

# **RADIACIÓN UV PARA MITIGACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS EN AMBIENTES LABORALES DE OFICINA: REVISIÓN SISTEMÁTICA<sup>682</sup>**

Página | 1721

## **UV RADIATION FOR BIOLOGICAL RISK MITIGATION IN OFFICE WORK ENVIRONMENTS: SYSTEMATIC REVIEW**

Félix Antonio Ramírez Meza<sup>683</sup>

Olga Lucia Sierra Quiñónez<sup>684</sup>

Pablo Fernando Muñoz Infante<sup>685</sup>

Ana Milena Peña Dávila<sup>686</sup>

Liliana Margarita Pérez Olmos<sup>687</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.<sup>688</sup>

---

<sup>682</sup> Derivado del proyecto de investigación. Radiación UV para mitigación de riesgos biológicos en ambientes laborales de oficina

<sup>683</sup> Profesional en Ingeniería mecatrónica –Universidad Autónoma de Bucaramanga, Magíster E-learning y Redes Sociales – Universidad internacional de la Rioja UNIR – Especialista en Gerencia de Proyectos - Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO – Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico framire5@uniminuto.edu.co

<sup>684</sup> Psicóloga, Especialista en Salud Ocupacional, Magister en Prevención en Riesgos Laborales, Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico osierraquin@uniminuto.edu.co

<sup>685</sup> Magíster E-learning y Redes Sociales – Universidad internacional de la Rioja UNIR – Especialista En Gerencia de Proyectos – Universidad del Tolima - Profesional en Ingeniería electrónica - Universidad Pontificia Bolivariana, Ocupación Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico pmuozinf@uniminuto.edu.co

<sup>686</sup> Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación, Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB. Maestra en Tecnología Educativo Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - ITESM. Especialista en Gerencia de Proyectos, Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico: apenadavila@uniminuto.edu.co,

<sup>687</sup> Administradora de empresas con énfasis en finanzas, Universidad de Sucre- Unisucre, Magister en Sistemas Integrados de Gestión, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología-UMECIT, docente investigadora, UNIMINUTO, correo electrónico: lperezolmos@uniminuto.edu.co

<sup>688</sup> Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. [www.rediees.org](http://www.rediees.org)

## 90. RADIACIÓN UV PARA MITIGACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS EN AMBIENTES LABORALES DE OFICINA: REVISIÓN SISTEMÁTICA<sup>689</sup>

Página | 1722

Félix Antonio Ramírez Meza<sup>690</sup>, Olga Lucia Sierra Quiñónez<sup>691</sup>, Pablo Fernando Muñoz Infante<sup>692</sup>, Ana Milena Peña Dávila<sup>693</sup>, Liliana Margarita Pérez Olmos<sup>694</sup>

### RESUMEN

La construcción de equipos de radiación Ultravioleta (UV) tomó décadas en desarrollarse para aplicaciones industriales; uno de los espectros, la radiación Ultravioleta C (UVC) se utiliza en la esterilización del agua, desinfección de alimentos, asepsia de ambientes clínicos, desinfección de sistemas de aire acondicionado y de superficies, entre otras aplicaciones. El objetivo del presente trabajo consiste en describir el uso de la radiación UV para la mitigación de los riesgos biológicos en ambientes laborales de oficina. Se realizó una revisión sistemática sobre estudios experimentales en donde se ha verificado mediante pruebas de laboratorio el efecto germicida y desinfectante de la radiación UVC. Los artículos se buscaron en las bases de datos SCOPUS, SCIENCE DIRECT, PROQUEST, RESEARCH GATE, REDALYC y SCIELO en el periodo comprendido entre el año 1999 hasta el 2018, la mayoría de estos en inglés. Los resultados experimentales en diferentes aplicaciones confirman que el efecto germicida de UVC es una herramienta efectiva para inactivar y

---

<sup>689</sup> Derivado del proyecto de investigación. Radiación UV para mitigación de riesgos biológicos en ambientes laborales de oficina

<sup>690</sup> Profesional en Ingeniería mecatrónica –Universidad Autónoma de Bucaramanga, Magíster E-learning y Redes Sociales – Universidad internacional de la Rioja UNIR – Especialista en Gerencia de Proyectos - Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO – Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico framire5@uniminuto.edu.co

<sup>691</sup> Psicóloga, Especialista en Salud Ocupacional, Magister en Prevención en Riesgos Laborales, Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico osierraquin@uniminuto.edu.co

<sup>692</sup> Magíster E-learning y Redes Sociales – Universidad internacional de la Rioja UNIR – Especialista En Gerencia de Proyectos – Universidad del Tolima - Profesional en Ingeniería electrónica - Universidad Pontificia Bolivariana, Ocupación Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico pmuozinf@uniminuto.edu.co

<sup>693</sup> Magister en Tecnología Educativa y Medios Innovadores para la Educación, Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB. Maestra en Tecnología Educativo Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - ITESM. Especialista en Gerencia de Proyectos, Docente, Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO Santander, correo electrónico: apenadavila@uniminuto.edu.co,

<sup>694</sup> Administradora de empresas con énfasis en finanzas, Universidad de Sucre- Unisucre, Magister en Sistemas Integrados de Gestión, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología-UMECIT, docente investigadora, UNIMINUTO, correo electrónico: lperezolmos@uniminuto.edu.co

eliminar agentes contaminantes que son perjudiciales y que se pueden presentar en ambientes laborales. Por lo tanto, UVC podría funcionar y ser eficaz para la reducción de riesgos biológicos en ambientes de oficina, los cuales en algunos casos son causantes de enfermedades y conllevan a ausencias laborales. De esta manera, el artículo se convierte en el punto de partida para investigaciones experimentales sobre el efecto de UVC en las condiciones de salud de una población trabajadora.

## **ABSTRACT**

Ultraviolet (UV) light was discovered by Johann Ritter in 1801 and it took more than a hundred years to develop equipment that would allow its application at industrial scales; One of the spectra, Ultraviolet C radiation (UVC) is used in water sterilization, food disinfection, asepsis of clinical environments, disinfection of air conditioning systems and surfaces, among other applications. The objective of this work is to describe the use of UVC radiation for the mitigation of biological risks in office work environments. An analysis of information on experimental studies was carried out where the germicidal and disinfecting effect of UVC radiation was verified by laboratory tests. The technique used in this article has been documentary research through databases such as SCOPUS, SCIENCE DIRECT, REDALYC, SCIELO in periods between 2000 and 2018, most of them in English. The experimental results in different applications confirm that the germicidal effect of UVC radiation is an effective tool to inactivate and eliminate polluting agents that are harmful and that can occur in work environments. Therefore, UVC radiation could work and be effective for the reduction of biological risks in office environments, which in some cases cause diseases and lead to work absences. In this way, the article becomes the starting point for experimental research on the effect of UVC radiation on the health conditions of a working population.

**PALABRAS CLAVE:** radiación ultravioleta, desinfección por ultravioleta, radiación UVC, ambientes laborales, salud laboral

**Keywords:** ultraviolet radiation, ultraviolet disinfection, UVC radiation, work environments, occupational health

## INTRODUCCIÓN

Para Cabrera y López, la luz emitida por el sol es energía radiante electromagnética que al pasar por la atmósfera cambia de manera importante; esta radiación está compuesta principalmente por el espectro de luz UV (100 a 400 nm), luz visible (400 a 760 nm) e infrarroja (760 a 1800 nm), entre otros tipos de onda. La radiación UV se divide en tres bandas: UVA (320 a 400 nm), UVB (280 a 320) y UVC (200 a 280 nm). Las radiaciones UV representan sólo una parte muy pequeña de la luz solar que recibe la superficie del planeta. La radiación se puede definir como la emisión y propagación de energía a través del espacio o de un medio material, (2006, p. 2)

Son varios los estudios que describen los efectos nocivos que produce la exposición a los rayos UV; por ejemplo, es conocido que es responsable de gran cantidad de enfermedades asociadas con la piel. En los últimos años se ha producido un incremento notable de la incidencia de cáncer de piel, existiendo una relación directa entre ese aumento y la exposición reiterada al componente ultravioleta de la luz solar. Numerosas lesiones producidas por la radiación UV no reparadas dan lugar a la aparición de mutaciones en genes clave que posteriormente desencadenan tumores de piel melanoma y no-melanoma, Cabrera y López (2016).

El cuerpo humano cuenta con enzimas capaces de reparar las mutaciones causadas por UVB; sin embargo, muchas veces no resultan exitosas y conducen a la aparición problemas cutáneos, las radiaciones UVB inducen de manera crónica alteraciones estructurales en el ADN (Sancovich, 2016).

No sólo puede causar cáncer, también causa foto envejecimiento los rayos UV son el factor de riesgo modificable más importante para el cáncer de piel (Orazio et al., 2013) por otro lado, en los ojos es muy conocido que la exposición a la luz UV se ha asociado con la formación de cataratas y la degeneración de la retina.

Sin embargo, la radiación UV tiene otras propiedades que utilizadas de manera correcta son de gran utilidad para diferentes campos de acción. Una de ellas es el efecto germicida y desinfectante que produce el espectro UV conocido como UVC.

La radiación UVC mata e inactiva microbios por daños en su ADN, la radiación UVC es un medio de desinfección y puede ser utilizado para prevenir la propagación de ciertas enfermedades infecciosas (Reed, 2010)

No es usual encontrar literatura que evidencie el uso de radiación UV en ambientes laborales, esto da cabida para considerar dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Cuáles serán los beneficios que trae a la salud del trabajador el uso desinfectante de la radiación UV?, si esta es considerada y utilizada como un elemento de desinfección de ambientes, por qué no incluir la oficina como un espacio donde se experimente su aplicabilidad.

El presente artículo analiza información acerca de estudios de aplicaciones del uso de la radiación UV para desinfectar, los cuales han sido catalogados en 3 tópicos: agua y alimentos, aire y las superficies. Se analizaron los artículos destacando su aporte principal al presente trabajo, donde podemos inferir que la radiación UV podría ser de utilidad y generar un aporte importante al ámbito laboral. Se espera que la revisión sea un punto de partida a nuevos proyectos de investigación con resultados experimentales, los cuales corroboren que la radiación UV realmente contribuye a mejorar las condiciones laborales y por ende la salud de sus trabajadores.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

En la búsqueda de información para este artículo se utilizaron bases de datos y palabras clave como “germicidal ultraviolet”; germicidal AND ultraviolet; UV-C AND disinfection; UV-C AND health; UV-C AND H1N1; “UVGI”; “luz ultravioleta”; “desinfección de superficies por ultravioleta”; “desinfección UV”; microbiología or bacteriología or desinfección.

En la búsqueda se preseleccionaron un total de 72 artículos de los cuales 53 estaban en inglés, 17 en español y 2 en portugués. Después de un análisis fueron excluidos 19 artículos debido a que eran repetitivos en los temas o databan de los años 80 hasta mediados de los 90. Muchos de estos artículos excluidos se refieren a la desinfección en productos agrícolas por UVC.

Se seleccionaron 54 artículos de los cuales 29 fueron obtenidos de SCOPUS, 17 de SCIENCE DIRECT, 2 de PROQUEST, 2 de RESEARCH GATE, 2 de REDALYC y 1 de SCIELO. Además, uno de ellos fue ubicado en la base de datos de la Corporación Universitaria Lasallista. Los artículos van desde 1998 hasta el año 2018; de los cuales 27 artículos datan de 2015 al 2018, de los cuales 11 son de este último año. Por países, la contribución de artículos puede verse en la tabla 1 y en la tabla 2.

**Tabla 1**

*Artículos en inglés y país de procedencia*

<b>Artículos en Inglés</b>	
<b>País</b>	<b>Cantidad</b>
USA	24
China	2
Japón	2
Canadá	2
Tailandia	1
Francia	1
España – Argentina	1
Austria – Suiza	1
Israel	1
Egipto - Arabia Saudita	1
Rumania	1
Portugal	1
México	1
Argentina	1
<b>Total</b>	<b>40</b>

Fuente. Elaboración propia.

**Tabla 2**

*Artículos en español y país de procedencia*

<b>Artículos en español</b>	
<b>País</b>	<b>Cantidad</b>
Colombia	3
México	2
España	2
Venezuela	1
Argentina	2
Costa rica	1
España-Argentina	1

Chile	1
Uruguay	1
<b>Total</b>	<b>14</b>

Fuente. Elaboración propia. Nota. De los 54 artículos, 38 de ellos hacen referencia a procesos experimentales y uso de laboratorios; los otros 16 artículos son de reflexión y revisión literaria, suministrando información sobre la eficiencia de la luz ultravioleta en diversos contextos.

## RESULTADOS

El análisis de los artículos arroja que la desinfección UVC abarca tres tópicos: desinfección en alimentos, desinfección en aires acondicionados y desinfección de superficies.

**Desinfección en alimentos.** La luz UV se utiliza en la industria alimentaria para diferentes propósitos (Kouthma y Mararu, 2009). La FDA en la sección 179.39, habla acerca de la radiación UV para el procesamiento y tratamiento de alimentos y agua, la cual puede ser utilizada con seguridad bajo ciertas condiciones. En el 2000, la FDA aprobó la luz UV como tratamiento alternativo a la pasteurización térmica de zumos de fruta (Villarroel y Ramos, 2015).

El efecto germicida consiste en dañar el ácido nucleico, evitando así la replicación de microorganismos. La luz UV inactiva los patógenos transmitidos por el agua en el siguiente orden: protozoos, bacterias, esporas bacterianas, virus y bacteriófagos (Turtoi, 2013).

Turtoi (2013) afirma que la luz UV tiene una promesa considerable de reducir los niveles de contaminación microbiana para una amplia gama de alimentos y bebidas.

La tecnología UV se utiliza ampliamente como alternativa a la esterilización química y a la reducción de organismos vegetativos en productos alimenticios (Lamikanra et al. 2005).

El tratamiento térmico es una opción tradicional para la pasteurización, sin embargo, la radiación UV tiene potencial para ser utilizada en este proceso también. Como tratamiento post letal en el control de contaminación microbiana en carnes y huevos con cáscara, e incluso para extender la vida útil de refrescos, sin disminuir la calidad y sus propiedades nutritivas de manera significativa (Villarroel y Ramos, 2015).

En pruebas experimentales se han utilizado radiaciones desde 0,2 hasta 20 Kj/m<sup>2</sup> con distancias entre el producto y la lámpara entre 10 y 40 cms<sup>3</sup>. Esta básicamente es la técnica

utilizada en la mayoría de los experimentos, donde las variables involucradas son la potencia de la irradiación, la distancia y el tiempo de exposición.

Se ha comprobado que el poder germicida tiene mayor efecto en los 254 nm y la inactivación microbiana por la UVC se produce mediante la absorción de la energía por el microorganismo. La técnica utilizada para la desinfección de alimentos, como por ejemplo frutas, consiste en someter la superficie del alimento a la radiación directa de la fuente de luz UVC durante un periodo corto de tiempo y a una distancia determinada. (Villarroel y Ramos, 2015)

La actividad viral se reduce progresiva y significativamente a medida que aumenta el tiempo de exposición a la radiación UV, por ejemplo, en un experimento realizado con mora azul, los investigadores encontraron una reducción significativa de *Escherichia coli* con una exposición entre 5 y 10 minutos con dosis relativamente bajas de UV (Kim y Hung, 212). Durante el almacenamiento de fruta cortada, la radiación con UV-C fue eficaz para reducir las poblaciones de levadura, moho y *Pseudomonas* (Lamikanra et al. 2005).

Podemos resumir los aportes más importantes relacionados con los alimentos y el agua:

**Tabla 3**  
*Autores contribuyentes en alimentos y agua*

<i>Autor / Año</i>	<i>Conclusión</i>
Osorio M et al. 2012 <sup>16</sup>	La radiación ultravioleta UV-C ofrece resultados en la disminución de los porcentajes de germinación y en las contaminaciones microbiológicas, sin afectar los contenidos proteínicos.
Millán Villarroel et al. 2015 <sup>10</sup>	La inactivación microbiana por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas.



---

	Al aplicar radiación UV-C, el número de
Tremarin et al. 2016 <sup>17</sup>	Alicyclobacillus acidoterrestris, la cual es una bacteria formadora de esporas que dañan la calidad de los zumos de frutas, disminuyó drásticamente después de 8 min.
Koutchma 2008 <sup>9</sup>	Las aplicaciones de la luz UV incluyen descontaminación de superficies, de equipos en panaderías, quesos y fiambres, como complemento de la limpieza y desinfección.
Koutchma 2009 <sup>9</sup>	La radiación UV puede inactivar los microorganismos, reduciendo la carga microbiana en el aire, en superficies duras y en capas delgadas de bebidas. Puede también eliminar patógenos del agua potable y jugos de frutas
Del campo-Sacre et al 2009 <sup>18</sup>	El tratamiento con radiación UVC mostró reducciones logarítmicas altas en ambos mohos. La radiación UVC puede utilizarse como método no térmico para inactivar las esporas de A Níger y A flavus.
Baysal 2018 <sup>19</sup>	El uso de la luz UV-C a 253.7 nm para el procesamiento de alimentos es seguro y ha sido aprobado como un tratamiento alternativo para reducir los patógenos y otros microorganismos en la producción, procesamiento y manejo de los alimentos
Turtoi 2013 <sup>11</sup>	La irradiación UV es capaz de inactivar los microorganismos, reduciendo la carga microbiana en la película delgada de agua potable y aguas residuales.
Chávez et al 2002(20)	La exposición de las cáscaras de huevo con UV redujo significativamente los recuentos de placas aeróbicas en comparación con los huevos no tratados.

**Desinfección en aires acondicionados.** Existen estudios que ratifican la irradiación UV como muy positiva en la implementación de sistemas de aire acondicionado. La calidad del aire interior de un edificio puede tener un impacto significativo en la productividad, el ausentismo e incluso las primas de seguros.

La tecnología UVC continúa avanzando en el campo de la desinfección del aire. La tecnología se ha expandido desde sus orígenes en el tratamiento del agua hasta su uso en el tratamiento del aire en hospitales, oficinas e incluso en los vehículos de lujo (Robles y Kramer, 2017).

Las lámparas de irradiación UVC se pueden instalar en varios lugares en un sistema de climatización. Una posible ubicación es dentro de la unidad, frente a las bobinas de enfriamiento (Memarzadeh et al. 2013).

En los edificios públicos puede reducir la transmisión de la influenza por vía aérea. En un sistema de aire acondicionado, los rayos UVC contribuyen a prevenir la influenza a través del aire, en experimentos realizados, se obtuvieron reducciones de influenza de un 98.2 %.

El uso de UV en la habitación superior no se limitaría a controlar la propagación del virus de la gripe, ya que también controlaría la propagación de otros agentes infecciosos en el aire (muchos de los cuales son susceptibles a la luz UVC (McDevitt et al. (2012).

La radiación UVC puede ser un enfoque eficaz para reducir la contaminación por hongos dentro de los sistemas de aire acondicionado, mostrando resultados de niveles significativamente más bajos de contaminación por hongos. Levetin et al. (2012).

Después de la instalación de lámparas UVC, las bacterias transportadas por el aire (unidades formadoras de colonias por m<sup>3</sup> de aire en las habitaciones), se redujeron en un promedio del 42%. Levetin et al. (2012).

Los resultados para una sola lámpara UVC de 15 W mostraron reducciones del 50% para *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) y *Micrococcus luteus* (*M. luteus*). Las pruebas con *Escherichia coli* (*E. coli*) mostraron una reducción de casi el 100%. (Miller y Macher, 2000)

Un estudio demostró la potencia de los pulsos de irradiación UV contra virus en el aire, es decir, se cuenta con herramientas potenciales para el control de infecciones en el aire. (Lin et al. 2017)

Lámparas UVC ubicadas en la parte alta de espacios son seguras y efectivas para interrumpir la transmisión de varias infecciones que se transmiten a través del aire, por ejemplo, enfermedades comunes como la influenza, la infección por adenovirus, el sarampión y la tuberculosis (Dai y Hamblin (2012)

Ubicando lámparas UVC en el recorrido del flujo del aire –en un sistema de aire acondicionado-, la radiación producida ataca el ADN de microorganismos vivos como virus, moho y esporas de bacterias matándolos. Con el tiempo, todo esto se convierte en polvo y quedan atrapados en el filtro el cual se puede limpiar y cambiar. (Dai y Hamblin (2012)

Podemos resumir los aportes más importantes relacionados aires acondicionados:

**Tabla 4**  
*Autores contribuyentes en aires acondicionados*

Autor/Año	Conclusión
McDevitt et al 2011	La desinfección del aire a través de la luz UVC en los edificios públicos, puede reducir la transmisión de la influenza por vía aérea
Miller et al 2000	El uso de lámparas UVC puede reducir la exposición a agentes infecciosos al inactivar o matar microorganismos mientras están en el aire.
Menzies et al 1999	La instalación y el funcionamiento de lámparas UV en los sistemas de aire acondicionado de los edificios de oficinas es factible, no pueden ser detectados por los trabajadores y no parece tener efectos adversos.

---

De Robles et al 2017	La irradiación UVC en un sistema de aire acondicionado de un edificio es un enfoque para mejorar la calidad del aire y reducir los riesgos para la salud de sus ocupantes.
Miller et al 2013	La irradiación con UVC es una tecnología importante para mejorar la calidad del aire interior y contribuir con los edificios saludables
Reed 2010	Existe una larga historia de investigaciones que concluyen que, si se usa correctamente el UVC, puede ser seguro y  Altamente efectivo para desinfectar el aire, previniendo así la transmisión de una variedad de infecciones en el aire.

---

Fuente. Elaboración propia.

**Desinfección de superficies.** La desinfección de superficies en ambientes laborales, por ejemplo, oficinas mediante tecnologías libres de químicos y amigables con el medio ambiente debería ser un objetivo a tener en cuenta por parte de las organizaciones. En consecuencia, la radiación UVC tiene cosas que aportar y los estudios demuestran que quizás este sea un camino para optimizar y mejorar la técnica. El efecto de la radiación UVC se utiliza como una técnica efectiva para inactivar y eliminar contaminantes en superficies de trabajo (Cabieses et al. 2011).

En experimentos realizados, se demuestra la efectividad de la radiación UV-C para reducir los recuentos de bacterias vegetativas en las superficies, el cual fue de más del 99.9% en aproximadamente 15 minutos, y la reducción de las esporas de *Clostridium difficile* fue de 99.8% en 50 minutos. Es importante señalar que las esporas *Clostridium difficile* son un patógeno anaerobio, formador de esporas y el agente etiológico más importante de las diarreas asociadas a antimicrobianos, tanto nosocomiales como adquiridas en la comunidad.

Adicionalmente, dentro de los agentes contaminantes de superficies se encuentra la *Escherichia coli* y *Salmonella* (son las principales causantes de la diarrea infecciosa), las

cuales son bacterias Gram negativas, causantes de fiebres entéricas y gastroenteritis. (Cabieses et al. 2011).

Precisamente el experimento anterior quiero afirmar que el efecto germicida que presenta la luz UV-C se cataloga como una herramienta efectiva al momento de inactivar y eliminar agentes contaminantes perjudiciales como la *Escherichia coli* y la *Salmonella typhimurium* (Rutala et al., 2010).

La técnica de radiación UVC seguramente es una técnica que puede funcionar y ser eficaz para la reducción de riesgos biológicos en las oficinas. Sin embargo, algunos estudios sugieren que factores como la intensidad de radiación, el tiempo de exposición, la ubicación de las lámparas e incluso el movimiento del aire afectan de una u otra forma el efecto germicida. Incluso, la presencia de suciedad y de escombros parece disminuir la efectividad (Rutala et al., 2010).

Por esta y más razones, es pertinente realizar experimentos en oficinas, identificando las posibles fuentes de riesgo biológico y evaluar si la radiación funciona o no. Sin embargo, la siguiente tabla complementa dichas conjeturas.

**Tabla 5**  
*Autores contribuyentes en superficies*

<i>Autor / Año</i>	<i>Breve Contribución al artículo</i>
Rutala, William A. Gergen, Maria F. Weber, David J. 2010	Dispositivo UV-C fue eficaz para eliminar las bacterias vegetativas en superficies contaminadas tanto en la línea de visión como detrás de los objetos en aproximadamente 15 minutos y en eliminar las esporas de <i>C. difficile</i> en 50 minutos.

Villarroel, Millán Romero González, Lucía Brito, Marbella Yndira Villarroel, Ana 2014	Dionelys Ramos-	La luz UV-C posee el mayor efecto germicida, específicamente entre 250 y 270 nm, y la máxima eficiencia para la desinfección se sitúa específicamente a 254 nm
Hameed, A A Abdel Razik, M Abdel 2013		Estudiar el efecto de la radiación ultravioleta (UVC) sobre la capacidad de supervivencia y la susceptibilidad de algunas especies de hongos aisladas del aire interior de los lugares de trabajo relacionados con la industria y la agricultura.
Sweeney, C P Dancer, S J 2009		Da a conocer que los teclados y ratones de computadora albergan organismos que podrían transmitirse potencialmente a los pacientes. Por lo tanto, las computadoras contaminadas en áreas clínicas

---

**representan un riesgo de infección si no se limpian regularmente.**

Rashid, T Poblete, K Amadio, J Hasan, I Begum, K Alam, M J Garey, K W 2018		Se demostró que un dispositivo de descontaminación UVC reduce los recuentos de unidades formadoras de colonias de organismos patógenos relevantes de las suelas de los zapatos, con la subsiguiente disminución de la colonización de los pisos, el equipo de atención médica, los muebles, las camas y un maniquí para pacientes.
---	--	--

---

<p>Gorsuch, Emily L.          Grinshpun, Sergey A.          Willeke, Klaus          Reponen, Tiina Moss,          Clyde E.          Jensen, Paul A.          1998</p>	<p>En el estudio, se desarrolló y evaluó una nueva metodología para determinar la eficiencia de la inactivación microbiana de superficies GUV. Se examinaron los efectos de la intensidad de GUV y el tiempo de exposición en la inactivación microbiana para <i>Micrococcus luteus</i> y <i>Serratia marcescens</i>.</p>
<p>Miller, S. L.          Macher, J. M.          2000</p>	<p>Las técnicas tales como el uso de lámparas que producen radiación germicida ultravioleta pueden reducir la exposición a agentes infecciosos al inactivar o matar microorganismos mientras están en el aire. Los resultados para una sola lámpara germicida de 15 W mostraron reducciones del 50% para <i>Bacillus subtilis</i> (<i>B. subtilis</i>) y <i>Micrococcus luteus</i> (<i>M. luteus</i>)</p>
<p>Reed, Nicholas G.          2010</p>	<p>Hay una larga historia de investigaciones que concluyen que, si se usa correctamente, el UVGI puede ser seguro y altamente efectivo para desinfectar el aire, previniendo así la transmisión de una variedad de infecciones en el aire</p>
<p>McDevitt, James J.          Rudnick, Stephen N.          Radonovich, Lewis J.          2012</p>	<p>La desinfección del aire a través de la luz UV germicida (UV-C) de 254 nm de la sala superior de los edificios públicos puede reducir la transmisión de la influenza por vía aérea</p>
<p>Cooper, Jesse          Bryce, Elizabeth          Meng, George          Astrakianakis          Stefanovic, Aleksandra          Bartlett, Karen          2016</p>	<p>Las luces UVC instaladas permanentemente pueden ser una herramienta de descontaminación suplementaria útil en baños compartidos de pacientes. los UVC superaron significativamente la limpieza manual utilizando peróxido de hidrógeno acelerado para eliminar <i>Staphylococcus aureus</i> resistente a la meticilina, terococos resistentes a la vancomicina y <i>Clostridium diffici</i></p>

---

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El análisis de las aplicaciones de la desinfección con irradiación UV abarca tres grandes tópicos: desinfección en aguas y alimentos, desinfección en aires acondicionados y desinfección de superficies. Adicionalmente el análisis sugiere que hay tres variables que juegan un papel importante en la desinfección por UV: la potencia de la lámpara, la distancia a la cual se ubica la misma y el tiempo de irradiación; incluso podríamos incluir la humedad como una cuarta variable.

Página | 1736

Estudios evidencian que la radiación UVC es efectiva y segura para reducir los microorganismos y desinfectar el agua y las frutas. A diferencia de los métodos químicos para la desinfección de agua y alimentos, las lámparas ultravioletas proporcionan una inactivación rápida y eficiente de los microorganismos mediante el proceso físico ya que los virus y/o bacterias que se exponen a la longitud de onda UV, se vuelven incapaces de reproducirse e infectar. Sin embargo, la sola irradiación UV no es suficiente; la irradiación UV es un complemento adicional en los procesos de desinfección.

Los aires acondicionados producen alergias y enfermedades causadas por la mala calidad del aire interior que circula en una oficina, esto se debe a las partículas de cigarrillos, gases contaminantes de vehículos, polvo fino, mohos, bacterias e incluso virus en el aire. (Robles y Kramer, 2017). Los experimentos evidencian que las lámparas UV contribuyen a desinfectar el aire que circula en un sistema de aire acondicionado; sin embargo, la irradiación con UV es un complemento y no una técnica primaria única para matar o inactivar microorganismos infecciosos que permita la desinfección del aire, tal y como lo afirma Levetin et al. (2012).

Por otro lado, la desinfección de superficies en ambientes laborales como oficinas, mediante tecnologías libres de químicos y amigables con el medio ambiente es una prioridad; en esto la radiación UV tiene aportes importantes y los estudios demuestran que quizás este sea un camino para optimizar y mejorar la técnica.

El análisis final de la información sugiere que es necesario realizar muchos más experimentos. Sin embargo, al extrapolar las aplicaciones de la desinfección por UV a ambientes laborales, por ejemplo, de una oficina, podríamos sugerir que el método contribuiría a desinfectar superficies tales como las de un computador, su teclado y mouse,



los escritorios, las sillas, las manijas de las puertas, etc. Superficies que podrían estar contaminadas con enfermedades que producen ausentismo laboral y disminuyen la productividad de la organización.

## CONCLUSIONES

Un importante conjunto de investigaciones ha demostrado la capacidad de la irradiación UV para inactivar los organismos patógenos y desinfectar. Ofrece múltiples ventajas en cuanto al costo, manejo, seguridad y tamaño, lo que representa un beneficio para quien lo implementa y su población.

La radiación UV utilizada de manera correcta, es decir con un equipo fabricado por compañías reconocidas y con los elementos de protección como gafas y guantes, podría contribuir a reducir el riesgo biológico en ambientes laborales como una oficina, pues la posibilidad de tener y consumir alimentos contaminados con por ejemplo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Enteritidi*, *Listeria innocua*, *Botrytis cinérea*, *Aerobios mesófilos*, entre otros, son generadores de riesgo biológico que podrían desencadenar incapacidades laborales y elevar el ausentismo laboral. Adicionalmente la radiación UV aporta a mejorar la calidad del aire en un sistema de aire acondicionado, lo cual reduce los riesgos para la salud de los trabajadores de un ambiente laboral cerrado como lo es una oficina. Esto puede mejorar la productividad y por supuesto que el ausentismo disminuya.

Sin embargo, varios experimentos confirman también, que el uso único de esta tecnología para desinfección no es suficiente, se propone como una técnica complementaria a otros procesos. La investigación es fundamental y tendrán que realizarse nuevos experimentos de la mano de tecnologías emergentes UV, como por ejemplo la de LEDs, lo cuales son mucho más seguros, económicos y eficientes que las lámparas convencionales.

En una oficina, es necesaria la caracterización de los riesgos biológicos presentes, desde el simple aire que se respira hasta el análisis de los puestos de trabajo, pasando por las manijas de las puertas, la fotocopidora y en general toda superficie de contacto masivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabrera Morales, C. M., & López-Nevot, M. A. (2006). Efectos de la radiación ultravioleta (UV) en la inducción de mutaciones de p53 en tumores de piel. *Oncología (Barcelona)*, 29(7), 25-32. Recuperado en 28 de octubre de 2020, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-48352006000700003&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352006000700003&lng=es&tlng=es)

Ferramola de Sancovich, A. M., & Sancovich, H. A. (2006). Interacciones de las radiaciones electromagnéticas y especies reactivas del oxígeno sobre la piel. *Revista argentina de dermatología*.

D'Orazio, J., Jarrett, S., Amaro-Ortiz, A., & Scott, T. (2013). UV radiation and the skin. *International journal of molecular sciences*, 14(6), 12222-12248.

Kim, C. y Hung, YC (2012). Inactivación de E. coli O157: H7 en arándanos mediante agua electrolizada, luz ultravioleta y ozono. *Revista de ciencia de los alimentos*, 77 (4), M206-M211

Koutchma, T., Forney, L. J., Moraru, C. I., & Sun, D. W. (2009). Principles and applications of UV technology. *Ultraviolet light in food technology: Principles and applications*, 1-31.

Lamikanra, O., Kueneman, D., Ukuku, D., & Bett-Garber, K. L. (2005). Effect of processing under ultraviolet light on the shelf life of fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*, 70(9), C534-C539.

Levetin, E., Shaughnessy, R., Rogers, C. A., & Scheir, R. (2001). Effectiveness of germicidal UV radiation for reducing fungal contamination within air-handling units. *Applied and environmental microbiology*, 67(8), 3712-3715.

Lin, W. E., Mubareka, S., Guo, Q., Steinhoff, A., Scott, J. A., & Savory, E. (2017). Pulsed ultraviolet light decontamination of virus-laden airstreams. *Aerosol Science and Technology*, 51(5), 554-563.

McDevitt, J. J., Rudnick, S. N., & Radonovich, L. J. (2012). Aerosol susceptibility of influenza virus to UV-C light. *Applied and environmental microbiology*, 78(6), 1666-1669.

Memarzadeh F, Olmsted RN, Bartley JM. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: Effective adjunct, but not stand-alone technology. *Am J Infect Control* [Internet].

Millán Villarroel, D., Romero González, L., Brito, M., & Ramos-Villarroel, A. Y. (2015). Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas. *Saber*, 27(3), 454-469. Página | 1739

Miller, SL y MacHer, JM (2000). Evaluación de una metodología para cuantificar el efecto de la irradiación germicida ultravioleta del aire ambiente sobre las bacterias transportadas por el aire. *Ciencia y tecnología de aerosoles*, 33 (3), 274-295.

Reed, N. G. (2010). The history of ultraviolet germicidal irradiation for air disinfection. *Public health reports*, 125(1), 15-27.

Robles, D., & Kramer, S. (2017). Improving Indoor Air Quality Through the Use of Ultraviolet Technology. *Procedia Engineering*, 888-894.

Turtoi, M. (2013). Ultraviolet light potential for wastewater disinfection. *Ann. Food Sci. Technol.*, 14, 153-164.