de ácidos grasos estos podrían influir en la capacidad de P. aeruginosa para tolerar la exposición a los rayos UVC y, por lo tanto, resultarían en una capacidad importante para formar más biomasa de biopelícula en las superficies colonizadas, después de la exposición a las radiaciones UVC.	22	NA	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 79.93 a 86.30%				
			Distancia	Distancia: 9144 cm				
			Intensidad	Intensidad: 4 mW/cm <sup>2</sup>				
			Tiempo	Tiempo: 40 min				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Celulares de personal de salud							
3	Cohorte		Microorganismo	Microorganismo: <i>MRSA</i> , <i>Candida spp.</i> , <i>Clostridium difficile</i>	Se demostró que la limpieza manual del personal de limpieza mas el uso automatizado de UVC en cuartos de paciente fue efectivo para la descontaminación de bacterias intrahospitalarias	22	NA	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 97 a 100%				
			Tiempo	Tiempo: 3 a 5 min				
			Distancia	Distancia: 91.44 cm				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Camas y pisos				
4	Cohorte		Microorganismo	Microorganismo: <i>MRSA</i> y <i>VRE</i>	El uso continuo de los escudos UVC redujeron las bacterias en aerosoles y un bajo porcentaje del numero de las IAAS, incluyendo los patógenos de contacto. La reducción de infecciones da resultado a la disminución de la morbilidad y bajar los costos, estas facilidades de salud se deben de considerar el uso continuo de los escudos UVC en los cuartos de nivel como una posible adición al protocolo para control y prevención de infecciones	22	NA	⊕⊕⊕○ MODERADO
			Reducción	Reducción: 33 a 46%				
			Intensidad	Intensidad: 15 W				
			Distancia	Distancia: 500 cm				
			Tiempo	Tiempo: 24 horas				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Camas							
5	Longitudinal		Microorganismo	Microorganismo: <i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Enterococcus spp.</i> , <i>VRE</i> , <i>MRSA</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Pasteurella spp.</i> , <i>Klebsiella spp.</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i>	Las lámparas UV descontaminaron efectivamente los teclados de computadoras con la mínima interrupción y baja cantidad de exposición, se necesitan mas estudios para determinar la reducción de las IAAS en hospitales con el uso de estos dispositivos	22	NA	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 99.2 a 99.6%				
			Intensidad	Intensidad: 60 μW/cm <sup>2</sup>				
			Distancia	Distancia: 91.44 cm				
			Tiempo	Tiempo: 6 a 10 min				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Teclado de computadoras de personal médico							

6	Transversal		Microorganismo	Microorganismo: <i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Clostridium difficile</i> , bacterias de aerosoles	Las pulsaciones de la tecnología UV fue efectiva para reducir todos los recuentos de bacterias y con resultados significantes mas que la desinfección manual en las superficies de hospitales, la evaluación clínica sobre la reducción de las IAAS es una de las estrategias mas importantes para el uso y justificación de estos nuevos usos para desinfección de hospitales	22	NA	⊕⊕⊕○ MODERADO
			Reducción	Reducción: 82%				
			Tiempo	Tiempo: 5 a 10 min				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Camas				
7	Transversal		Microorganismo	Microorganismo: <i>MRSA</i> , <i>VRE</i> , <i>CPE</i> , <i>Aeróbicos</i> , <i>Acinetobacter multidrogo-</i> <i>resistentes</i>	El uso de ultravioleta de xenon disminuyó la carga biológica en los cuartos de pacientes y en las placas de agar con agentes multidrogo-resistentes, la implementación de este dispositivo, fue bien recibido para la limpieza en hospitales y por la poca interrupción de los trabajadores y pacientes de las areas	22	NA	⊕⊕⊕○ MODERADO
			Reducción	Reducción: 78%				
			Tiempo	Tiempo: 1 a 3 ciclos de 5 min				
			Distancia	Distancia: 300 cm				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Camas, mesas, inodoro, regadera, baño							
8	Caso control		Microorganismo	Microorganismo: Aerobios y anaeróbicos	Los resultados demuestran la utilidad potencial de la instalación permanente de las luces UVC para complementar los esfuerzos de descontaminación, específicamente por su corta y segura acción, además de la eficacia antimicrobiana, hacen que el dispositivo sea ideal para el uso en baños de pacientes, cuartos de procedimientos y aplicaciones comerciales	22	NA	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 95-97%				
			Tiempo	Tiempo: 5 min				
			Distancia	Distancia: 150 cm				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Baño							
9	Revisión Sistemática		Microorganismo	Microorganismo: SARS- <i>COV1</i> , <i>H1N1</i> , y <i>H5N1</i>	La selección de los métodos de descontaminación fueron considerados a la base de datos por su efectividad en desinfección de virus y bacterias, la filtración eficiente y las estructuras intactas de las mascarillas FFRs, basados en la inactivación de los virus de la influenza y bacterias, la radiación germicida ultravioleta, calentamiento, y vaporización de peróxido de hidrogeno, son los mejores métodos de descontaminación usados en la practica	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Tiempo	Tiempo: 15 min				
			Intensidad	Intensidad: 4.016 W/cm <sup>2</sup>				
			Distancia	Distancia: 3 cm				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Cultivo							
10	Revisión Sistemática		Microorganismo	Microorganismo: Ebola virus, Coronavirus	Los resultados mostraron los métodos prometedores que se usaron como evaporización de peróxido de hidrogeno y radiación ultravioleta, calentamientos y gas de ozono y las radiación ultravioleta	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Tiempo	Tiempo: 15 a 30 min				
			Distancia	Distancia: 91.44 cm				
			Intensidad	Intensidad: 100 μW/cm <sup>2</sup>				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
Medio de muestra	Medio de muestra: Mascarillas de personal de salud							

11	Revisión Sistemática		Microorganismo	Microorganismo: <i>Influenza virus, Bacillus subtilis, H1N1, H5N1, H7N9 A/Shanghai/1/2013, MERS-COV2, SARS-COV1, SARS-COV2</i>	Los metodos para descontaminacion y reusar las N95 FFRs tiene ventajas y desventajas, sin embargo los rayos ultravioleta y vaporización de peroxido de hidrogeno pueden ser los metodos mas prometedores	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Tiempo	Tiempo: 15 a 30 min				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Intensidad	Intensidad: 1.6 mW/cm <sup>2</sup> a 2.2 mW/cm <sup>2</sup> y 15 W a 40 W				
			Distancia	Distancia: 25-32 cm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Cultivo				
12	Revisión Sistemática		Microorganismo	Microorganismo: <i>SARS-COV urbani, Bovine coronavirus, MERS-COV, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, Candida spp., TGEV, MHV-A59, HCOV229E, HCOV0C43, PEDV</i>	Dado que los coronavirus no difieren estructuralmente de ningún gran exento, el virus SARS-CoV-2 - así como posibles mutaciones futuras muy probablemente sea muy sensible a los rayos UV, por lo que la desinfección UV común, en los procedimientos inactivarán el nuevo virus SARS-CoV-2 sin más modificación	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Intensidad	Intensidad: 1.64 mW/cm <sup>2</sup>				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Cultivo				
13	Revisión Sistemática		Microorganismo	Microorganismo: <i>SARS-COV1</i>	El desarrollo de la luz ultravioleta ha sido observado como una solución prometedora usando medidas de precaución para implementar en lugar públicos como centro comerciales, aeropuertos, teatros, y estaciones de trenes	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Tiempo	Tiempo: 40 min				
			Intensidad	Intensidad: 0.6 mJ/cm <sup>2</sup> a 11.754 mJ/cm <sup>2</sup> a 40 mJ/cm <sup>2</sup>				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Cultivo				
14	Revisión Sistemática	2020	Microorganismo	Microorganismo: <i>SARS-COV2</i>	Los resultados indican que <i>SARS-COV2</i> en aerosoles puede inactivarse relativamente rápido durante el verano en ciudades grandes del mundo, indicando que la luz solar ocupa un papel importante, sobre la propagación y duración de la pandemia	NA	27	⊕⊕⊕⊕ ALTA
			Reducción	Reducción: 100%				
			Tiempo	Tiempo: 40 min				
			Longitud de onda	Longitud de onda: 254 nm				
			Medio de muestra	Medio de muestra: Cultivo				

## Cuadro 4.

### *Características de artículos excluidos*

Numero de Artículo	Autor (es)	Título de la investigación	Criterio que no cumple	Publicado en
15	(Mathebula et al., 2018)	The Use of UVC-LEDs for the Disinfection of Mycobacterium Tuberculosis.	No cumple puntaje PRISMA	<i>IEEE PES/IAS PowerAfrica</i>
16	(Milonova et al., 2016)	Occupant UV exposure measurements for upper-room ultraviolet germicidal irradiation.	Experimental	<i>Journal of Photochemistry and Photobiology</i>
17	(Jelden et al., 2017)	Ultraviolet (UV)-reflective paint with ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) improves decontamination of nosocomial bacteria on hospital room surfaces	Experimental	<i>Journal of Occupational and Environmental Hygiene.</i>
18	(Lai et al., 2018)	. A pilot study on the disinfection efficacy of localized UV on the flushing-generated spread of pathogens.	Experimental	<i>Elsevier. Journal of Hazardous Materials</i>
19	(Guimera et al., 2018)	Effectiveness of a shielded ultraviolet C air disinfection system in an inpatient pharmacy of a tertiary care children's hospital.	Experimental	<i>Elsevier. American Journal of Infection Control.</i>
20	(Welch, Buonanno, et al., 2018)	Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases.	Experimental	<i>Scientific Reports.</i>
21	(Welch, Spotnitz, et al., 2018)	<i>Far-UVC light applications: sterilization of MRSA on a surface and inactivation of aerosolized influenza virus.</i>	Experimental	<i>Journal of Proceeding of Spie</i>
22	(Ponnaiya et al., 2018)	Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo.	Experimental	<i>PLoS ONE.</i>
23	(Narita et al., 2020)	Disinfection and healing effects of 222-nm UVC light on methicillin-resistant Staphylococcus aureus infection in mouse wounds.	Experimental	<i>Journal of Photochemistry and Photobiology</i>
24	(Kim & Kang, 2018)	UVC LED irradiation effectively inactivates aerosolized viruses, bacteria, and fungi in a chamber-type air disinfection system.	Experimental	<i>Journal American Society for Microbiology. Applied and Environmental Microbiology</i>
25	(Byms et al., 2017)	The uses and limitations of a hand-held germicidal ultraviolet wand for surface disinfection.	Experimental	<i>Journal of Occupational and Environmental Hygiene.</i>
26	(Ryu et al., 2018)	Applicability of integrated cell culture reverse transcriptase quantitative PCR (ICC-RTqPCR) for the simultaneous detection of the four human enteric enterovirus species in disinfection studies.	Experimental	<i>Journal of Virological Methods.</i>
27	(Kowalski, 2020)	2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility	No cumple puntaje PRISMA	<i>Purple Sun</i>
28	(Nunayon et al., 2020a)	A novel upper-room UVC-LED irradiation system for disinfection of indoor bioaerosols under different operating and airflow conditions.	Experimental	<i>Elsevier. Journal of Hazardous Materials</i>
29	(Hu et al., 2020)	A short review of bioaerosol emissions from gas bioreactors: Health threats, influencing factors and control technologies.	No cumple puntaje PRISMA	<i>Elsevier. Chemosphere</i>
30	(Nunayon et al., 2020b)	Comparison of disinfection performance of UVC-LED and conventional upper-room UVGI systems. Indoor Air.	Experimental	<i>Journal Wiley. Indoor Air.</i>
31	(Narla et al., 2020)	The importance of the minimum dosage necessary for UVC decontamination of N95 respirators during the COVID-19 pandemic.	No cumple puntaje STROBE	<i>Journal of Wiley. In Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine.</i>

32	(Spencer et al., 2017)	A model for choosing an automated ultraviolet-C disinfection system and building a case for the C-suite: Two case reports.	No cumple puntaje STROBE	<i>Elsevier. American Journal of Infection Control.</i>
33	(Beck et al., 2016)	Comparison of UV-induced inactivation and RNA damage in MS2 phage across the germicidal UV spectrum.	Experimental	<i>Journal American Society for Microbiology. Applied and Environmental Microbiology.</i>
34	(Weber et al., 2016)	Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials.	Experimental	<i>Elsevier. American Journal of Infection Control</i>
35	(Narita et al., 2020)	222-nm UVC inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. .	Experimental	<i>Elsevier. Journal of Hospital Infection</i>
36	(Kohli et al., 2020)	UVC Germicidal Units: Determination of Dose Received and Parameters to be Considered for N95 Respirator Decontamination and Reuse.	Experimental	<i>Journal of American Society for Photobiology. Photochemistry and Photobiology</i>
37	(J. Wang et al., 2020)	Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China.	No cumple puntaje PRISMA	<i>Elsevier. In Environmental Pollution</i>
38	(Irving et al., 2016)	A comparison study of the degradative effects and safety implications of UVC and 405 nm germicidal light sources for endoscope storage.	Experimental	<i>Elsevier. Polymer Degradation and Stability.</i>
39	(Messina et al., 2016)	Time effectiveness of Ultraviolet C light (UVC) emitted by Light Emitting Diodes (LEDs) in reducing stethoscope contamination	Experimental	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health.</i>
40	(Neelakandan et al., 2020)	Chitra Ultraviolet-C-Based Facemask Disposal Bin. <i>Transactions of the Indian National Academy of Engineering .</i>	Experimental	<i>Springer. Transactions of the Indian National Academy of Engineering.</i>
41	(Rowan & Laffey, 2020)	Challenges and solutions for addressing critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from Coronavirus disease (COVID19) pandemic – Case study from the Republic of Ireland.	No cumple puntaje STROBE	<i>Elsevier. Science of the Total Environment.</i>
42	(Kim et al., 2017)	Bactericidal effect of 266 to 279 nm wavelength UVC-LEDs for inactivation of Gram positive and Gram negative foodborne pathogenic bacteria and yeasts.	Experimental	<i>Elsevier Food Research International.</i>
43	(Buonanno et al., 2020)	Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. <i>Scientific Reports.</i>	Experimental	<i>. Scientific Reports.</i>
44	(Cadnum et al., 2020)	Effectiveness of ultraviolet-c light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of n95 respirators.	Experimental	<i>Journal Pathogens and Immunity</i>
45	(Mackenzie, 2020a)	Reuse of N95 Masks.	No cumple puntaje PRISMA	<i>Elsevier. Engineering.</i>
46	(Kim et al., 2016)	Using UVC light-emitting diodes at wavelengths of 266 to 279 nanometers to inactivate foodborne pathogens and pasteurize sliced cheese. .	Experimental	<i>American Society for Microbiology. Applied and Environmental Microbiology</i>
47	(Mackenzie, 2020b)	Ultraviolet Light Fights New Virus	No cumple puntaje PRISMA	<i>Elsevier. Engineering.</i>
48	(Su et al., 2017)	A case study of upper-room UVGI in densely- occupied elementary classrooms by real-time fluorescent bioaerosol measurements.	Experimental	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health.</i>
49	(Rashid et al., 2018)	Evaluation of a shoe sole UVC device to reduce pathogen colonization on floors, surfaces and patients.	Experimental	<i>Elsevier. Journal of Hospital Infection.</i>
50	(Meyers et al., 2017)	UVC radiation as an effective disinfectant method to inactivate human papillomaviruses	No cumple puntaje STROBE	<i>PLoS ONE</i>
51	(Eisenlöffel et al., 2019)	Impact of UVC-sustained recirculating air filtration on airborne bacteria and dust in a pig facility.	Experimental	<i>PLoS ONE</i>

### **6.13 Control de sesgos entre los estudios incluidos en la revisión**

Para el control de sesgo de selección, se realizó la lectura crítica y exhaustiva de los artículos incluidos sobre la definición de criterios de elegibilidad y el establecimiento de los límites de búsqueda, además del uso de criterios PRISMA y STROBE.

Para el control de sesgo de la publicación se verificó a través de los números DOI de cada artículo si correspondía entre sí en los sitios de búsqueda de Google.

### **6.14 Consideraciones éticas**

Se declara que, en la revisión sistemática realizada, no se presentan conflictos de intereses y los hallazgos presentados solo representan las afirmaciones del investigador y no de la Universidad Católica Redemptoris Mater (UNICA).

La investigación cumple con todos los principios según la World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects (2013), enfatizada a los principios de comprender las causas, la evolución y los efectos de las enfermedades y además de mejorar las intervenciones preventivas, diagnósticas y terapéuticas (métodos, procedimientos y tratamientos), para investigaciones donde hayan humanos asociados. Incluso, las mejores intervenciones probadas deben ser evaluadas continuamente a través de la investigación para que sean seguras, eficaces, efectivas, accesibles y de calidad. Además, el proyecto aplica el principio referente a la investigación médica con reducción al mínimo impacto sobre el medio ambiente, de modo que no se alteran fuentes de agua, flora ni fauna.

Además, según López (2012) los aspectos bioéticos cumplidos en nuestros estudios son: el respeto por las personas al no existir la identidad de ninguna persona, la no maleficencia por no contener efectos que puedan afectar a los seres humanos, la beneficencia en búsqueda a soluciones de los efectos que actualmente afectan a la humanidad y la justicia por cumplir con las normas establecidas sin preferencias.

## VIII Resultados

En la tabla N°2, se indican los microorganismos observados en los estudios incluidos que se expusieron a los rayos UVC.

Los medios de recolección y de estudios fueron muy variables, de modo que 1 de 14 estudios fue un hemocultivo, en 5 de 14 estudios fueron de cultivos, 4 de 14 estudios fueron de muestras de camas, 1 de 14 estudios fue de muestras de pisos, 1 de 14 estudios fue de muestras de celulares de personal médico, 1 de 14 estudios fue de muestras de inodoros, 1 de 14 estudios fue de muestras de mesas, 1 de 14 estudios fue de muestras de teclados de computadoras, 2 de 14 estudios fueron muestra de baños, 1 de 14 estudios fue de muestras de mascarillas de personal médico y 1 de 14 estudios fue de regaderas de cuartos de pacientes.

De los 14 artículos, en 4 de 14 se trabajó con MRSA. En 3 de 14 se utilizó *S. aureus*, H1N1, VRE, SARS-COV1. En 2 de 14 estudios *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp.*, *Candida spp.*, *Clostridium difficile*. *Staphylococcus spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, aeróbicos, H5N1, MERS-COV, SARS-COV2 y en 1 de 14 estudios *E. faecalis*, *Staphylococcus coagulasa negativa*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Streptococcus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Pasteurella spp.*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.*, bacterias de aerosoles, CPE, *Acinetobacter* multidrogo-resistentes, Anaerobios, *Ebola virus*, *Coronavirus*, *Bacillus subtilis*, H7N9 A/Shangai/1/2013, SARS-COV *urbani*, *Bovine coronavirus*, *Escherichia coli*, TGEV, MHV-A59, HCOV229E, HCOV0C43, PEDV.

Sobre la reducción de las unidades formadoras de colonia se encontró del 33% al 100% de los microorganismos intrahospitalarios, así mismo sobre los tiempos de exposición de los rayos UVC se encontró de 1 a 2 ciclos de 30 segundos, ciclos individuales de 5 a 40 minutos, de 1 a 3 ciclos de 5 minutos, y hasta exposición continua de 24 horas por varios días.

Un dato homogéneo que se encontró fue la longitud de onda de los rayos ultravioleta de 254 nm en el 100% de los estudios, sin embargo la intensidad fue variable y no en todos los artículos estaba disponible, se encontró un total de 10

estudios donde se tomó en cuenta un rango diferencial de intensidad medida de 60  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  a 40  $\text{mJ}/\text{cm}^2$

Las distancias entre los rayos UVC y los microorganismos fueron versátiles y no en todos los artículos estaban disponibles, por lo que en 10 de los 14 estudios seleccionados se encontraron distancias 3 cm a 500 cm de las lámparas a la superficie estudiada.

La calidad de evidencia científica según la encontrada en la metodología GRADE fue de moderada en 3 estudios por no describir la evidencia indirecta y por imprecisión al no explicar bien los porcentajes totales y en 11 estudios fueron de calidad de evidencia científica alta por cumplir los parámetros adecuados.

## IX Discusión de resultados

Los microorganismos que se eliminan más fácilmente son: *S. aureus*, *E. faecalis*, *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter spp*, *Staphylococcus coagulasa* negativa, *Bacillus cereus*, MRSA, *Candida spp*, *Clostridium difficile*, *E. coli*, aeróbicos y anaerobios, según los estudios esto es relativo a la distancia y al tiempo, como distancia mínima en la exposición de estos microorganismos fue de 91.44 cm y la distancia máxima fue de 150 cm con un tiempo mínimo de 5 minutos se eliminaron más del 95%.

Según Ethington et al., (2018) microorganismos más difíciles de eliminar son las: *Pseudomonas aeruginosa*, MRSA, VRE, CPE, *Acinetobacter* multidrogo- resistentes, donde los porcentajes de eliminación son de 33% debido a la distancias probadas de 91.44 cm a 500 cm y los tiempos de exposición fueron de 5 minutos, 15 minutos y hasta 24 horas continuas. Según la hipótesis de Ghorbal et al., (2019) existen actualmente mecanismos de resistencia a los rayos UVC que consisten en que entre más ciclos de ácidos grasos posee el microorganismo resistirá más la radiación, como lo describe en el caso de *Pseudomonas aeruginosa*.

Referente al SARS-COV se encontró susceptibilidad en 5 estudios con ciclos de exposición de 5 minutos a 40 minutos en diferentes distancias de muestras de cultivos y provenientes de mascarillas. Según Heßling et al., (2020) dado que el SARS-COV no difiere estructuralmente de los otros coronavirus, por lo tanto el SARS-CoV-2 así como posibles mutaciones futuras, también lo hace muy sensible probablemente a los rayos UV por lo que la desinfección UV común en los procedimientos inactivarán el nuevo virus SARS-CoV-2 sin problemas.

A través de los resultados obtenidos por (Gostine et al., 2016) la susceptibilidad al exponer bacterias ante rayos UVC y utilizarlo en el ambiente hospitalario podría disminuir la morbilidad y mortalidad de las IAAS.

Igualmente según Seresirikachorn et al., (2020) los resultados prometedores en la eliminación de virus usando rayos UVC contra, *Bacillus subtilis*, H7N9 A/Shangai/1/2013, SARS-COV urbani, Bovine coronavirus, TGEV, MHV-A59, HCOV229E, HCOV0C43, PEDV, SARS-COV1, H1N1, H5N1, MERS-COV, SARS-COV2, brinda una solución con mayor alcance que la limpieza común en hospitales.

Los microorganismos resistentes a antibióticos como MRSA, VRE, *Acinetobacter* MDR y CPE mostraron susceptibilidad a los rayos UVC. Según Hosein et al., (2016) representan un gran problema de salud pública cuando los pacientes se infectan por ellas, además la búsqueda de antibióticos susceptibles cada vez es menor; los rayos UVC demuestran que pueden generar una solución en este tipo de eventos, evitando el crecimiento en áreas de contactos frecuentes en sala de hospital con una exposición regulada con ciclos y de corto alcance.

Los datos asociados de MRSA y VRE muestran datos bajos de reducción después de la exposición de rayos con porcentajes de 33% a 46% según Ethington et al., (2018) esto se debe relacionar con las distancias amplias de 500 cm entre los rayos UVC y los microorganismos, aunque tengan exposición de 24 horas. Además Hosein et al., (2016) tuvieron resultados en los mismos microorganismos con una reducción máxima de 78% con una distancia de 300 cm entre los rayos UVC y los microorganismos, se debe a la hipótesis física de que entre mayor distancia de radiación UVC, menor será la absorción de ondas en los microorganismos y su inactivación.

Las camas de los pacientes según Casini et al., (2019) son la mayor superficie donde se encuentran los microorganismos más frecuentes que causan IAAS, sin embargo según Hosein et al., (2016) los encontraron en baños, pisos de las salas hospitalarias y según Gostine et al., (2016) considerablemente los dispositivos electrónicos como computadoras y celulares que manipulan en personal de salud, la susceptibilidad es significativa al exponerse con los rayos UVC de 254 nm a distancias de aproximadamente de 91.44 cm a 200 cm.

Según Malhotra et al., (2020) los microorganismos que se encontraron como MRSA, *Acinetobacter spp.*, *Candida spp.*, *Clostridium difficile*, *Staphylococcus spp.*, *Klebsiella pneumoniae* en objetos y cultivos de placas almacenadas, son los patógenos más frecuentes que infectan a pacientes diariamente por tener contacto con superficies en la mucosa, por aerosoles y en heridas quirúrgicas. En los estudios se mencionó la susceptibilidad del SARS-COV y el SARS-COV2 debido que la exposición fue a distancia corta en mascarillas y superficies, además que no existen mecanismos de resistencia como cadenas lipídicas (Ghorbal et al., 2019)

## **X 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.

## **XI Recomendaciones**

### **Al Ministerio de Salud:**

- Utilizar como referencia la revisión sistemática para tomar decisiones y generar proyectos como modelo de estudio para reducir el impacto de las IAAS en los centros hospitalarios.
- El uso de los rayos UVC de 254 nm debe de ser a distancias máximas de 200 cm entre la superficie de contacto y las lámparas, además se sugiere elaborar protocolos de usos, para que se realicen de forma automatizada y segura, en cuidados intensivos, quirófanos, salas de desinfección, salas de procedimientos, salas de infectología y baños de los pacientes.
- Desarrollar proyectos con el uso de rayos UVC unificado a tecnología actual para brindar automatización y seguridad como el control remoto a través de celulares y sensores de movimiento que eviten la exposición al personal de salud.

### **Al personal de salud:**

- Evitar la exposición directa de los rayos UVC y colocarse medios de protección para manipular cualquier dispositivo de radiación UV.
- Crear el hábito de desinfectar en las salas de esterilización por UVC, los dispositivos electrónicos de contacto frecuente como computadoras y celulares, además de los equipos médicos como estetoscopios, tensiómetros, pulsioxímetros, termómetros, lámparas, otoscopios, laringoscopios, y oftalmoscopios, para evitar la propagación de las IAAS a pacientes vulnerables.

## XII Referencias Bibliográficas

- 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. & Seas, C. (2017). A prospective cohort multicenter study of molecular epidemiology and phylogenomics of *Staphylococcus aureus* bacteremia in nine Latin American countries. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. <https://doi.org/10.1128/AAC.00816-17>
- 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., & Almohrij, S. A. (2020). 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. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*. <https://doi.org/10.1186/s13756-020-0678-0>
- Beck, S. E., Rodriguez, R. A., Hawkins, M. A., Hargy, T. M., Larason, T. C., & Linden, K. G. (2016). Comparison of UV-induced inactivation and RNA damage in MS2 phage across the germicidal UV spectrum. *Applied and Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1128/AEM.02773-15>
- Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., & Brenner, D. J. (2020). Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67211-2>
- Byrns, G., Barham, B., Yang, L., Webster, K., Rutherford, G., Steiner, G., Petras, D., & Scannell, M. (2017). The uses and limitations of a hand-held germicidal ultraviolet wand for surface disinfection. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1328106>
- Cadnum, J. L., Li, D. F., Redmond, S. N., John, A. R., Pearlmutter, B., & Donskey, C. J. (2020). Effectiveness of ultraviolet-c light and a high-level disinfection cabinet for decontamination of n95 respirators. *Pathogens and Immunity*. <https://doi.org/10.20411/pai.v5i1.372>

- Casini, B., Tuvo, B., Cristina, M. L., Spagnolo, A. M., Totaro, M., Baggiani, A., & Privitera, G. P. (2019). Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193572>
- Cooper, J., Bryce, E., Astrakianakis, G., Stefanovic, A., & Bartlett, K. (2016). Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.07.004>
- Eisenlöffel, L., Reutter, T., Horn, M., Schlegel, S., Truyen, U., & Speck, S. (2019). Impact of UVC-sustained recirculating air filtration on airborne bacteria and dust in a pig facility. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225047>
- Ethington, T., Newsome, S., Waugh, J., & Lee, L. D. (2018). Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.11.008>
- Ghorbal, S. K. Ben, Chourabi, K., Maalej, L., Ammar, A. Ben, Ouzari, H. I., Hassen, A., Jaafoura, H., & Chatti, A. (2019). Pseudomonas aeruginosa swarmer cells adaptation toward UVc radiations. *Frontiers in Microbiology*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00556>
- Goel, S., Hawi, S., Goel, G., Thakur, V. K., Agrawal, A., Hoskins, C., Pearce, O., Hussain, T., Upadhyaya, H. M., Cross, G., & Barber, A. H. (2020). Resilient and agile engineering solutions to address societal challenges such as coronavirus pandemic. *Materials Today Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2020.100300>
- Gostine, A., Gostine, D., Donohue, C., & Carlstrom, L. (2016). Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis. *American Journal of Infection Control*, 44(10), 1089–1094. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.06.012>
- Guimera, D., Trzil, J., Joyner, J., & Hysmith, N. D. (2018). Effectiveness of a shielded ultraviolet C air disinfection system in an inpatient pharmacy of a tertiary care children's hospital. *American Journal of Infection Control*.

<https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.07.026>

- Heßling, M., Hönes, K., Vatter, P., & Lingenfelder, C. (2020). Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. *GMS Hygiene and Infection Control*. <https://doi.org/10.3205/dgkh000343>
- Hosein, I., Madeloso, R., Nagaratnam, W., Villamaria, F., Stock, E., & Jinadatha, C. (2016). Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet light device for isolation room disinfection in a United Kingdom hospital. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.01.044>
- Hu, X. R., Han, M. F., Wang, C., Yang, N. Y., Wang, Y. C., Duan, E. H., Hsi, H. C., & Deng, J. G. (2020). A short review of bioaerosol emissions from gas bioreactors: Health threats, influencing factors and control technologies. *Chemosphere*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126737>
- Irving, D., Lamprou, D. A., Maclean, M., MacGregor, S. J., Anderson, J. G., & Grant, M. H. (2016). A comparison study of the degradative effects and safety implications of UVC and 405 nm germicidal light sources for endoscope storage. *Polymer Degradation and Stability*. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2016.09.006>
- Jelden, K. C., Gibbs, S. G., Smith, P. W., Hewlett, A. L., Iwen, P. C., Schmid, K. K., & Lowe, J. J. (2017). Ultraviolet (UV)-reflective paint with ultraviolet germicidal irradiation (UVGI) improves decontamination of nosocomial bacteria on hospital room surfaces. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. <https://doi.org/10.1080/15459624.2017.1296231>
- Kim, D., & Kang, D. (2018). UVC LED irradiation effectively inactivates aerosolized viruses, bacteria, and fungi in a chamber-type air disinfection system. *Applied and Environmental Microbiology*. <https://doi.org/10.1128/AEM.00944-18>
- Kim, D., Kim, S., & Kang, D., (2017). Bactericidal effect of 266 to 279 nm wavelength UVC-LEDs for inactivation of Gram positive and Gram negative foodborne pathogenic bacteria and yeasts. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.009>
- Kim, S., Kim, D., & Kang, D. (2016). Using UVC light-emitting diodes at wavelengths of 266 to 279 nanometers to inactivate foodborne pathogens and pasteurize sliced

- cheese. *Applied and Environmental Microbiology*.  
<https://doi.org/10.1128/AEM.02092-15>
- Kohli, I., Lyons, A. B., Golding, B., Narla, S., Torres, A. E., Parks-Miller, A., Ozog, D., Lim, H., & Hamzavi, I. H. (2020). UVC Germicidal Units: Determination of Dose Received and Parameters to be Considered for N95 Respirator Decontamination and Reuse. *Photochemistry and Photobiology*. <https://doi.org/10.1111/php.13322>
- Kowalski, W. J. (2020). 2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility 2020 COVID-19 Coronavirus Ultraviolet Susceptibility. *Purple Sun*.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22803.22566>
- Lai, A. C. K., Nunayon, S. S., Tan, T. F., & Li, W. S. (2018). A pilot study on the disinfection efficacy of localized UV on the flushing-generated spread of pathogens. *Journal of Hazardous Materials*, 358, 389–396.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.003>
- Mackenzie, D. (2020a). Reuse of N95 Masks. *Engineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.04.003>
- Mackenzie, D. (2020b). Ultraviolet Light Fights New Virus. *Engineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.eng.2020.06.009>
- Malhotra, S., Wlodarczyk, J., Kuo, C., Ngo, C., Glucoft, M., Sumulong, I., Smit, M. A., & Bender, J. M. (2020). Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.040>
- Mathebula, T., Leuschner, F. W., & Chowdhury, S. (2018). The Use of UVC-LEDs for the Disinfection of Mycobacterium Tuberculosis. *2018 IEEE PES/IAS PowerAfrica, PowerAfrica 2018*. <https://doi.org/10.1109/PowerAfrica.2018.8521172>
- Messina, G., Fattorini, M., Nante, N., Rosadini, D., Serafini, A., Tani, M., & Cevenini, G. (2016). Time effectiveness of Ultraviolet C light (UVC) emitted by Light Emitting Diodes (LEDs) in reducing stethoscope contamination. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph13100940>
- Meyers, C., Milici, J., & Robison, R. (2017). UVC radiation as an effective disinfectant method to inactivate human papillomaviruses. *PLoS ONE*.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187377>

Milonova, S., Rudnick, S., McDevitt, J., & Nardell, E. (2016). Occupant UV exposure measurements for upper-room ultraviolet germicidal irradiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*.

<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.03.009>

Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., Bluysen, P. M., Boerstra, A., Buonanno, G., Cao, J., Dancer, S., Floto, A., Franchimon, F., Haworth, C., Hogeling, J., Isaxon, C., Jimenez, J. L., Kurnitski, J., Li, Y., Loomans, M., Marks, G., Marr, L. C. & Yao, M. (2020). How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? In *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>

Mustapha, A., Alhmidi, H., Cadnum, J. L., Jencson, A. L., & Donskey, C. J. (2018).

Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care-associated pathogens on hospital floors. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.10.025>

Nakamura, S., Ando, N., Sato, M., & Ishihara, M. (2020). Ultraviolet irradiation enhances the microbicidal activity of silver nanoparticles by hydroxyl radicals. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms21093204>

Narita, K., Asano, K., Morimoto, Y., Igarashi, T., Hamblin, M. R., Dai, T., & Nakane, A. (2018). Disinfection and healing effects of 222-nm UVC light on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in mouse wounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.030>

Narita, K., Asano, K., Naito, K., Ohashi, H., Sasaki, M., Morimoto, Y., Igarashi, T., & Nakane, A. (2020). 222-nm UVC inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *Journal of Hospital Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.03.030>

Narla, S., Lyons, A. B., Kohli, I., Torres, A. E., Parks-Miller, A., Ozog, D. M., Hamzavi, I. H., & Lim, H. W. (2020). The importance of the minimum dosage necessary for UVC decontamination of N95 respirators during the COVID-19 pandemic. In *Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine*.

<https://doi.org/10.1111/phpp.12562>

Neelakandan, S. N., Sukesan, A., Jerard, J., Uthaman, V. P., Vasudevan, V. D., Sarojini

- Amma, P. K. S. P., Nandkumar, M. A., & Vayalappil, M. C. (2020). Chitra Ultraviolet-C-Based Facemask Disposal Bin. *Transactions of the Indian National Academy of Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s41403-020-00136-4>
- Nunayon, S. S., Zhang, H. H., & Lai, A. C. K. (2020a). A novel upper-room UVC-LED irradiation system for disinfection of indoor bioaerosols under different operating and airflow conditions. *Journal of Hazardous Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122715>
- Nunayon, S. S., Zhang, H., & Lai, A. C. K. (2020b). Comparison of disinfection performance of UVC-LED and conventional upper-room UVGI systems. *Indoor Air*. <https://doi.org/10.1111/ina.12619>
- Nyangaresi, P. O., Qin, Y., Chen, G., Zhang, B., Lu, Y., & Shen, L. (2018). Effects of single and combined UV-LEDs on inactivation and subsequent reactivation of *E. coli* in water disinfection. *Water Research*. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.014>
- OMS. (2017). OMS | Carga mundial de infecciones asociadas a la atención sanitaria. *WHO*.
- Ponnaiya, B., Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., Randers-Pehrson, G., & Brenner, D. J. (2018). Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192053>
- Rashid, T., Poblete, K., Amadio, J., Hasan, I., Begum, K., Alam, M. J., & Garey, K. W. (2018). Evaluation of a shoe sole UVC device to reduce pathogen colonization on floors, surfaces and patients. *Journal of Hospital Infection*. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.10.011>
- Rodriguez-Martinez, C. E., Sossa-Briceño, M. P., & Cortés, J. A. (2020). Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature. In *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.07.004>
- Rowan, N. J., & Laffey, J. G. (2020). Challenges and solutions for addressing critical shortage of supply chain for personal and protective equipment (PPE) arising from Coronavirus disease (COVID19) pandemic – Case study from the Republic of

- Ireland. *Science of the Total Environment*.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138532>
- Rubio-Romero, J. C., Pardo-Ferreira, M. del C., Torrecilla-García, J. A., & Calero-Castro, S. (2020). Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104830>
- Ryu, H., Schrantz, K. A., Brinkman, N. E., & Boczek, L. A. (2018). Applicability of integrated cell culture reverse transcriptase quantitative PCR (ICC-RTqPCR) for the simultaneous detection of the four human enteric enterovirus species in disinfection studies. *Journal of Virological Methods*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2018.05.008>
- Sagripani, J. L., & Lytle, C. D. (2020). Estimated Inactivation of Coronaviruses by Solar Radiation With Special Reference to COVID-19. *Photochemistry and Photobiology*.  
<https://doi.org/10.1111/php.13293>
- Seresirikachorn, K., Phoophiboon, V., Chobarporn, T., Tiankanon, K., Aeumjaturapat, S., Chusakul, S., & Snidvongs, K. (2020). Decontamination and reuse of surgical masks and N95 filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *Infection Control & Hospital Epidemiology*.  
<https://doi.org/10.1017/ice.2020.379>
- Sisti, M., Schiavano, G. F., De Santi, M., & Brandi, G. (2017). Ultraviolet germicidal irradiation in tap water contaminated by *Aspergillus* spp. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2017.58.4.777>
- Song, K., Taghipour, F., & Mohseni, M. (2019). Microorganisms inactivation by wavelength combinations of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs). *Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.041>
- Spencer, M., Vignari, M., Bryce, E., Johnson, H. B., Fauerbach, L., & Graham, D. (2017). A model for choosing an automated ultraviolet-C disinfection system and building a case for the C-suite: Two case reports. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.11.016>
- Su, C., Lau, J., & Yu, F. (2017). A case study of upper-room UVGI in densely-occupied

- elementary classrooms by real-time fluorescent bioaerosol measurements. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph14010051>
- Wang, J., Shen, J., Ye, D., Yan, X., Zhang, Y., Yang, W., Li, X., Wang, J., Zhang, L., & Pan, L. (2020). Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China. In *Environmental Pollution*.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114665>
- Wang, Z., Shi, Y., Liu, F., Wang, H., Liu, X., Sun, R., Lu, Y., Ji, L., Wang, Z. L., & Cheng, J. (2020). Distributed mobile ultraviolet light sources driven by ambient mechanical stimuli. *Nano Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.104910>
- Weber, D. J., Rutala, W. A., Anderson, D. J., Chen, L. F., Sickbert-Bennett, E. E., & Boyce, J. M. (2016). Effectiveness of ultraviolet devices and hydrogen peroxide systems for terminal room decontamination: Focus on clinical trials. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.11.015>
- Welch, D., Buonanno, M., Grilj, V., Shuryak, I., Crickmore, C., Bigelow, A. W., Randers-Pehrson, G., Johnson, G. W., & Brenner, D. J. (2018). Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases. *Scientific Reports*.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-21058-w>
- Welch, D., Spotnitz, H. M., Brenner, D. J., Randers-Pehrson, G., Buonanno, M., & Shuryak, I. (2018). *Far-UVC light applications: sterilization of MRSA on a surface and inactivation of aerosolized influenza virus*. <https://doi.org/10.1117/12.2309424>
- World Health Organization. (2020). *WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard*. World Health Organization.
- World Medical Association declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. (2013). In *JAMA - Journal of the American Medical Association*. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

### XIII Anexos

**Figura 1.**

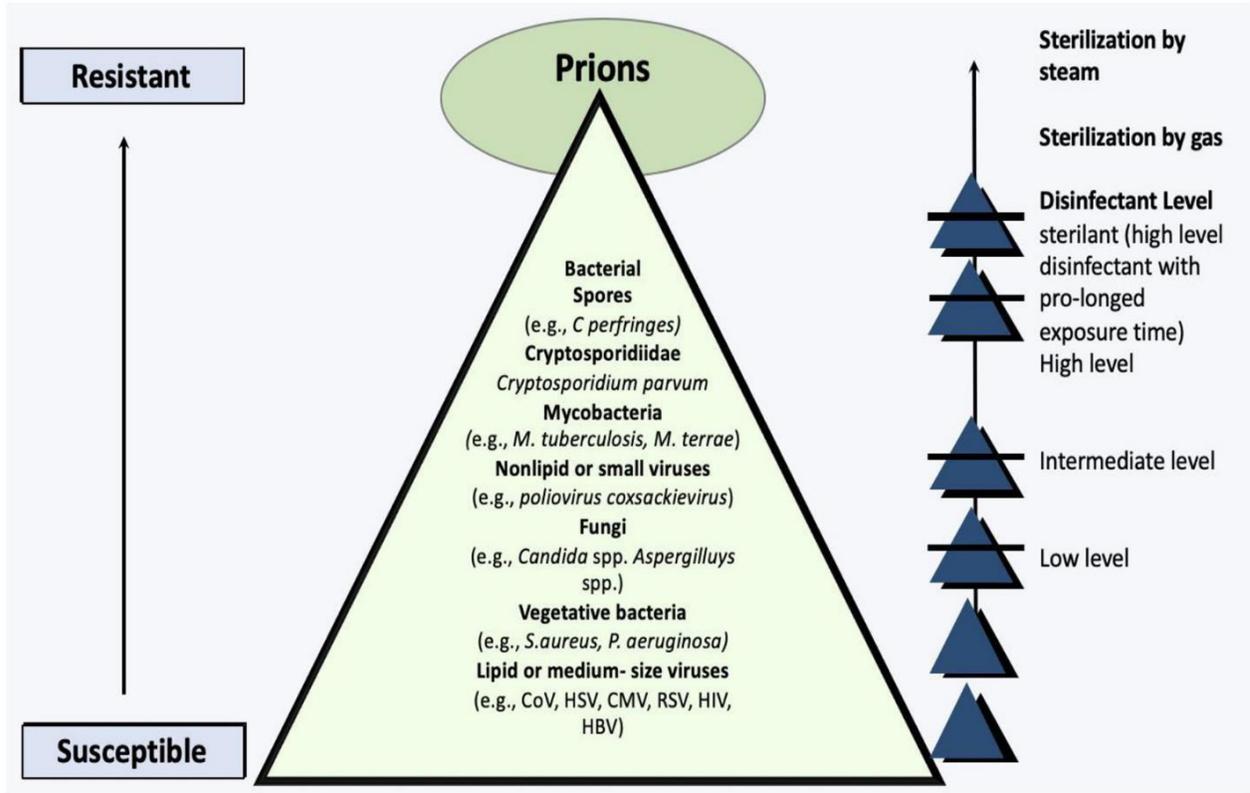
*TORRE DE LAMPARAS UVC UTILIZADAS POR LA UNIVERSIDAD DE NEBRASKA PARA ESTERILIZAR HOSPITALES*



*Tomado de: (Mackenzie, 2020)*

**Figura 2.**

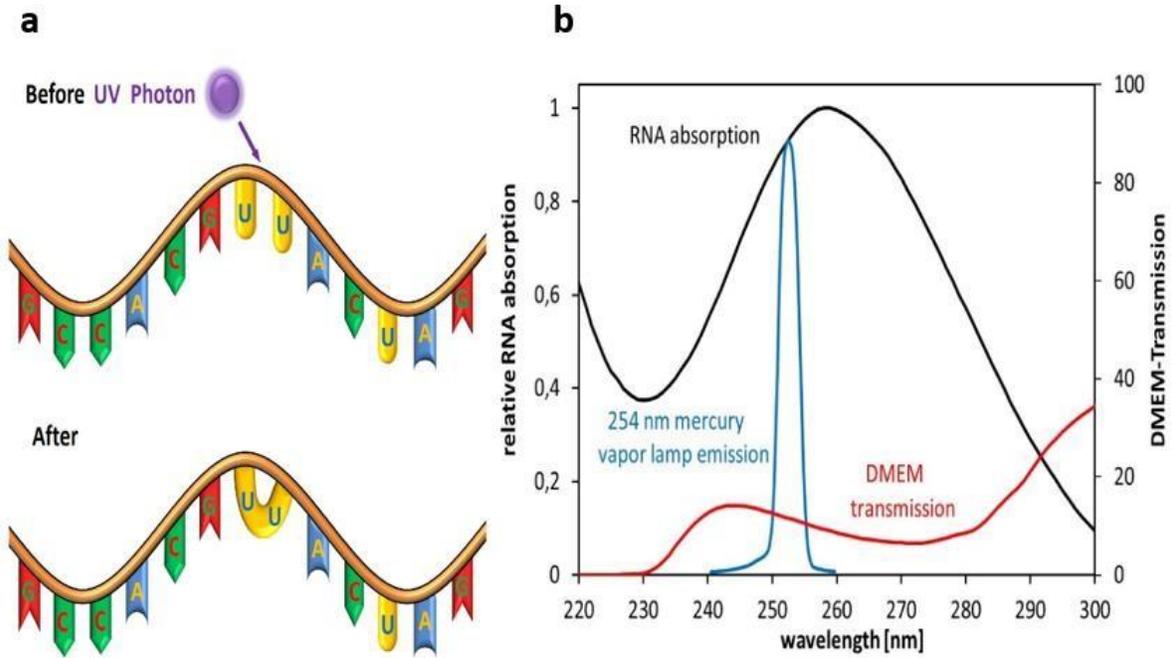
*PIRAMIDE DE RESISTENCIA Y SUCEPTIBILIDAD DE MICROORGANISMOS HOSPITALARIOS.*



Tomado de: (Rowan & Laffey, 2020)

**Figura 3.**

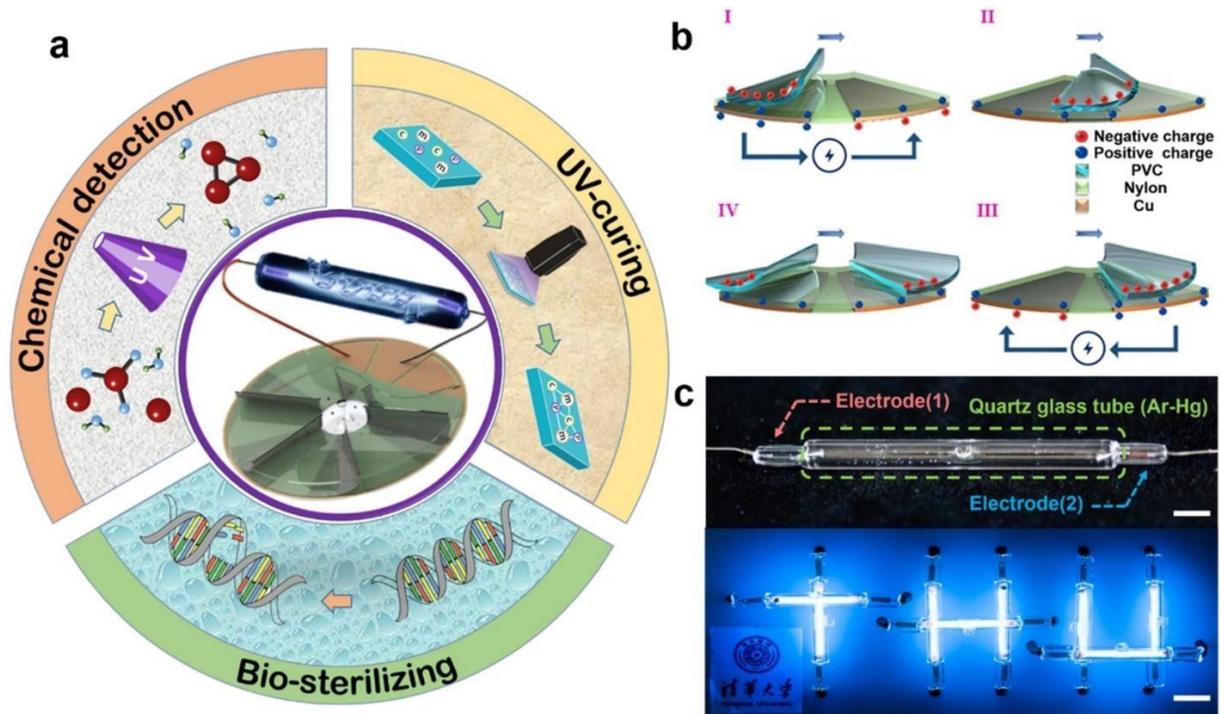
*EFFECTOS DE LOS RAYOS UVC EN MICROORGANISMOS*



- a. Esquema del mecanismo de daño al ARN con UV por la formación de dímeros.
  - b. Espectro de absorción relativa de ARN, espectro de emisión relativa de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión y transmisión de un cultivo celular típico
- Tomado de: (Heßling et al., 2020).

Figura 4.

ESQUEMA DE UNIDADES DE LAMPARAS UVC, EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS DE PARED.



a. Campos esquemáticos de aplicación de móviles UV en el proceso de esterilización de superficies con microorganismos a través de rayos UVC. b. Principio de funcionamiento de TENG rotativo independiente (FR). c. Detalle (barra de escala, 10 mm) y patrón de luminiscencia (barra de escala, 20 mm) del tubo Mobile-UV impulsado directamente por FR-TENG. Tomado de: (Z. Wang et al., 2020).

**Tabla 1.**

*CRITERIOS DE CALIDAD CONSIDERADOS EN LAS DECLARACIONES*

*STROBE y PRISMA*

<b>Criterios de calidad considerados en las declaraciones STROBE (estudios observacionales) y PRISMA (revisiones y metaanálisis)</b>		
<b>Título y resumen</b>	1. Se indica el diseño del estudio con un término habitual y se proporciona una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha investigado y de lo que se ha encontrado	CS/CC/PC
	2. Se identifica la publicación como revisión, metaanálisis o ambos	REV
	3. Facilita un resumen estructurado	REV
<b>Introducción</b> (Contexto/ fundamentos/ objetivos)	4. Se explican las razones y el fundamento científico de la investigación que se comunica	
	5. Se describen los objetivos, incluyendo cualquier hipótesis preespecificada.	CS/CC/PC
	6. Se describe la justificación de la revisión en el contexto del tema	CS/CC/PC
	7. Plantea de forma explícita las preguntas que se quieren contestar en relación con los participantes, intervenciones, las comparaciones, los resultados y el diseño de los estudios.	REV
<b>Métodos</b> (Diseño del estudio/contexto/participantes/variables/medidas/sesgos/ muestras/métodos estadísticos)	8. Presenta al principio del documento los elementos clave del diseño del estudio.	REV
	9. Describe el marco, los lugares y las fechas relevantes, incluyendo los periodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos.	
	10. Estudios transversales: proporciona los criterios de elegibilidad, y las fuentes y los métodos de selección de los participantes.	CS/CC/PC
	Estudios de casos-controles: proporciona los criterios de elegibilidad, así como las fuentes y el proceso diagnóstico de los casos y el de selección de los controles. Indica las razones para la elección de casos-controles.	CS/CC/PC
	Estudios de cohortes: proporciona los criterios de elegibilidad, así como las fuentes y el método de	

	selección de los participantes. Especifica los métodos de seguimiento.	
	11. Define claramente todas las variables: de respuesta, exposiciones, predictoras, confusoras y modificadoras del efecto.	CS
	12. Para cada variable de interés, indica las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida).	CC
	13. Especifica todas las medidas adoptadas para afrontar posibles fuentes de sesgo.	PC
	14. Explica cómo se determinó el tamaño muestral.	CS/CC/PC
	15. Explica cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis.	CS/CC/PC
	16. Especifica todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión.	CS/CC/PC/REV
	17. Indica si existe un protocolo de revisión al que se puede acceder.	CS/CC/PC
	18. Especifica los criterios de elegibilidad.	CS/CC/PC
	19. Presenta y describe todas las fuentes de información: bases de datos, periodos de búsqueda.	CS/CC/PC
	20. Explica el proceso de selección de estudios.	REV
	21. Describe los métodos para la extracción de datos de las publicaciones.	REV
	22. Especifica las principales medidas de resumen.	REV
	23. Describe métodos adicionales de análisis: de sensibilidad o subgrupos, metarregresión.	REV
<b>Resultados</b> (Participantes/datos/otros análisis)	24. Se indica la tasa de respuesta de participantes.	REV
	25. Describe las características de los participantes en el estudio y la información sobre las exposiciones y posibles factores de confusión.	REV
	26. Estudios transversales: indica el número de eventos resultado o proporciona medidas resumen.	REV
	27. Estudios Casos-control: indica el número de participantes en cada categoría de exposición o bien proporciona medidas resumen de exposición.	
	Estudios de Cohortes: indica el número de eventos resultado o bien proporciona medidas resumen a lo largo del tiempo.	CS/CC/PC

	27. Se presentan medidas epidemiológicas de asociación: Odd Ratio (OR), Razón de prevalencias (RP) o riesgos relativos (RR) incluyendo sus intervalos de confianza.	CS/CC/PC
	28. Otros análisis: Se utilizan modelos estadísticos apropiados (modelo univariante o multivariante) y las tablas o gráficos presentados son fáciles de entender.	CS
	29. Describe el número de estudios cribado, evaluados e incluidos en la revisión (diagrama de flujo).	CC
	30. Describe las características de los estudios en tablas, gráficos, etc.	PC
	31. Presenta para cada estudio la estimación del efecto con su intervalo de confianza.	CS/CC/PC
	32. Presenta los resultados del metaanálisis realizado y medidas de consistencia.	CS/CC/PC
<b>Discusión</b> (Resultados clave/limitaciones/interpretación/generabilidad/otra información)	33. Se resumen los hallazgos y resultados principales de los objetivos del estudio.	REV
	34. Se discuten las limitaciones del estudio, razonando sobre las mismas.	REV
	35. Se proporciona una interpretación global prudente de los resultados considerando objetivos, limitaciones, multiplicidad de análisis, resultados de estudios similares.	REV
	36. Se discute la posibilidad de generalizar los resultados (validez externa.)	REV
	37. Se especifica financiación, patrocinadores, el papel de cada uno en el estudio, y si procede el estudio previo en el que se basa el artículo.	
CS: Estudio transversal. CC: Estudio caso-control. PC: Estudios de cohortes. REV: Revisiones.		

**Tabla 2.**

**TABLA DE REVISIÓN DE CALIDAD DE EVIDENCIA CIENTIFICA GRADE**

**Autor(es):** Kevin Morales Chamorro

No de estudios	Certainty assessment						Impact	Certainty	Importancia
	Diseño de estudio	Riesgo de sesgo	Inconsistencia	Evidencia indirecta	Imprecisión	Otras consideraciones			
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de CFU)									
3	estudios observacionales	no es serio 1,2,3,a	no es serio 1,2,3,a	no es serio 1,2,3,a	no es serio a	fuerte asociación gradiente de dosis-res puesta	La reducción de los microorganismos fue del 42% aprox. en total, con IC 95%	⊕⊕⊕⊕ ALTA	IMPORTANT
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de CFU)									
1	estudios observacionales	no es serio 4,a	no es serio a	serio b	no es serio	ninguno	La reducción de los microorganismos fue del 90%-99% con IC 95%	⊕⊕⊕⊖ MODERADO	IMPORTANTE
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de CFU)									
2	estudios observacionales	no es serio 5,6	no es serio	no es serio	serio c	ninguno	La reducción de los microorganismos fue de 78.4%-82% con IC 95%	⊕⊕⊕⊖ MODERADO	IMPORTANTE
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de CFU)									
1	estudios observacionales	no es serio 7	no es serio	no es serio	no es serio	ninguno	La reducción de microorganismos fue de 35.2%-97% con IC 95%	⊕⊕⊕⊕ ALTA	IMPORTANTE
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de CFU)									
1	estudios observacionales	no es serio 8	no es serio	no es serio	no es serio	ninguno	La reducción de los microorganismos fue de 94,04% con IC 95%	⊕⊕⊕⊕ ALTA	IMPORTANTE
Inactivación de microorganismos (evaluado con : Recuento de log)									
6	estudios observacionales	no es serio 9,10,11,12,13,14,a	no es serio	no es serio	no es serio	ninguno	Las reducciones de hasta 6 log con 3mJ/cm2 a 40 mJ/cm2 con exposiciones de 15 a 45 minutos con IC 95%	⊕⊕⊕⊕ ALTA	IMPORTANTE

**Explicaciones**

- a. Cumplen con check-list de STROBE
- b. No queda claro
- c. No se explica los porcentajes totales

**Referencias**

1. Ethington, Tina, Newsome, Sherry, Waugh, Jerri, Lee, Linda D.. Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital. *American Journal of Infection Control*; 2018.
2. Mustapha, Aishah, Alhmid, Heba, Cadnum, Jennifer L., Jenson, Annette L., Donskey, Curtis J.. Efficacy of manual cleaning and an ultraviolet C room decontamination device in reducing health care-associated pathogens on hospital floors. *American Journal of Infection Control*; 2018.
3. Ghorbal, Saima Kioua Ben, Chourabi, Kalthoum, Maalej, Lobna, Ammar, Aouatef Ben, Ouzari, Hadda Imene, Hassen, Abdenaceur, Jaafoura, Habib, Chatti, Abdelwaheb. *Pseudomonas aeruginosa swarmer cells adaptation toward UVC radiations*. *Frontiers in Microbiology*; 2019.
4. Malhotra, Sanchi, Wodarczyk Jordan, Kuo, Christopher, Ngo, Catherine, Glucoft, Marisa, Sumulong, Ivan, Smit, Michael A., Bender, Jeffrey M.. Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device. *American Journal of Infection Control*; 2020.
5. Casini, Beatrice, Tuvo, Benedetta, Cristina, Maria Luisa, Spagnolo, Anna Maria, Totaro, Michele, Baggiani, Angelo, Privitera, Gaetano Pierpaolo. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 2019.
6. Hosen, Ian, Madelso, Rosie, Nagarathnam, Vijayarathnam, Villamaria, Frank, Stock, Eileen, Jindatha, Chetan. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet light device for isolation room disinfection in a United Kingdom hospital. *American Journal of Infection Control*; 2016.
7. Cooper, Jesse, Bryce, Elizabeth, Astrakianakis, George, Stefanovic, Aleksandra, Bartlett, Karen. Efficacy of an automated ultraviolet C device in a shared hospital bathroom. *American Journal of Infection Control*; 2016.
8. Gostine, Andrew, Gostine, David, Donohue, Cristina, Carlstrom, Luke. Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis. *American Journal of Infection Control*; 2016.
9. Sagnanti, Jose Luis, Lytle, C. David. Estimated inactivation of Coronaviruses by Solar Radiation With Special Reference to COVID-19. *Photochemistry and Photobiology*; 2020.
10. Hedling, Martin, Hönes, Katharina, Vatter, Petra, Lingensfelder, Christian. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. *GMS hygiene and infection control*; 2020.
11. Rodriguez-Martinez, Carlos E., Sosa-Briceno, Monica P., Cortés, Jorge A.. Decontamination and reuse of N95 filtering facemask respirators: A systematic review of the literature. *American Journal of Infection Control*; 2020.
12. Goel, Saurav, Hawl, Sara, Goel, Gaurav, Thakur, Vijay Kumar, Agrawal, Anupam, Hoskins, Clare, Pearce, Oliver, Hussain, Tanvir, Upadhyaya, Hari M., Cross, Graham, Barber, Asa H.. Resilient and agile engineering solutions to address societal challenges such as coronavirus pandemic. *Materials Today Chemistry*; 2020.
13. Rubio-Romero, Juan Carlos, Pardo-Ferreira, Maria del Carmen, Torrecilla-García, Juan Antonio, Calero-Castro, Santiago. Disposable masks: Disinfection and sterilization for reuse, and non-certified manufacturing, in the face of shortages during the COVID-19 pandemic. *Safety Science*; 2020.
14. Sersinkachom, Kachorn, Phoophiboon, Vorakamol, Chobarporn, Thitiporn, Tiangkanon, Kasenee, Aeurjaturapat, Songklot, Chusakul, Supinda, S nidvongs, Kornkiat. Decontamination and reuse of surgical masks and N95 filtering facepiece respirators during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *Infection Control & Hospital Epidemiology*; 2020.

Tabla 3.

TABLA DE RESULTADOS DE ARTICULOS INCLUIDOS

N.º Artículo	Microorganismo	Reducción de CFU o Log	Tiempo de exposición	Longitud de onda	Intensidad	Superficie
1	<i>S. aureus</i> , <i>E. faecalis</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Staphylococcus coagulasa negativa</i> , <i>Bacillus cereus</i>	90-99%	2 ciclos de 30 seg	254 nm	12 W	Hemocultivos
2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	79.93-86.30%	1 ciclo de 5 a 15 min	254 nm	4 mW/cm <sup>2</sup>	Celulares de personal medico
3	<i>MRSA</i> , <i>Candida spp.</i> , <i>Clostridium difficile</i>	97-100%	1 ciclo de 3 a 5 min	254 nm	N/E	Camas y pisos
4	<i>MRSA y VRE</i>	33-46%	24 horas	254 nm	15 W	Camas
5	<i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Enterococcus spp.</i> , <i>VRE</i> , <i>MRSA</i> , <i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Pasteurella spp.</i> , <i>Klebsiella spp.</i> , <i>Acinetobacter spp.</i> , <i>Enterobacter spp.</i> ,	99.2-99.6%	1 ciclo de 6 a 10 min	254 nm	60 µW/cm <sup>2</sup>	Teclado de computadoras de personal médico
6	<i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Clostridium difficile</i> , bacterias de aerosoles	82%	1 ciclo de 5 a 10 min	254 nm	N/E	Camas
7	<i>MRSA</i> , <i>VRE</i> , <i>CPE</i> , Aeróbicos, <i>Acinetobacter multidrogo-resistentes</i>	78%	1 a 3 ciclos de 5 min	254 nm	N/E	Camas, mesas, inodoro, baño, regadera
8	Aeróbicos y anaerobios	95-97%	1 ciclo de 5 min	254 nm	N/E	Baño
9	<i>SARS-COV1</i> , <i>H1N1</i> , <i>y H5N1</i>	100%	1 ciclo de 15 min	254 nm	4.016 W/cm <sup>2</sup>	Cultivos
10	<i>Ebola virus</i> , <i>Coronavirus</i>	100%	1 ciclo de 15 a 30 min	254 nm	100 µW/cm <sup>2</sup>	Mascarillas de personal médico
11	<i>Influenza virus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>H1N1</i> , <i>H5N1</i> , <i>H7N9 A/Shanghai/1/2013</i> , <i>MERS-COV2</i> , <i>SARS-COV1</i> , <i>SARS-COV2</i>	100%	1 ciclo de 15 a 30 min	254 nm	1.6 mW/cm <sup>2</sup> a 2.2 mW/cm <sup>2</sup> y 15 W a 40 W	Cultivos
12	<i>SARS-COV urbani</i> , <i>Bovine coronavirus</i> , <i>MERS-COV</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Candida spp.</i> , <i>TGEV</i> , <i>MHV-A59</i> , <i>HCOV229E</i> , <i>HCOV0C43</i> , <i>PEDV</i>	100%	N/E	254 nm	1.64 mW/cm <sup>2</sup>	Cultivos

Los números de artículos están basados en el orden de la tabla 4 de anexo.

N/E significa No Existe

**Tabla 4.***NÚMERO DE ARTÍCULOS CON AUTORES*

Numero de Artículo	Autores
1	(Malhotra et al., 2020)
2	(Ghorbal et al., 2019)
3	(Mustapha et al., 2018)
4	(Ethington et al., 2018)
5	(Gostine et al., 2016)
6	(Casini et al., 2019)
7	(Hosein et al., 2016)
8	(Cooper et al., 2016)
9	(Seresirikachorn et al., 2020)
10	(Rubio-Romero et al., 2020)
11	(Rodriguez-Martinez et al., 2020)
12	(Heßling et al., 2020)
13	(Goel et al., 2020)
14	(Sagripanti & Lytle, 2020)
15	(Mathebula et al., 2018)
16	(Milonova et al., 2016)
17	(Jelden et al., 2017)
18	(Lai et al., 2018)
19	(Guimera et al., 2018)
20	(Welch, Buonanno, et al., 2018)
21	(Welch, Spotnitz, et al., 2018)
22	(Ponnaiya et al., 2018)
23	(Narita et al., 2018)
24	(D. K. Kim & Kang, 2018)
25	(Byrns et al., 2017)
26	(Ryu et al., 2018)
27	(Kowalski, 2020)
28	(Nunayon et al., 2020a)
29	(Hu et al., 2020)
30	(Nunayon et al., 2020b)
31	(Narla et al., 2020)
32	(Spencer et al., 2017)
33	(Beck et al., 2016)
34	(Weber et al., 2016)
35	(Narita et al., 2020)
36	(Kohli et al., 2020)
37	(J. Wang et al., 2020)

38	(Irving et al., 2016)
39	(Messina et al., 2016)
40	(Neelakandan et al., 2020)
41	(Rowan & Laffey, 2020)
42	(D. K. Kim et al., 2017)
43	(Buonanno et al., 2020)
44	(Cadnum et al., 2020)
45	(Mackenzie, 2020a)
46	(S. J. Kim et al., 2016)
47	(Mackenzie, 2020b)
48	(Su et al., 2017)
49	(Rashid et al., 2018)
50	(Meyers et al., 2017)
51	(Eisenlöffel et al., 2019)