

**Revisión no sistemática del uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) en las áreas de trabajo, para minimizar el contagio por el SARS-CoV 2**

Autores:

Juan Pablo Córdoba Rada

Jairo Alexander López Turriago

Iván Guillermo Torres Ruiz

Estudiantes de la Especialización virtual en

Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo

Universidad ECCI

Juan Pablo Córdoba Rada, código: 96653

Jairo Alexander López Turriago, código: 93799

Iván Guillermo Torres Ruiz, código: 93866

Tutor: Julietha Oviedo Correa

Especialización virtual en  
Gerencia de la Seguridad y Salud en el Trabajo

**TABLA DE CONTENIDO**

## Tabla de contenido

Agradecimientos .....	6
Introducción .....	7
1. Título trabajo de grado. ....	9
2. Planteamiento del problema (primera parte).....	9
2.1 Contextualización: .....	9
2.2 Pregunta de investigación.....	14
2.3 Sistematización de la pregunta principal de investigación.....	15
2.4 Objetivo general y objetivos específicos.....	15
3. Justificación del problema.....	16
4. Estado del arte .....	20
5. Marco teórico: .....	35
5.1 Los virus, su origen y sus características: .....	35
5.2 ¿Qué son los virus? .....	36
5.3 Características de los virus:.....	37
5.4 Clasificación de los virus: .....	39
5.5 Familias de los Coronavirus:.....	45

Uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) en las áreas de trabajo	4
5.6 Efecto de los agentes físico-químicos en la inactivación de los virus: .....	46
5.7 Desinfección y Esterilización:.....	47
5.8 Mecanismo de acción de los desinfectantes:.....	49
5.9 Esterilización por temperatura: .....	50
5.10 Esterilización por productos químicos: .....	51
5.11 Esterilización por radiaciones: .....	51
5.12 Desinfección o esterilización por ozono: .....	52
5.13 Hechos Sobre UV y el COVID-19.....	53
5.14 ¿Por qué se utiliza la UV-C en lámparas?.....	55
5.15 ¿Son seguras las lámparas UV-C? .....	56
5.16 Tecnología de desinfección.....	57
6. Marco legal: .....	59
7. Marco metodológico de la investigación .....	61
7.1 Fases del proyecto .....	64
7.2 Cronograma de actividades: .....	69
7.3 Análisis de la información: .....	69
8. Resultados y discusión: .....	70
8.1 Discusión:.....	95
9. Conclusiones: .....	99

Uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) en las áreas de trabajo	5
10. Recomendaciones:.....	101
11. Análisis costo- beneficio.....	103
12. Lista de referencias: .....	105

### **Agradecimientos**

Queremos dar nuestros agradecimientos a la universidad que nos dio la oportunidad de forjarnos en esta especialización y de la cual hemos aprendido bastante adquiriendo conocimiento indispensable en nuestro futuro laboral como especialistas en la materia de gerencia de la seguridad y salud en el trabajo, agradecemos a nuestros maestros, nuestros compañeros que han sido al igual un gran fuente de conocimiento y de los cuales hemos aprendido mucho, por ultimo queremos dedicar este trabajo a nuestras familias e hijos que son el motor en nuestra lucha alcanzable por vivir cada día en un mundo mucho mejor...

## **Introducción**

El presente documento corresponde al trabajo de grado como requisito para la obtención del título de la especialización virtual en gerencia de la seguridad y salud en el trabajo de la universidad ECCI. La motivación de los autores ha sido el de realizar una revisión no sistemática de la literatura, con el fin de verificar si la tecnología de la luz ultravioleta de onda corta (UV-C) puede ser efectiva en la desinfección de superficies de los espacios laborales en las empresas, como método principal o complementario y que pueda ser una herramienta más para el control de la expansión del virus del SARS-COV-2 de la actual pandemia. El documento sigue las recomendaciones descritas en la guía metodológica posgrados 2020 de la universidad ECCI y <aplica las normas APA de 2020. Igualmente, el presente trabajo hace parte de la línea de investigación de seguridad y salud en el trabajo y en la sublínea salud, ambiente y trabajo, definida por la Universidad.

Al ser un planteamiento nuevo, la revisión sistemática se centra principalmente en los trabajos publicados durante la actual pandemia, revisando las diferentes aplicaciones, en diversos ambientes, del uso de la tecnología de la luz ultravioleta de onda corta (UV-C) como método de desinfección.

La estructura del documento sigue los siguientes puntos, los cuales siguen, principalmente las recomendaciones de la guía metodológica postgrados 2020, ya citada anteriormente:

1. Problema de investigación el cual incluye el título del trabajo, el planteamiento del problema, la formulación de la pregunta, sistematización de la pregunta y la justificación.

2. Objetivos general y específicos

3. Marcos referenciales, que incluye el estado del arte, el marco teórico y el marco legal.

4. Hipótesis

5. Diseño metodológico que describe el paradigma, enfoque, tipo de investigación, fases, fuentes, instrumentos, análisis, presupuesto y cronograma

6. Resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones

7. Referencias



## **1. Título trabajo de grado.**

Revisión no sistemática del uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) en las áreas de trabajo, para minimizar el contagio por el SARS-CoV-2

## **2. Planteamiento del problema (primera parte)**

### 2.1 Contextualización:

Desde que el mundo conoció que en China en el mes de diciembre de 2019, se estaba iniciando una epidemia de un virus desconocido el cual generaba en algunos pacientes, complicaciones pulmonares y la muerte, no se podía imaginar que dicha epidemia iba a avanzar y desplazarse a casi todos los países del mundo, convirtiéndose en una pandemia con consecuencias no previstas pues llevó a que la gran mayoría de los países cerraran sus fronteras, sus industrias y entrara su población a una etapa de cuarentena de proporciones que nunca antes se habían visto desde la pandemia de la gripa española de 1918.

No es ajeno a ninguno, que los principales titulares de las noticias actuales, son relacionadas a la pandemia que se está viviendo.

La enfermedad del COVID-19, se descubrió y aisló el virus en China y se determinó que era un virus de tipo coronavirus (por sus características microscópicas, pues se parece a una corona), el cual usualmente vive en algunos animales silvestres, como las serpientes y los murciélagos. Hasta la fecha se dice que muy probablemente la transferencia del virus a los

seres humanos se dio por el consumo de carne de murciélago que salió de un mercado en la ciudad de Wuhan en China.

El virus de la enfermedad del COVID-19, en la actualidad se le llama de SARS-Cov-2, pues provoca también un síndrome respiratorio agudo grave como ocurrió con la epidemia pasada del SARS.

Según la OMS, en su página de preguntas y respuestas (OMS, 2020), la enfermedad del COVID-19, tiene las siguientes características: “Los síntomas más habituales de la COVID-19 son la fiebre, la tos seca y el cansancio. Otros síntomas menos frecuentes que afectan a algunos pacientes son los dolores y molestias, la congestión nasal, el dolor de cabeza, la conjuntivitis, el dolor de garganta, la diarrea, la pérdida del gusto o el olfato y las erupciones cutáneas o cambios de color en los dedos de las manos o los pies. Estos síntomas suelen ser leves y comienzan gradualmente. Algunas de las personas infectadas solo presentan síntomas levisimos. La mayoría de las personas (alrededor del 80%) se recuperan de la enfermedad sin necesidad de tratamiento hospitalario. Alrededor de 1 de cada 5 personas que contraen la COVID-19 acaba presentando un cuadro grave y experimenta dificultades para respirar. Las personas mayores y las que padecen afecciones médicas previas como hipertensión arterial, problemas cardiacos o pulmonares, diabetes o cáncer tienen más probabilidades de presentar cuadros graves. Sin embargo, cualquier persona puede contraer la COVID-19 y caer gravemente enferma”.

Es un virus altamente contagioso, determinándose que la vía más común de contagio es la vía persona a persona, mediante las microgotículas expulsadas por un paciente, al toser o

estornudar. Igualmente se ha determinado que el virus puede sobrevivir hasta unos siete días en superficies, dependiendo el tipo de superficie y el nivel de humedad, por lo que un individuo se puede contagiar si toca una superficie contaminada con el virus y se pasa la mano por la cara. Según el Dr. Alex Chin y colaboradores, en una publicación de correspondencia en la Revista Lancet Microbe, (Chin A. et. al.2020) cuyo título es “Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions”, se ha detectado que el COVID-19 bajo ciertas condiciones de temperatura y humedad, puede estar presente hasta 3 horas en el papel, dos días en la madera y telas, cuatro días en vidrio y billetes y hasta 7 días en el acero inoxidable, el plástico y en la superficie de las máscaras quirúrgicas.

A la fecha no se ha desarrollado una vacuna ni tampoco un tratamiento eficaz. Por lo tanto, las únicas medidas de lucha contra el D 19, son las medidas preventivas, las cuales vienen implementándose en la mayoría de los Países, como son el distanciamiento social (a través de la cuarentena o guardando distancia entre las personas de al menos 3 metros), el lavado de manos y el uso de tapabocas, además de la higienización de los espacios.

En la actualidad las cifras son elevadas en número de casos, con un porcentaje de mortalidad variable, según el País. Según la BBC news, con corte al 23 de agosto de 2020, se han registrado 23.175.561 casos y 804.534 fallecidos. Los Estados Unidos lidera el número de casos y fallecimientos, con 5.636.969 casos y 175.965 fallecimientos. En América Latina, lidera las cifras Brasil, con 3.582.362 casos y 114.250 fallecimientos, mientras que en nuestro País, Colombia, presenta al 23 de agosto, 522.138 casos y 16.568 fallecimientos. (Redacción, 2020b)

A nivel de las industrias, la situación se vuelve muy compleja, pues son lugares donde trabajan generalmente muchas personas y es difícil mantener el distanciamiento social, por lo que se hace necesario extremar las medidas de prevención, no limitándose solamente al lavado de manos y uso de tapabocas, sino generando espacios laborales saludables libres potencialmente del contagio por el SARS-CoV-2.

Es así que en los espacios laborales se hace necesario además de las medidas preventivas individuales, maximizar la higienización de los espacios de trabajo, a través de la desinfección tradicional complementada con otras medidas.

Un potencial agente antimicrobiano que responde a este enfoque preventivo siempre ha sido la luz ultravioleta de la cual, clasificados según su longitud de onda y energía existen 9 tipos distintos. De todos ellos, la radiación ultravioleta de onda corta -UVC- ya se había establecido desde hace tiempo como un efectivo agente microbiano. No obstante, su uso generalizado en entornos públicos hasta el momento había sido limitado debido a que las fuentes de luz UVC convencionales habían demostrado ser carcinógenas. (Revista National Geographic España, 2020).

Existen tres tipos de radiación UV. La primera es la ultravioleta A (UVA), que constituye la mayor cantidad de radiación que llega a la Tierra. Es capaz de penetrar la piel, siendo la causante de la aparición de arrugas y manchas en las personas.

Luego está la ultravioleta B (UVB), que puede dañar el ADN de la piel, provocando quemaduras solares y, potencialmente, cáncer. Y, finalmente, está la ultravioleta C

(UVC), que es la más nociva. Tiene una longitud de onda de luz más corta y energética que las demás, lo que la hace especialmente dañina para los humanos. (Revista BBC, 2020)

La radiación de onda corta UV-C no despliega su energía dentro del planeta debido a la filtración de la capa de ozono la cual elimina por completo este tipo de luz ultravioleta filtrando en gran medida su accionar, con base a esto se ha demostrado como un método efectivo para la eliminación de agentes virulentos debido a que ningún patógeno puede sobrevivir a estas longitudes de onda incluyendo virus , cepas , bacterias u hongos ya que los mismos no se encuentran adaptados al desarrollo en un ambiente por este tipo de luz ultravioleta.

Los hallazgos sugieren que el uso de luz ultravioleta lejana en hospitales, consultorios médicos, escuelas, aeropuertos, aviones y otros espacios públicos podría proporcionar un control poderoso sobre las epidemias de gripe estacional, así como evitar la propagación de pandemias relacionadas con esta y otras enfermedades. (Revista National Geographic España, 2020)

Existen distintas aplicaciones de la Luz Ultravioleta (UV) como germicida en los sistemas de HVAC, que van desde mejorar la calidad de aire interior de los ambientes en edificios, eliminar la carga bacteriana del aire en los procesos de industria alimenticia, hasta controlar la contaminación aerotransportada y virológica en centros de salud, entre otras.

Para mayor interpretación se va a definir que la Luz Ultravioleta es una emisión de ondas electromagnéticas cuya longitud se encuentra entre los 200 a 400 nm (nanómetros). Lo que se analiza en esta oportunidad es el segmento de la banda entre 200 y 280 nm, denominada

comúnmente como UV de onda corta (UV-C), que es la más efectiva como función germicida. (NOVEDADES DE INGENIARG, 2016)

La generación artificial de la luz UV se logra mediante la utilización de una lámpara de cuarzo que contiene gas de mercurio en su interior. Cuando se genera una corriente eléctrica entre los polos de la lámpara, se produce una ionización provocando que los átomos del gas incrementen sustancialmente su energía; así mismo el calor producido incrementa la presión del gas y la mayor excitación de electrones haciendo que estos salten y se desplacen en diferentes líneas de longitud de onda, hasta el punto de convertirlos en fotones de luz. Esta energía de fotones que se irradia en forma de luz, es la que actúa como germicida, eliminando microorganismos aerotransportados cuando estos son atravesados por la onda de luz al penetrar en la pared que protege la información genética del microorganismo, dañando así su estructura. (NOVEDADES DE INGENIARG, 2016)

Vale la pena aclarar que existen muchos tipos de microorganismos, bacterias y virus que a su vez poseen diferente resistencia a estas radiaciones de luz UV-C. Por este motivo es necesario que cada uno requiera ser expuesto a diferentes niveles de radiación y tiempos de exposición para eliminar su estructura. (NOVEDADES DE INGENIARG, 2016)

## 2.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la evidencia disponible en torno al uso de tecnología UV-C en el ambiente laboral para minimizar el riesgo de contagio por el SARS-CoV-2?

### 2.3 Sistematización de la pregunta principal de investigación

¿Cuáles son los microorganismos susceptibles de control con el uso de la tecnología UV-C?

¿Cuál es la efectividad de la tecnología UV-C para el control a la exposición de riesgo biológico por virus?

¿Cómo se debe aplicar la tecnología UV-C en los diferentes espacios y superficies del trabajo?

¿Qué beneficios presenta la tecnología UV-C en comparación a otras medidas de control de riesgo biológico a virus?

¿Es suficiente el uso de la tecnología UV-C en los espacios de trabajo para minimizar el riesgo de contagio al SARS-CoV-2?

### 2.4 Objetivo general y objetivos específicos

#### **Objetivo General:**

Determinar el impacto potencial del uso de la tecnología UV-C en los espacios de trabajo, para minimizar el riesgo de contagio por el SARS-CoV-2 mediante una revisión no sistemática.

#### **Objetivos Específicos:**

Determinar los usos de la tecnología UV C para el control de exposición al riesgo biológico por virus

Determinar si la tecnología UV C puede ser utilizada exclusivamente en el control de las enfermedades infecciosas por virus o como método complementario al uso de desinfectantes tradicionales

Determinar las ventajas y desventajas de la utilización de la tecnología UV C para el control de las enfermedades infecciosas

Proponer algunas recomendaciones para el uso de la tecnología UV C en los espacios de trabajo, como medida de desinfección complementaria o exclusiva para el control de riesgo biológico por SARS-CoV-2.

### **3. Justificación del problema**

La actual pandemia del SARS-CoV-2 ha modificado la dinámica de los seres humanos a nivel mundial, teniendo que mantenerse confinados y limitados en sus hogares, igualmente afectando la economía internacional a proporciones que no se veía desde la gran depresión de los años 20.

En la contextualización se presentan algunas cifras de contagiados y muertes a nivel de Colombia y otros países, lo que refleja la gravedad de la pandemia y cómo está avanzando de forma exponencial pues se ha determinado su alto nivel de contagio.

Las medidas de control hasta la fecha, se han limitado a las medidas preventivas, de cuarentena obligatoria, distanciamiento social, lavado de manos y uso de tapabocas.



Igualmente, en medidas de desinfección a través de desinfectantes tradicionales que son efectivos para inactivar el virus del SARS-CoV-2.

El principal método de contagio del SARS-CoV-2, es de persona a persona, teniendo como segundo método por fómites (superficies viables).

El contagio persona a persona se ha pretendido controlar a través del distanciamiento social, el lavado de manos y el uso de tapabocas. Queda entonces el tema del posible contagio a través de las superficies que la persona entre en contacto. Estas superficies se encuentran en todas partes, tanto a nivel de los hogares, como en los sitios públicos, supermercados, centros comerciales y los entornos del trabajo, entre otros.

Es por ello que es necesario esterilizar las superficies potencialmente contaminadas con el virus para reducir las probabilidades de contagio del SARS-CoV-2.

Debido a que la gran mayoría de países han iniciado con la fase de reapertura de sus economías de manera gradual, a nivel laboral implica que la población trabajadora regresará a sus labores, y en donde el empleador debe garantizar mediante protocolos de bioseguridad que los espacios de trabajo sean aptos y cumplan con las disposiciones de los diferentes gobiernos, motivo por el cual se está buscando desarrollar una mezcla de desinfección Físico-química que garantice la eliminación de virus y bacterias en superficies y áreas de trabajo. Al disminuir la presencia de los microorganismos mencionados, junto a unas buenas prácticas de higiene de las personas se puede reducir el uso de los servicios básicos de salud, y dejar la disponibilidad a personas con estados clínicos críticos.

Tradicionalmente, como ya se dijo, la desinfección de superficies, incluyendo las relacionadas a los ambientes de trabajo, se realiza con desinfectantes tradicionales, sin embargo, existen múltiples estudios que evidencian la resistencia de patógenos en superficies tratadas con desinfección convencional, entre los cuales están los compuestos de amonio cuaternario (QAC por sus siglas en inglés) (Tao Y et al, 2018). Esto se agrava porque el operador de las operaciones de LYD convencionales generalmente pueden no hacerlo de manera correcta, ya sea por no llegar hasta todas las superficies o por no dejar actuar el desinfectante el tiempo indicado por el fabricante. Adicionalmente, los microorganismos generalmente forman bio-películas que crean resistencia a los desinfectantes tradicionales, volviéndolos no efectivos. Estas bio-películas son comunidades de bacterias multicelulares por EPS (sustancias poliméricas extracelulares) (Cho, K 2020). El uso de un único desinfectante genera la formación de estas bio-películas, por tal motivo se requiere de la rotación de desinfectantes con un principio activo diferente y una terapia de choque a unas concentraciones mayores de los desinfectantes elegidos para la operación. Por otro lado, no todos los desinfectantes son aptos para todas las superficies, porque estos pueden ser corrosivos dependiendo del material a tratar (Lundén J, 2003).

Es por tal motivo que se hace necesario y conveniente el uso de otras medidas complementarias como lo puede ser la tecnología UV-C.

El efecto de la UV-C en los patógenos es la formación de dímeros de timina que inactivan el ADN y ARN del microorganismo (Kowalski, 2010). Se ha demostrado que la luz ultravioleta es eficaz contra bacterias como *Acinetobacter baumannii* *Staphylococcus aureus* y

virus de la familia coronavirus (Kowalski 2010), que lo hace un agente potencial, complementario para combatir el SARS-CoV-2.

Se debe tener en cuenta, a qué nivel de esterilización se quiere llegar, para sí establecer el tiempo que debe estar expuesta la superficie mínimamente para ser efectivo.

Como se mencionó anteriormente, los empleadores deben garantizar la limpieza y desinfección de superficies en donde los trabajadores tendrán contacto directo (oficinas, áreas de proceso, servicios sanitarios, y demás).

Esta revisión no sistemática se realiza con el fin de conocer la evidencia del potencial uso de la tecnología UV-C para minimizar el contagio por el SARS-CoV-2 en los lugares de trabajo, así como también su uso para el control de otras enfermedades infecciosas, lo que es un valor adicional de éste tipo de revisión.

Si la conclusión del trabajo es que, si existe evidencia, entonces la tecnología UV-C es conveniente como una herramienta más en la inactivación del SARS-CoV-2 y es relevante socialmente, pues contribuiría al control de la pandemia.

Existe varias evidencias, como lo desarrollará en el estado del arte, que el uso de la tecnología UV-C, ha logrado la inactivación de bacterias y virus (entre los que se encuentran el virus del SARS y del MERS-CoV) en superficies y en diversos productos, lo que se puede concluir, por lo menos teóricamente, que dicha tecnología también puede ser útil para inactivar el virus del SARS-CoV-2, en superficies laborales.

Si es así, se abre un campo importante en la aplicación práctica del uso de la tecnología UV-C en la desinfección de superficies, no solamente a nivel laboral, sino a nivel de todos los espacios concurridos por los seres humanos.

#### **4. Estado del arte**

La investigadora Yasmin A. Malik, del Departamento de Microbiología Médica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Malasia (Kuala Lumpur, Malasia), publica en el mes de abril del 2020, el artículo “Properties of Coronavirus and SARS-CoV-2”. Destaca que con el SARS-CoV-2, son 7 tipos de coronavirus humanos, los cuales unos pueden causar enfermedades leves (229E, OC43, NL63 y HKU1) y otras enfermedades severas (SARS-CoV, MERS-CoV y SARS-CoV-2). Los coronavirus que ocasionan enfermedades severas (patógenos), pueden haber sido originados en los murciélagos (en investigación), pero que utilizarían huéspedes para posteriormente ser transmitidos a humanos. El principal foco de contagio de estos coronavirus es el contacto de persona a persona. (Malik, 2020a)

Todos los coronavirus comprenden una serie de estructuras que aún no se conoce su función específica. Es de gran importancia lograrlos identificar para así poder desarrollar dianas terapéuticas y unos antivirales adecuados. En la actualidad, todos los investigadores de biología molecular del mundo, están volcados en el desarrollo de una vacuna que genere los anticuerpos contra el SARS-COV-2, pero mientras tanto esto sucede toca implementar medidas de control de propagación del virus. Uno de los métodos de control es la desinfección de ambientes.

Maureen Spencer y sus compañeros en marzo de 2017, en un foro práctico de entre varios profesionales de diversas universidades e instituciones médicas de E.E.U. y Canadá (Universal Health Services, King of Prussia, PA, b Thompson Health and the University of Rochester Medical Center, Rochester, NY, Vancouver General Hospital and the University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canadá, d Freelance medical writer, Vero Beach, FL, Retired infection preventionist, Gainesville, FL, Public health and government relations consultant, Marietta, GA), realizaron un estudio para evaluar la desinfección ambiental para reducir el riesgo de contaminaciones asociadas en la atención médica, mediante un sistema automatizado de desinfección con UV-C. En sus investigaciones encontraron que con los métodos tradicionales se encontró evidencia de contaminación, lo que hace reevaluar estos protocolos de desinfección y aplicar un tipo de tecnología para eliminar la contaminación. Se generaba la duda de cuál de los equipos o como se debería acondicionar para el área que se iba a intervenir. Como conclusión se obtuvo que los costos de desinfección podrían disminuir y el retorno de la inversión sería rápida, siempre y cuando se realicen los cálculos adecuados para el área en específico a tratar. (Spencer et al., 2017a)

James J. McDevitt y Stephen N. Rudnick en enero del 2012 realizaron un estudio denominado “Aerosol Susceptibility of Influenza Virus to UV-C Light”, en la Escuela de salud pública de Harvard, Boston Massachusetts, E.E.U.U y Centro Nacional de Salud Ocupacional y Control de Infección, Administración de Salud en Adultos Mayores, Gainesville, Florida, E.E.U.U, y en donde argumentaron que el virus de la influenza es altamente transmisible de persona a persona, y se estaba evaluando cómo la luz ultravioleta UV-C en edificios podría ayudar a disminuir la transmisión por vía ambiental. Se realizó

ensayos a diferentes niveles de exposición de 4 a 12  $\text{j/m}^2$  y a tres niveles de humedad relativa de 25, 50 y 75 %. El estudio demuestra que al disminuir la humedad relativa, la susceptibilidad del virus aumenta y que el virus es altamente susceptible a la UV-C. Además, concluye con un posible diseño de luz UV-C para prevenir la transmisión del virus de la influenza por vía aérea. Según los estudios realizados el virus de la Influenza es sensible a los rayos UV-C, y que al otorgarle unas condiciones especiales podría aumentar la efectividad de la técnica. Los estudios fueron realizados en laboratorio, que podrían aplicarse en áreas y espacios reales. Si bien éste estudio es del año 2012 y por lo tanto no tiene que ver con el control del contagio por el SARS-CoV-2, el hecho que se encontró que el virus de la influenza es sensible a los rayos UV-C, se puede inferir que potencialmente el virus del SARS-COV-2 igualmente podría ser sensible a dichos rayos. (McDevitt et al., 2012a)

Los investigadores Kurt Bedell, Adam Buchaklian y Stanley Perlman en el mes de mayo de 2016, en donde estudiaron métodos automáticos para desinfección de superficies contaminados con MERS-CoV podrían prevenir la propagación del virus, en donde presentaron la eficacia y uso de un sistema automatizado de desinfección con UV-C, el cual podría inactivar el virus de hepatitis de ratón, la cepa A59 (MHV-A59) y el virus MERS-CoV en superficies. Esta inactivación se logró con una reducción mayor a  $5\text{Log}_{10}$ .

El método como tal cuenta con un sistema emisor de 3 intensidades de rayos UV-C, ubicados a unas distancias previamente determinadas. Posteriormente se sometieron las muestras contaminadas a diferentes tiempos. Para el caso del MERS-CoV, se ubicó el equipo a 1.22 metros y se expuso el virus por 5 minutos obteniendo reducciones mayores al 99.99 %. Este método es muy eficiente para la eliminación del virus MERS-CoV, pero no reemplaza

las buenas prácticas de limpieza y desinfección. Este es un estudio realizado por Sociedad de Epidemiológicos Hospitalarios de América, en E.E.U.U. (Bedell et al., 2016a)

Definitivamente la técnica de someter diferentes microorganismos a las UV-C es efectiva para su inactivación y reducción, bajo unas condiciones específicas y controladas, pero funciona como complemento a las actividades diarias de limpieza y desinfección tradicional.

Otros investigadores realizaron algo similar a (Bedell et al., 2016); en este caso en el mes de junio de 2016 los científicos Jhon M. Boyce et al, con su publicación Impact of Room Location on UV-C Irradiance and UV-C Dosage and Antimicrobial Effect Delivered by a Mobile UV-C Light Device, utilizaron 6 sensores con luz UV para determinar la irradiación en UV-C ( $W/m^2$ ) y una dosis de UV-C ( $\mu Wsec / cm^2$ ) (micro watts por segundo/por cada centímetro cuadrado) y a diferentes distancias y tiempos de 5 y 15 minutos. Para este estudio se dispusieron el staphylococcus aureus, el enterococcus y esporas de clostridium difficile. Queriendo decir que la UV-C podría ser utilizada para virus y bacterias de acuerdo al estudio de (Bedell et al., 2016). Los resultados obtenidos concluyeron que las radiaciones UV-C ayudan a reducir el efecto microbiano para cada uno de las bacterias estudiadas y varía de acuerdo a su ubicación para cada uno de estos. El estudio fue realizado por Epidemiology and Infection Control Program, Yale–New Haven Hospital, 20 York Street, New Haven, USA. En este caso se están estudiando bacterias, pero si se revisa el estudio de (Bedell et al., 2016), se podría decir que para el SARS-CoV-2 existe unas altas probabilidades de éxito, aunque se debe decir que para cada espacio o área definida se debe tener un diseño exclusivo para determinar su tiempo de exposición, su irradiación y dosis. (Boyce et al., 2016a)

El investigador EM Fisher y Shaffer, de la National Institute for Occupational Safety and Health, National Personal Protective, Technology Laboratory, Pittsburgh, PA, USA, en el año 2011, después del mundo padecer la pandemia de la influenza AHN1N1, realizó un estudio sobre la descontaminación de los respiradores con máscara filtrante. Este estudio se denominó “A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering face piece respirators”, en donde se dio cuenta que en una pandemia podría haber desabastecimiento de este tipo de respiradores para la población médica, por lo cual se realizó un método para poder descontaminar y reutilizar los respiradores y llegando a la conclusión que podría servir para ciertos modelos de ellos, pero no para todos (evaluado para epidemia de influenza). Aunque dicho estudio fue enfocado para una epidemia de influenza, podría ser igualmente una propuesta valiosa para aplicar en la actual pandemia del SARS-CoV-2. (Fisher & Shaffer, 2011a)

En el mes de abril del año 2020 los investigadores Jennifer L Cadnum y Daniel F. Li, trabajaron con un proyecto denominado Effectiveness of Ultraviolet-C Light and a High-Level Disinfection Cabinet for Decontamination of N95 Respirators, encontró en sus estudios que los niveles de irradiación, la dosis y el tiempo de exposición (método ambiental) redujo la población de microorganismos (estafilococos aureus y bacteriófagos MS2 y Phi6), pero no la eliminó totalmente, en cambio en la cámara de desinfección con unas condiciones más extremas con tiempo de exposición de 31 minutos logró llegar a los niveles de desinfección necesarios. Todos los análisis fueron realizados mediante análisis de varianza ANOVA, en donde en el método ambiental no encontraron niveles estadísticamente significativos, mientras que para la cámara de desinfección UV-C si lograron encontrarlos. Queda definido



que el método y el microorganismo es clave para determinar si es efectivo para eliminar el SARS-CoV-2 en un determinado momento de diferentes superficies. (Cadnum et al., 2020a)

Los investigadores Christopher Walker y Ko Gwanpyo, el primero del Centro de Ciencias de la Salud de la Universidad de Texas en Houston, y el segundo del Departamento de Salud Ambiental, Instituto de Salud y Ambiente, Universidad Nacional de Seúl, Seúl, Corea, publicaron en el año 2007 en la Revista “Environmental Science & Technology” de propiedad de la Sociedad Química Americana, un artículo sobre las propiedades germicidas en el aire de la luz ultravioleta, con el fin de verificar el control de la transmisión en el aire de microorganismos patógenos en entornos de alto riesgo. Dicen que a pesar de la reciente aparición de patógenos virales respiratorios como el SARS y el virus de la gripa aviar, no se ha investigado la desinfección por UV de aerosoles virales patógenos (año 2007). Por lo tanto, los investigadores buscaron caracterizar la desinfección por UV de aerosoles virales utilizando el bacteriófago MS2, el adenovirus y el coronavirus. Los objetivos fueron demostrar el efecto de la nebulización y el muestreo de aire sobre la supervivencia de patógenos virales importantes, caracterizar cuantitativamente y estimar la susceptibilidad a los rayos UV de los aerosoles virales patógenos, y evaluar el efecto de la humedad relativa en la susceptibilidad de los aerosoles virales, a 254 nm de UV-C. Los virus se pulverizaron en aerosol en una cámara experimental usando un nebulizador Collison de seis chorros, se expusieron a 254 nm de UV y se tomaron muestras usando un incitador líquido AGI-30. Tanto los aerosoles MS2 como los de adenovirus fueron muy resistentes a la desinfección del aire por UV, con una reducción de menos de 1 logaritmo en aerosoles virales viables a una dosis UV de  $2608 \mu\text{W s} / \text{cm}^2$ . La susceptibilidad de los aerosoles de coronavirus fue 7-10

veces mayor que la de los aerosoles MS2 y adenovirus. A diferencia de los aerosoles bacterianos, no hubo un efecto protector significativo de la alta humedad relativa en la susceptibilidad a los rayos UV de los aerosoles virales probados. Los investigadores confirmaron que la tasa de desinfección UV difiere mucho entre aerosoles virales y virus suspendidos en líquido. (Walker & Ko, 2007a)

Éste trabajo, aunque no determina la sensibilidad del SARS-CoV-2 a los rayos ultravioleta, que es el tema central de nuestro trabajo, si nos da indicios de su utilidad para controlar la expansión de dicho virus, ya que los autores si encontraron que el coronavirus investigado, su susceptibilidad a la UV fue 7 a 10 veces mayor que lo encontrado con el MS2 y el adenovirus.

En abril de 2020, los investigadores Markus Eickmann y colaboradores, de Alemania, publican en la Revista Vox Sanguinis, un estudio en plasma sanguíneo y concentrados de plaquetas buscando disminuir la amenaza potencial para la seguridad de las transfusiones debido a la presencia de virus emergentes como el coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV), el virus de la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo (CCHFV) y el virus Nipah (NiV). En el estudio se investigó las propiedades de inactivación de dichos patógenos con el uso de la luz UV-C en plaquetas (THERAFLEX UV-plaquetas) y el uso del azul de metileno más la luz visible en plasma (THERAFLEX MB-plasma). Los productos sanguíneos en una primera etapa, se enriquecieron con SARS-CoV, CCHFV o NiV, y luego se trataron con dosis crecientes de luz UVC (THERAFLEX UV-plaquetas) o con azul de metileno (MB) más dosis crecientes de luz visible (MB / luz; THERAFLEX MB - Plasma). Se tomaron muestras antes y después del tratamiento con cada dosis de iluminación y se

analizó la infectividad residual. Como resultado se encontró que con el uso de la mitad a las tres cuartas partes de la dosis completa de UVC ( $0 \cdot 2 \text{ J / cm}^2$ ) redujo la infectividad del SARS - CoV ( $\geq 3 \cdot 4 \text{ log}$ ), CCHFV ( $\geq 2 \cdot 2 \text{ log}$ ) y NiV ( $\geq 4 \cdot 3 \text{ log}$ ) hasta el límite de detección (LOD) en concentrados de plaquetas, y el tratamiento con MB y una cuarta parte de la dosis de luz completa ( $120 \text{ J / cm}^2$ ) disminuyó la del SARS-CoV ( $\geq 3 \cdot 1 \text{ log}$ ), CCHFV ( $\geq 3 \cdot 2 \text{ log}$ ) y NiV ( $\geq 2 \cdot 7 \text{ log}$ ) a la LOD en plasma. Los investigadores concluyen que su estudio demuestra que se reduce efectivamente la infectividad por el SARS-CoV, CCHFV y NiV con el uso del THERAFLEX UV-C en plaquetas y el THERAFLEX MB (MB/Luz) en plasma. (Eickmann et al., 2020a)

Aunque nuestro trabajo de grado se centra en el uso de la UV-C en los espacios de trabajo, para disminuir el riesgo de contagio por el SARS-CoV-2, el presente artículo nos puede dar indicios que la tecnología UV-C es potencialmente efectiva para reducir la infectividad del Coronavirus SARS-CoV-2, ya que mostró ser efectiva en reducir la infectividad por otro coronavirus como el SARS-CoV en productos sanguíneos como el concentrado de plaquetas

Los investigadores Christopher Sommers y colaboradores, de los Estados Unidos, publican un artículo en la Revista “Journal of Food Safety”, un estudio del uso de la luz ultravioleta (UV-C) a dosis de  $0.5$  a  $4.0 \text{ J/cm}^2$ , sobre la superficie de salchichas, embutidos, huevos con cáscara, muslos de pollo, pechugas de pollo deshuesadas y sin piel, chuletas de cerdo deshuesadas, tomates y ají jalapeños, previamente inoculados con un cóctel de Salmonella, Listeria monocytogenes y Staphylococcus aureus. Los patógenos mostraron sensibilidades similares a la UV-C en productos alimenticios individuales. Las reducciones de

patógenos variaron de aproximadamente 0.5 log / g en carne y aves crudas a casi 4 log / g en tomates, mientras que los patógenos no se recuperaron del acero inoxidable a una dosis de UV-C de 0.4 J / cm<sup>2</sup>. El uso de la luz UV-C debe considerarse seriamente como una tecnología para la descontaminación rutinaria de la superficie de las superficies en contacto con alimentos y productos alimenticios apropiados. Los autores proponen que la luz UV-C al ser una tecnología de intervención en alimentos aprobada por la FDA de los Estados Unidos, se podría utilizar para inactivar bacterias patógenas en alimentos líquidos y agua, como también las superficies de contacto con alimentos y superficies de alimentos. Si bien éste artículo no hace referencia al control de la desinfección por UV-C contra virus en las superficies, si refleja un potencial interesante de la aplicación de la tecnología UV-C en la desinfección de superficies. (SOMMERS et al., 2010a)

Shawn Keil y colaboradores, publican en el año 2016, en la Revista Transfusión, de los Estados Unidos, un artículo relacionado con la seguridad de los productos sanguíneos y específicamente con el uso del Sistema de la Tecnología de reducción de patógenos Mirasol, la cual utiliza la riboflavina y la luz ultravioleta, contra el coronavirus del síndrome respiratorio de oriente medio (MERS-CoV). Se busca con esa tecnología hacer que los patógenos transmitidos por la sangre, no sean infecciosos, de esa forma logrando seguridad en los productos sanguíneos. Se probó la eficacia de la riboflavina y la luz ultravioleta contra el MERS-CoV en plasma humano. Se utilizó el MERS-CoV para inocular unidades de plasma que luego se sometieron al tratamiento propuesto con riboflavina y luz ultravioleta. Se utilizaron placas en células Vero para determinar los títulos infecciosos en las muestras antes y después del tratamiento. Como resultado la riboflavina y la luz UV redujeron el título

infeccioso de MERS-CoV por debajo del límite de detección. Concluyen los autores que la riboflavina y la luz UV si redujeron de forma efectiva el título de MERS-CoV en productos de plasma humano por debajo del límite de detección, lo que sugiere que el proceso de tratamiento puede reducir el riesgo de transmisión por transfusión de MERS-CoV. (Keil et al., 2016a)

Éste artículo se asemeja al artículo de Marcus Eikmann y colaboradores, pues igualmente el estudio se centra en la seguridad de los productos sanguíneos. La diferencia es que en éste caso el estudio se enfoca en otro de los coronavirus que en los últimos años han afectado a los seres humanos como lo es el coronavirus del síndrome respiratorio de oriente medio (MERS-CoV). Igualmente, como en el artículo de Eikmann y colaboradores, la luz UV resultó eficaz en disminuir la infectividad del MERS-CoV, y si bien no se trata del coronavirus SARS-CoV-2, que es el que hace parte del presente estudio, si es otro coronavirus que se demostró es sensible a la aplicación de la luz UV, lo que refleja que su uso en disminuir la infectividad del SARS-CoV-2, es prometedor.

Ginny Moore y colaboradores, publican en la revista “BMC Infectious Diseases” del año 2012 el artículo “Uso de radiación UV-C para desinfectar artículos del cuidado de paciente no críticos: una evaluación de laboratorio del gabinete de nanoclave”. El gabinete Nanoclave es un gabinete que produce grandes cantidades de radiación ultravioleta-C ( $53\text{W}/\text{m}^2$ ) y está diseñado para desinfectar rápidamente elementos individuales de equipos clínicos en los ambientes hospitalarios. En éste artículo describen que se realizaron estudios de laboratorio controlados para evaluar la capacidad del gabinete Nanoclave, para erradicar una variedad de potenciales patógenos, incluyendo las esporas de *Clostridium difficile* y el

adenovirus de diferentes tipos de superficie. Métodos: cada superficie de prueba se inoculó con niveles conocidos de bacterias vegetativas (106 ufc / cm<sup>2</sup>), esporas de *C. difficile* (102-106 ufc / cm<sup>2</sup>) o adenovirus (109 genomas virales), se colocaron en el gabinete de nanoclave y se expusieron hasta 6 minutos para la fuente de luz UV-C. La supervivencia de contaminantes bacterianos se determinó mediante técnicas de cultivo convencionales. La degradación del ADN viral se determinó mediante PCR. Los resultados se compararon con el número de colonias o el nivel de ADN recuperado de las superficies de control no expuestas. Se repitieron los experimentos para incorporar suelos orgánicos y comparar la eficacia del gabinete de nanoclave con la de las toallitas antimicrobianas. Resultados: Después de exponer 8 ítems comunes de atención al paciente no críticos a dos ciclos de irradiación UV-C de 30 segundos, los números de bacterias en 40 de 51 sitios objetivo se redujeron consistentemente a niveles inferiores a los detectables (reducción  $\geq 4,7 \log_{10}$ ). La carga bacteriana se redujo, pero aún persistió en otros sitios. Los objetos que resultaron difíciles de desinfectar usando el gabinete de nanoclave (por ejemplo, manguito de presión arterial) también fueron difíciles de desinfectar usando toallitas antimicrobianas. La eficacia del gabinete de nanoclave no se vio afectada por la presencia de suelos orgánicos. Las esporas de *Clostridium difficile* fueron más resistentes a la radiación UV-C que las bacterias vegetativas. Sin embargo, dos ciclos de irradiación de 60 segundos fueron suficientes para reducir el número de esporas asociadas a la superficie de 103 ufc / cm<sup>2</sup> a niveles inferiores a los detectables. Se logró una reducción de 3 log<sub>10</sub> en el ADN de Adenovirus detectable en 3 minutos; Después de 6 minutos, el ADN viral era indetectable. Conclusión: Los resultados de este estudio sugieren que el gabinete Nanoclave puede proporcionar una desinfección rápida y efectiva de algunos equipos

relacionados con el paciente. Sin embargo, los estudios de laboratorio no necesariamente replican las condiciones de "uso" y se requieren más pruebas para evaluar la usabilidad, la aceptabilidad y el rendimiento relativo del gabinete de nanoclave cuando se usa in situ.

(Moore et al., 2012a)

Este artículo muestra nuevamente, la efectividad del uso de la UV-C, en un gabinete de nanoclave, en disminuir casi en su totalidad la infectividad de ciertas bacterias y de un adenovirus, que, aunque no es un coronavirus, demuestra la utilidad de la radiación UV-C en la desinfección de superficies.

J.M. Maza-Solano y colaboradores, publican en el Acta Otorrinolaringológica Española de mayo 25 de 2020, el artículo “Estrategias para la práctica de la otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello durante la fase de control de la COVID-19”. Ante la preocupación del crecimiento exponencial de contagios por el virus SARS-CoV-2 y la llegada de una fase de control de la expansión de la enfermedad, los autores en éste artículo, realizan una revisión de la evidencia existente para proponer estrategias y recomendaciones para aplicarlas a la práctica médico-quirúrgica de la otorrinolaringología. En ésta fase de control, se reconoce que el ritmo de contagio ha bajado, pero aún es riesgoso el contagio tanto para los pacientes como para el personal de salud. Con relación al uso de la tecnología de la luz ultra-violeta (UV-C), no se encuentra en éste artículo un importante desarrollo, sin embargo, una de las medidas de desinfección de superficies que recomiendan, es la luz ultravioleta, como se evidencia en el siguiente texto:

En relación con la desinfección empleando luz ultra-violeta (UV-C), parece demostrada su eficacia para la esterilización de mascarillas. También sobre superficies sanitarias, aunque en este sentido, existe consenso sobre la mejora de los resultados cuando se combina la desinfección de las superficies y la aplicación de UV-C (Maza-Solano, 2020, p.6).

Elgujja A., Altalhi H.H. y Ezreqat S., investigadores del departamento de control de infecciones, de la King Saud University Medical City de Arabia Saudita, en un artículo que está en fase de pre publicación, cuyo título preliminar es “Review of the Efficacy of UVC for Surface Decontamination”, del año 2020, evalúan a través de una revisión, la eficacia de la luz ultravioleta de onda corta, en la desinfección de superficies y en especial de los ambientes hospitalarios donde existe un gran riesgo de contagio. Concluyen que, si bien existen evidencias de su efectividad como anti microbiano y que últimamente ha crecido el interés en su aplicación en ambientes hospitalarios, encontraron que la UV-C en las zonas oscuras de los hospitales no es tan efectivo y por lo tanto no debería considerarse por el costo de su inversión. (Elgujja et al., n.d.-a)

Aunque éste trabajo preliminar, muestra alguna evidencia del uso de la UV-C como desinfectante de superficies, solo se centra en los ambientes hospitalarios y no es una evidencia fuerte, sin embargo, al lado de otras evidencias, parece prometedor el uso de las UV-C en diversos tipos de superficies.

Lecam M.S, Ingeniera ambiental, de la Universidad Nacional General San Martin, en Argentina, publica un artículo en mayo de 2020, cuyo título es “Study of UV-C radiation as a



method of disinfecting environments and surfaces with focus in preventing COVID-19 contagion” y en el cual consta de una revisión de trabajos de más de 50 autores, donde se determina que la dosis mínima para asegurar el 99.9% de inactivación de todo tipo de microorganismos patógenos, en superficies y ambientes es de 1000 Ws/m<sup>2</sup>. Igualmente encuentra que se ha definido las condiciones adecuadas para alcanzar un correcto proceso de desinfección como son el equipo UV-C de desinfección, las medidas de seguridad para los usuarios y los parámetros de uso. Concluyen que un tratamiento con UV-C, de desinfección con 254 nm, para ambientes y superficies, es capaz de complementar los protocolos de limpieza existentes y puede ser una herramienta efectiva para reducir la contaminación por el SARS-CoV-2, en las superficies, antes que los funcionarios desinfecten manualmente las mismas. Igualmente concluyen, que dichos equipos de desinfección por UV-C podrían ser adquiridos por instituciones de salud o cualquier otro tipo de institución o empresa, para minimizar el avance de enfermedades infecciosas en general, y en especial el SARS-CoV-2, el cual han encontrado que se inactiva aparentemente a dosis por debajo de 200 Ws/m<sup>2</sup>.(Lecam, n.d.-b)

Estos hallazgos son los más significativos para el presente trabajo de investigación, pues aporta evidencias del potencial uso de la tecnología UV-C para el control de la contaminación por el SARS-CoV-2, en diferentes tipos de superficies y empresas.

El investigador Garcia J, durante el mes de junio de 2020 en su artículo, Back to Normal: An Old Physics Route to Reduce SARS-CoV-2 Transmission in Indoor Spaces, aseguran que el distanciamiento social ha sido, hasta el momento, la forma más fuerte de prevención del contagio por el SARS-CoV-2, para evitar el contagio por persona a persona,

pero a mediano plazo esta es una estrategia insostenible para la economía y para los entornos sociales, por eso se implementan medidas sencillas como el lavado de manos, el uso de mascarillas y otras medidas físicas para disminuir la probabilidad del contagio, pero lamentablemente estas tienen sus limitaciones en espacios internos en donde se comparten espacios y elementos (chapas, botones, mesas, interruptores, etc.), en donde las personas están volviendo a sus actividades cotidianas y necesitan medidas efectivas como podrían ser desinfección por UV-C, la cual en este momento su limitante es la disponibilidad física. (García de Abajo et al., 2020a)

En el mes de septiembre de 2020, los investigadores Hadi, J y sus compañeros investigaron sobre distintos tipos de luz (ultravioleta, azul y roja) para la inactivación de virus ssRNA en aire, sólidos y líquidos, y publicaron su artículo con el nombre de “Control Measures for SARS-CoV-2: A Review on Light-Based Inactivation of Single-Stranded RNA Viruses”, siendo la inactivación en líquidos superior que, en aire, mientras que en los sólidos dependía del tipo de la superficie. Los distintos tipos de luces podrían llegar a ser más efectivos que la UV-C, para la inactivación del RNA de los virus, pero este es un largo camino que aún se está iniciando para combatir los virus que podrían volver afectar al planeta en general (Hadi et al., 2020).

## **5. Marco teórico:**

### **5.1 Los virus, su origen y sus características:**

La Enciclopedia en línea de Wikipedia dice con relación a la virología: “La virología es la disciplina que se encarga del estudio de los virus y otros agentes genómicos de menor complejidad como los viroides, satélites y virusoides también llamados agentes subvirales” (“Virología,” 2020)

La virología es una sub campo de la microbiología y de la medicina y es relativamente una disciplina joven, puesto que los primeros virus solo comenzaron a ser visibles gracias a la tecnología del microscopio electrónico (1930).

Con la llegada del microscopio electrónico, se pudo visualizar por primera vez a un virus, y fue el virus del mosaico del tabaco, virus que ya había sido identificado en 1898 por el microbiólogo holandés M. W. Beijerinck. Éste microbiólogo presentó en la época, a la Academia de Ciencias de Ámsterdam, sus investigaciones relacionadas al agente del mosaico del tabaco, enfermedad que se presentaba en las hojas del tabaco, y demostró que era ocasionado por un agente diferente a las bacterias, pues éstas no lograban atravesar los filtros de porcelana desarrollado por un discípulo de Pasteur, Charles Chamberlain, mientras que ese nuevo agente si lo hacía, concluyendo que era mucho más pequeño que las bacterias.

Igualmente, Beijerinck, postuló que ese nuevo agente diminuto, que no podía ser visible en el microscopio óptico, se convertía en parte del metabolismo celular, e interactuaba con éste.

Logró también provocar la enfermedad, inoculando dicho agente en hojas de tabaco previamente sanas.

El hallazgo de Beijerinck, se considera como el nacimiento de la virología, sin embargo, ésta no se desprendió de la bacteriología hasta la visualización por primera vez de un virus, del virus del mosaico del tabaco, en un microscopio electrónico y que le dio el premio nobel a W. Stanley por ese hallazgo, pero principalmente con el inicio de la edad moderna de la Virología que se dio con Sells y Enders, que lograron por primera vez la replicación de un virus en cultivo. (Virología Médica - Carballal - pdf Docer.com.ar, 2015)

## 5.2 ¿Qué son los virus?

Según Guadalupe Carballal y José Raúl Oubiña (2015): “Etimológicamente, virus significa veneno en latín. Se puede definir a un virus como un programa, o un complejo informacional macromolecular”(p.37).

Según la Medicina Interna de Harrison, 19 edición, describe a los virus así:

Los virus son parásitos intracelulares estrictos. Consisten de un genoma de DNA o RNA rodeado por proteínas. También pueden tener una envoltura de lipoproteínas de membrana externa. Los virus pueden replicarse sólo en las células porque sus ácidos nucleicos no codifican muchas enzimas necesarias para el metabolismo de proteínas, carbohidratos, lípidos o para la producción de fosfatos de alta energía. Típicamente, los

ácidos nucleicos virales codifican RNA mensajeros (mRNA) y las proteínas necesarias para la replicación, empaquetado (empaquetado) y liberación de la progenie de virus a partir de las células infectadas. (Virología Médica | Harrison. Principios de Medicina Interna, 19e | AccessMedicina | McGraw-Hill Medical, n.d.-a)

Se concluye que los virus no sobreviven por fuera de la célula infectada, requiere de ésta para su replicación, por tal motivo no logra sobrevivir por muchas horas en superficies inanimadas.

Con relación al tamaño, es muy inferior al de las bacterias. Su tamaño oscila entre 20 y 300 nanómetros o milimicrones (1 nanómetro equivale a  $10^{-9}$  metros), mientras que las bacterias oscilan entre 0,7 a 10 micrones (1 micrón equivale a  $10^{-6}$  metros).

### **5.3 Características de los virus:**

Los virus se caracterizan por poseer habitualmente un solo tipo de ácido nucleico, de DNA o RNA.

Los ácidos nucleicos constituyen el nucleoide y éste asociado a proteínas se llama como core viral. En éste core viral se encuentra toda la información genética y sus ácidos nucleicos son los responsables de la infectividad del virus. El core está protegido por una cubierta proteica llamada cápside. En algunos tipos de virus, además presentan otra estructura, compuesta por lipoproteínas, que se llama envoltura. A éstos virus se los llama envueltos y a los que no tienen la envoltura se les llama desnudos.

Se llama virión, a la partícula viral completa con su capacidad infectante intacta.

La cápside está formada de subunidades proteicas llamadas capsómeros, que se encuentran en la superficie del virus, en los de tipo desnudos.

Las proteínas de la cápside tienen diversas funciones y son:

Protección del ácido nucleico: Del medio externo, de la desecación y de las enzimas tisulares

Presentar estructuras que permiten la unión del virus a los receptores de membrana de la célula hospedadora.

Actuar como antígenos que despertaran la respuesta inmune del hospedador.

Reprimir la expresión de genes virales tempranos.

Proveer interacciones espaciales con las polimerasas virales en ciertos casos.

*(Virología Médica - Carballal - pdf Docer.com.ar, n.d.)*

La envoltura es lipoproteica, de composición semejante a la de la membrana de la célula infectada, y es semejante porque los virus la adquieren del hospedador. La presencia o no de la envoltura, determina la resistencia del virus al medio externo y esto es fundamental porque determina la forma de transmisión del virus. Así se tiene que los virus desnudos, o sin envoltura, son muy resistentes al medio externo, a la desecación y a los solventes de lípidos (éter, cloroformo, sales biliares, detergentes, etc). Un ejemplo de virus desnudo es el de la hepatitis A, que su transmisión es fecal-oral, ya que resiste al agua, mantiene su infectividad, a pesar de las sales biliares y la acción del ácido gástrico.

Por otro lado, los virus envueltos, son extremadamente sensibles a la desecación y a los solventes de lípidos. Su transmisión se da de persona a persona, a través de las gotículas o

fómites expulsados por la boca. Ese es el caso de los coronavirus, virus envueltos, que son sensibles a los solventes de lípidos como los detergentes, por eso la recomendación del lavado frecuente de manos con agua y jabón, pues la envoltura del virus es destruida por el uso del jabón.

La envoltura tiene propiedades parecidas a las proteínas de la cápside en los virus desnudos. En ésta se encuentran las estructuras que permitirán la unión a los receptores de la célula hospedadora. Esas estructuras son glicoproteínas, que son antígenos responsables por la respuesta inmune del hospedador. (*Virología Médica - Carballal - pdf Docer.com.ar*, n.d.)

#### **5.4 Clasificación de los virus:**

Según la Medicina Interna de Harrison: “la clasificación de virus en órdenes y familias se basa en la composición del ácido nucleico, tamaño y simetría de la nucleocápside y la presencia o ausencia de envoltura. Los virus de una familia tienen estructura similar y pueden ser indistinguibles desde el punto de vista morfológico en las micrografías electrónicas. La subclasificación en géneros depende de similitudes en epidemiología, efectos biológicos y secuencia de ácidos nucleicos”.(*Virología Médica / Harrison. Principios de Medicina Interna, 19e / Access Medicina / McGraw-Hill Medical*, n.d.)

Tabla 1

*Familias de virus patógenos para los seres humanos*

FAMILIA	VIRUS REPRESENTATIVO	TIPO DE RNA/DNA	ENVOLTURA LIPÍDICA
<b>VIRUS RNA</b>			
Picornaviridae	Poliovirus	(+) RNA	No
	Coxsackievirus		
	Virus ECHO		
	Enterovirus		
	Rhinovirus		
	Virus de la hepatitis A		
Caliciviridae	Norovirus	(+) RNA	No
	Virus de la hepatitis E		



---

	Virus de la rubeola		
Togaviridae	Virus de la encefalitis equina oriental	(+) RNA	Sí
	Virus de la encefalitis equina occidental		
	Virus de la fiebre amarilla		
	Virus del dengue		
Flaviviridae	Virus de la encefalitis de San Luis	(+) RNA	Sí
	Virus del Nilo occidental		
	Virus de la hepatitis C		
	Virus de la hepatitis G		
Coronaviridae	Coronavirus <sup>a</sup>	(+) RNA	Sí
Rhabdoviridae	Virus de la rabia	(-) RNA	Sí
	Virus de la estomatitis vesicular		
Filoviridae	Virus Marburg	(-) RNA	Sí
	Virus del Ébola		

---

Paramyxoviridae	Virus de la parainfluenza		
	Virus sincitial respiratorio		
	Virus de la enfermedad de Newcastle	(-) RNA	Sí
	Virus de la parotiditis		
	Virus del sarampión		
Orthomyxoviridae	Virus de la gripe A, B y C	(-) RNA, 8 segmentos	Sí
	Hantavirus	(-) RNA, 3 segmentos	
Bunyaviridae	Virus de la encefalitis de California	segmentos	Sí
	Virus de la fiebre de tábanos	circulares	
Arenaviridae	Virus de la coriomeningitis linfocítica	(-) RNA, 2 segmentos	
	Virus de la fiebre Lassa	segmentos	Sí
	Fiebre hemorrágica sudamericana	circulares	

	Rotavirus	ds RNA, 10-12	
Reoviridae	Reovirus	segmentos	
	Virus de la fiebre por garrapata del Colorado		No
		(+) RNA, 2	
Retroviridae	Virus linfotrófico T humano de tipos 1 y 2	segmentos	Sí
	Virus de la inmunodeficiencia humana tipos 1 y 2	idénticos	
<b>VIRUS DNA</b>			
Hepadnaviridae	Virus de la hepatitis B	Ds DNA con porciones ss	Sí
Parvoviridae	Parvovirus B19	ss DNA	No
Papillomaviridae	Virus del papiloma humano	ds DNA	No
	Virus JC		
Polyomaviridae	Virus BK	ds DNA	No
	Poliomavirus de las células de Merkel		

---

Adenoviridae	Adenovirus humano	ds DNA	No
	Virus del herpes simple tipos 1 y 2 b		
	Virus de Varicela-zóster c		
Herpesviridae	Virus de Epstein-Barr d		
	Cytomegalovirus e	ds DNA	Sí
	Herpesvirus humano 6		
	Herpesvirus relacionado con el sarcoma de Kaposi <sup>f</sup>		
	Virus de la varicela		
Poxviridae	Virus Orf	ds DNA	Sí
	Virus del molusco contagioso		

---

a Incluyendo el coronavirus causante del síndrome respiratorio severo agudo (SARS) y el síndrome respiratorio del Oriente Medio (MERS). b También llamado herpesvirus humano 1 (HHV-1) y HHV-2, respectivamente. c También llamado HHV-3. d También llamado HHV-4. e También llamado HHV-5. f También llamado HHV-8.

Abreviaturas: ds, doble tira; ss, tira simple.

(*Virología Médica / Harrison. Principios de Medicina Interna, 19e / Access Medicina / McGraw-Hill Medical, n.d.*)

### **5.5 Familias de los Coronavirus:**

Los coronavirus hacen parte de los virus que presentan envoltura y por lo tanto son sensibles a los solventes de lípidos como los detergentes.

Según el informe técnico sobre coronavirus del Consejo General de Colegios Farmacéuticos:

Los coronavirus (CoV) constituyen un amplio grupo de virus que se encuadran taxonómicamente en la subfamilia Coronavirinae dentro de la familia Coronaviridae (order Nidovirales); se designan bajo el término coronavirus todas las especies pertenecientes a los géneros Alphacoronavirus, Betacoronavirus, Gammacoronavirus y Deltacoronavirus. Se trata de virus cuyo genoma está formado por una única cadena de ARN con polaridad positiva (+ssRNA, del inglés single-stranded positive-sense RNA) y de aproximadamente 30.000 pares de bases, que presentan una capucha metilada en el extremo 5' y una cola poliadenilada (poli-A) en el extremo 3', dándole un gran parecido al ARN mensajero del hospedador. (Informe-Técnico-Coronavirus.Pdf, 2020, p.2)

Su nombre se debe a que cuando vistos por microscopía electrónica los viriones se reconocen por una pequeña "corona" que presentan a su alrededor.

Según la página web de la Organización Mundial de la Salud:

Los coronavirus (CoV) son una amplia familia de virus que pueden causar diversas afecciones, desde el resfriado común hasta enfermedades más graves, como ocurre con el coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) y el que ocasiona el síndrome respiratorio agudo severo (SRAS-CoV).

Los coronavirus se pueden contagiar de los animales a las personas (transmisión zoonótica). De acuerdo con estudios exhaustivos al respecto, se sabe que el SRAS-CoV se transmitió de la civeta al ser humano y que se ha producido transmisión del MERS-CoV del dromedario al ser humano. Además, se sabe que hay otros coronavirus circulando entre animales, que todavía no han infectado al ser humano. Esas infecciones suelen cursar con fiebre y síntomas respiratorios (tos y disnea o dificultad para respirar). En los casos más graves, pueden causar neumonía, síndrome respiratorio agudo severo, insuficiencia renal e, incluso, la muerte. (Coronavirus (CoV) GLOBAL, n.d.)

### **5.6 Efecto de los agentes físico-químicos en la inactivación de los virus:**

Se ha encontrado que variados agentes físico-químicos (temperatura, luz ultravioleta, PH, medio iónico y solventes lipídicos) pueden actuar sobre los constituyentes del virión, logrando inactivarlo. Ese conocimiento de la sensibilidad de los virus a esos agente físico-químicos, es importante para:

- Determinar sus formas de transmisión

- Emplear métodos de inactivación viral para materiales contaminados que necesitan desinfección

- Efectuar el tratamiento correcto del agua potable, etc

- Conocer la viabilidad de muestras clínicas para diagnóstico virológico

- Conservar adecuadamente las vacunas virales, en especial aquellas a virus vivo y atenuado

La temperatura es un medio físico que es muy útil para inactivar los virus. Los virus son en su mayoría muy lábiles al calor. Se ha determinado que es suficiente la exposición a 55 a

60 grados centígrados durante una hora, para inactivar la mayoría de los virus. Los virus que no son sensibles a la temperatura son los de la Hepatitis B, los adenoasociados y viroides.

En el caso del pH y medio iónico, se ha encontrado que los virus se conservan mejor en medios isotónicos o pH fisiológico.

Las radiaciones como a luz ultravioleta, los rayos gama y los rayos X, producen alteración del genoma de los virus y por tal motivo pueden inactivar los virus, especialmente aquellos con ácidos nucleicos monocatenarios (entre los que se encuentra la familia del coronavirus). La luz ultravioleta se ha utilizado para desinfectar áreas de trabajo, como por ejemplo los laboratorios (flujos laminares, mesadas, etc.). Se utiliza una fuente emisora que es un tubo germicida. Dado que la luz ultravioleta tiene poca penetración, solo se puede utilizar en áreas que reciba directamente la luz.

Finalmente, en el caso de los virus con envoltura, como lo son los coronavirus, son sensibles a los solventes lípidos, pues se inactivan fácilmente con esos solventes como el éter, el cloroformo, las sales biliares y los detergentes aniónicos.

### **5.7 Desinfección y Esterilización:**

La desinfección se puede entender de distintos modos, Según el Ministerio de Protección Social (*RESOLUCIÓN 2674 DE 2013 - Invima - Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, n.d.*) La desinfección es el tratamiento fisicoquímico o biológico aplicado a las superficies con el objetivo de destruir las células vegetativas de los microorganismos que pueden ocasionar riesgos para la salud pública y reducir sustancialmente el número de otros microorganismos indeseables. El ministerio de Salud de

Colombia (*Limpieza y Desinfección En Servicios de Salud Ante La Introducción Del Nuevo Coronavirus (SARS-CoV-2) a Colombia*, n.d.), lo define como la destrucción de microorganismos (excepto esporas), de una superficie por medio de agentes químicos o físicos. En el artículo de (Rutala, 2008), también se puede definir a la desinfección como un proceso que elimina a casi todos o todos los microorganismos patógenos, excepto esporas como se argumentó anteriormente, en objetos inanimados. La EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) agrupa los desinfectantes según las afirmaciones de la etiqueta del producto “limitado”, “general” o “desinfección hospitalaria”.

Según (Rutala, 2008), se cuentan con diferentes métodos de desinfección de acuerdo a lo que se busca desinfectar, lo cual establece procedimientos de desinfección o esterilización, tiempos de exposición, nivel de desinfección (alto, medio o bajo), de acuerdo al objeto inanimado que se busca esterilizar o desinfectar. Es claro que todos los objetos inanimados deberán tener unas condiciones distintas para garantizar los niveles buscados, de acuerdo al uso.

Entendiendo el concepto de desinfección, se puede decir que un desinfectante es un germicida que inactiva prácticamente todos los microorganismos patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbiana, ejemplo esporas. Este término aplica solo a objetos inanimados (*Limpieza y Desinfección En Servicios de Salud Ante La Introducción Del Nuevo Coronavirus (SARS-CoV-2) a Colombia*, n.d.).

Un desinfectante ideal, debe ser de amplio espectro antimicrobiano; de acción rápida, produciendo una muerte rápida; que no se vea afectado por factores ambientales (debe estar activo en presencia de productos orgánicos); debe ser compatible con jabones, detergentes y



otros productos químicos; no debe ser tóxico, no siendo perjudicial para el usuario, no debe corroer a los instrumentos, superficies y no debe causar el deterioro de telas, gomas, plásticos y otros materiales, debe dejar una película antimicrobiana en la superficie tratada, debe ser fácil de usar con instrucciones en etiqueta, debe tener un olor agradable, debe tener un costo razonable, debe ser soluble en agua, debe ser estable y respetuoso con el medio ambiente.(Rutala, 2008).

Se contemplan niveles de desinfección de acuerdo al efecto microbicida de los agentes químicos sobre los microorganismos y pueden ser:

- Desinfección de alto nivel (DAN): realizada con agentes químicos líquidos que eliminan todos los microorganismos como por ejemplo ácido peracético, peróxido de hidrógenos entre otros.
- Desinfección de nivel intermedio (DNI): se realiza utilizando agentes químicos utilizando agentes químicos que eliminan bacterias vegetativas, mycobacterium, virus y algunas esporas bacterianas. Los desinfectantes encontrados en este nivel se encuentran los fenoles, hipoclorito de sodio, alcohol, amonios cuaternarios, entre otros
- Desinfección de bajo nivel (DBN): Es realizado por agentes químicos que eliminan bacterias vegetativas como hongos y algunos virus en periodo de tiempo cortos, como por ejemplo cloruro de benzalconio (*Limpieza y Desinfección En Servicios de Salud Ante La Introducción Del Nuevo Coronavirus (SARS-CoV-2) a Colombia, n.d.*).

### **5.8 Mecanismo de acción de los desinfectantes:**

la mayoría de los desinfectantes se los agrupa en tres categorías: los que lesionan la membrana celular, los inactivados irreversibles de proteínas y los que lesionan los ácidos nucleicos, aunque algunas podrían compartir más de uno de estos mecanismos (*Vignoli - 33 Esterilización, Desinfección y Antisepsia.Pdf*, n.d.).

Se debe entender también el término de esterilización, como el proceso mediante el cual se alcanza la muerte de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias y sus formas esporuladas altamente resistentes, hongos, sus esporos, y virus (*Vignoli - 33 Esterilización, Desinfección y Antisepsia.Pdf*, n.d.). Este procedimiento se realiza mediante métodos físicos y químicos, mediante vapor a presión, calor seco, gas EtO (óxido de etileno), gas plasma de peróxido de hidrógeno, entre otros.

### **5.9 Esterilización por temperatura:**

Pocos años atrás se ha introducido el concepto de dosis de calor (seco/húmedo), entendida como la energía necesaria para conseguir eliminar/inactivar determinados microorganismos en un determinado contexto. Es decir, una determinada dosis de calor va a conseguir una determinada desinfección (Röhm-Rodowald et al., 2013). El mecanismo de acción es que la esterilización térmica destruye a los microorganismos en forma gradual; queriendo decir que no hay un único mecanismo de acción, sino la suma de distintos eventos que se suman al ir aumentando la temperatura. Los principales métodos de calor húmedo que

se conocen para la esterilización por calor térmico es la pasteurización, el autoclavado y ebullición, entre otros. Para calor seco el mecanismo de acción es diferente que el del calor húmedo, provoca desnaturalización de proteínas, lesiones por oxidación y efectos tóxicos por niveles elevados de electrolitos. La acción letal es el resultado del calor transmitido desde el material con el cual los microorganismos están en contacto, y no desde el aire caliente que los rodea. Existen tres formas de esterilización por calor seco: flameado, incineración y horno Pasteur (*Vignoli - 33 Esterilización, Desinfección y Antisepsia.Pdf*, n.d.) . este método es utilizado solo para materiales que puedan dañarse por el contacto con el calor húmedo o sean impenetrables a este, como, por ejemplo, polvos productos derivados del petróleo, instrumentos cortantes, etc.

#### **5.10 Esterilización por productos químicos:**

Existen varios esterilizantes químicos aprobados por las entidades sanitarias de E.E.U.U y del mundo, en donde los tiempos de contacto varían entre las 3 a las 12 horas, pero generalmente se utilizan exclusivamente para superar las pruebas de AOAC (Association of Official Agricultural Chemists) del Departamento de Agricultura de los estados Unidos (USDA), y se usan generalmente como desinfectantes de alto nivel (DAN). Este tipo de esterilización podría no transmitir los mismos niveles de garantía de esterilidad que la esterilización lograda usando métodos térmicos o físicos (Rutala, 2008).

#### **5.11 Esterilización por radiaciones:**

Se puede utilizar radiaciones UV (la cual se explicará más adelante en este documento) y los rayos infrarrojos (*Vignoli - 33 Esterilización, Desinfección y Antisepsia.Pdf*, n.d.).

También se conoce métodos de desinfección o esterilización por microondas, las cuales pueden ser térmicas y no térmicas. En el modo térmico, la energía de microondas se convierte en calor por el movimiento cinético de las moléculas polares. Por el contrario, el modo no térmico implica la interacción directa del campo electromagnético con la molécula biológica (Bhasin et al., 2013). La mayoría de los microondas están diseñadas con una plataforma giratoria, para evitar puntos fríos(Bhasin et al., 2013).

El método por microondas es eficaz para reducir el recuento microbiano, encontrando resultados de estudios en donde se estableció que desinfectar con esta tecnología era tan eficiente como la desinfección química a altas concentraciones (Meghashri et al., 2014)

La esterilización por radiación ionizante, principalmente por rayos gamma de cobalto 60 o aceleradores de electrones, es un método de esterilización a baja temperatura que se ha utilizado en diferentes sectores, especialmente el médico. Por su alto costo no se ha masificado, además de no contar con procesos aprobados por la FDA de EEUU, pero que podría ser una alternativa de esterilización a gran escala (Rutala, 2008)

### **5.12 Desinfección o esterilización por ozono:**

Investigaciones han demostrado que otros tipos de desinfección como la desinfección gaseosa, como por ejemplo con el ozono, tiene mayor capacidad de desinfección que un desinfectante líquido, debido a su distribución y penetración uniforme. Durante años se viene investigando el ozono como desinfectante demostrando ser más eficiente que otros tipos de

gases también utilizados para este fin (Martinelli et al., 2017), lo cual se podría catalogar como un desinfectante de alto nivel. En el año 2003, la FDA aprobó al ozono como un proceso de esterilización mediante un equipo que crea su propio esterilizante a partir de oxígeno de grado USP (United States of Pharmacopeia), que es la que establece por escrito las normas de referencia para los medicamentos.

Existe un sin número de métodos de desinfección o esterilización aprobados y no aprobados por la FDA, pero que han demostrado ser efectivos, como lo son el dióxido de cloro gaseosos, ácido peracético vaporizado, radiación infrarroja, vapor de formaldehído, peróxido de hidrógeno vaporizado, ácido perfórmico, filtración, entre otros.

Como se menciona anteriormente, los virus y específicamente los virus de la familia coronavirus son susceptibles a diferentes desinfectantes químicos, como fenoles, etanoles, ácido peracético, dicloconato de clorhexidina, hipoclorito de sodio entre otros a unas concentraciones específicas (Kampf et al., 2020). Se debe tener en cuenta que el tipo de desinfectantes generalmente aplica para superficies inanimadas. En humanos se puede hacer un lavado y desinfección de manos, pero el contacto estrecho y continuo puede generar laceraciones en la piel.

### **5.13 Hechos Sobre UV y el COVID-19**

¿Puede un mecanismo de desinfección UVC ayudar a prevenir la transmisión del COVID-19? De acuerdo con la IUVA, y con base en la evidencia existente, es posible.

No debe olvidarse que UVC, desinfección UV y UV son conceptos usados aquí y en la literatura científica, médica y técnica, como referencia específica a la luz UV-C (200-280 nm)

también llamada UV germicida, que no es lo mismo que UV-A o UV-B, que son tipos de radiación usados en camas de bronceado y presente en la radiación solar.

La luz UV ha sido extensamente usada durante más de 40 años en la desinfección de aguas, aguas residuales, productos farmacéuticos, superficies y habitaciones [1]. Y aunque todas las bacterias y virus examinados a la fecha (cientos de ellos durante años, incluyendo otros tipos de coronavirus) responden a la luz UVC, no obstante algunos son más susceptibles que otros a la desinfección UVC, por lo que en casos específicos estos deberán ser inactivados con las dosis apropiadas de radiación. (*La Asociación Internacional Ultravioleta avala uso de la tecnología UV contra el COVID-19 | Iluminet revista de iluminación, 2020*). Es de anotar que con base a lo expuesto la tecnología UV-C, ronda las longitudes de onda bajas aproximadamente de 200 nanómetros, por lo tanto, este tipo de radiación no se encuentra en el planeta tierra y se enfatiza que sigue siendo efectivo en la destrucción de bacterias virus y demás patógenos aéreos, debido a la radiación artificial de luz, la cual inactiva y destruye su forma molecular, impidiendo que los virus o bacterias busquen infectar nuevos huéspedes.

También, la desinfección UVC es a menudo usada como mecanismo complementario a otras tecnologías para asegurar que cualquier patógeno que no haya sido inactivado por algún método previo (filtración o limpieza) sea finalmente eliminado con UVC. De esta manera, la luz UVC podría ser instalada en clínicas como método adicional a los procesos y protocolos existentes, los cuales -de otro modo- podrían estar desgastándose dada la exclusiva demanda de tecnología UVC causada por la pandemia.

Por otro lado, vale resaltar que la luz UVC, específicamente entre 200-280nm[2], inactiva otros dos coronavirus que son cercanos al virus COVID-19 (estos son SARS-CoV[3] y MERS-CoV[4]), siendo importante demostrar que una inactivación ha sido previamente realizada bajo condiciones controladas en laboratorio, ya que la efectividad de la luz UVC en la práctica depende de factores tales como el tiempo de exposición, y la habilidad de la luz UVC para ser absorbida por los virus en el agua, aire, y los pliegues y grietas de los materiales y superficies existentes. *(La Asociación Internacional Ultravioleta avala uso de la tecnología UV contra el COVID-19 | Iluminet revista de iluminación, 2020)*

#### **5.14 ¿Por qué se utiliza la UV-C en lámparas?**

La UV-C producida artificialmente se ha utilizado con éxito como germicida y bactericida durante décadas. Puede matar microorganismos, como bacterias, virus y otros patógenos, o impedir su desarrollo, y proporciona una alternativa sin sustancias químicas a otros métodos de desinfección, como el uso de cloro. Debido a su efectividad y a sus ventajas, la UV-C se está utilizando en una gama de aplicaciones cada vez mayor. Se utiliza, por ejemplo, para la desinfección en estaciones depuradoras de aguas residuales, laboratorios, sistemas de aire acondicionado e, incluso, piscinas y acuarios, así como en distintas etapas de los procesos industriales de alimentos y bebidas. La UV-C también se utiliza en entornos médicos y hospitalarios para la esterilización de instrumentos, superficies de trabajo y aire. (Prieto, 2017). Hay q proveer que la luz trabaja de manera radial en el espacio es decir el medio de propagación que genera la luz no es en un solo sentido sino en todos los sentidos, debido a este factor es que se elige utilizar la Uv-c en un concepto de lámpara moderna de

acuerdo al autor con el fin de irradiar e iluminar cada espacio posible al cual, magnifique su efecto germinicida.

### **5.15 ¿Son seguras las lámparas UV-C?**

Las lámparas UV-C llevan décadas utilizándose y el número de incidentes conocidos causados por exposición accidental o uso incorrecto es limitado. Su utilización ha permitido proteger la salud humana mediante el saneamiento del agua, el aire y las superficies y evitando que las personas se contaminen. Sin embargo, el SCHEER no ha podido llegar a una conclusión sobre su seguridad, ya que hay pocos estudios sobre la exposición de las personas en condiciones normales de utilización. También son insuficientes los datos sobre la exposición a largo plazo a la UV-C de las lámparas. La UV-C, como el resto de longitudes de onda de luz ultravioleta, se considera cancerígena para los seres humanos, pero no hay datos suficientes para realizar una evaluación cuantitativa del riesgo de cáncer derivado de la exposición a las lámparas UV-C.(Prieto, 2017). Los estudios muestran que hace falta información concluyente para establecer los peligros potenciales de la UV-C, al cuerpo humano, por lo tanto, desde el punto de vista de ingeniería se crean medidas de control, para establecer el buen uso de esta tecnología y así poder disminuir sus posibles efectos negativos sobre la salud.

Señala la influencia fundamental del tiempo y la potencia UV. El producto del tiempo de exposición UVC y la intensidad de exposición UVC se da en  $mW * s / cm^2$ . Si bien los microorganismos simplemente estructurados son muy sensibles a la luz UV C, es decir, pueden desactivarse fácilmente con una dosis baja de UV, se requieren energías mucho



mayores para matar hongos y esporas. La efectividad de UV-C en la inactivación de microorganismos, por lo tanto, siempre está directamente relacionada con la dosis de UV utilizada.

### **5.16 Tecnología de desinfección**

El espectro principal de la lámpara de esterilización ultravioleta de Synertech está en el rango de 254 o 185 nm. Bajo una longitud de onda de 200 nm, la luz Ultravioleta (UV) forma ozono a partir de oxígeno. Solo las lámparas de desinfección ultravioleta que no forman ozono se utilizan para la desinfección, especialmente en el sector alimentario, cárnico, bebidas y alimentos. Las lámparas de esterilización de Synertech evitan la formación de ozono durante el proceso de esterilización UV mediante el uso de materiales especiales. Una ventaja importante de la desinfección ultravioleta es que no puede causar resistencia al desarrollo. La desinfección UV funciona incluso si los gérmenes ya han desarrollado resistencia a las medidas convencionales de desinfección, como el alcohol, los antibióticos, ... La desinfección ultravioleta funciona con todos los microorganismos, independientemente de si son bacterias comunes de E. Coli, SARS, H1N1, Coronavirus (COVID-19), Legionella o moho. Una dosis suficiente de UVC, muchos años de experiencia en la aplicación y la tecnología de esterilización ultravioleta requerida para esto son los requisitos previos para el éxito deseado. El número de pruebas científicas de desinfección ultravioleta ha aumentado en los últimos años. Por ejemplo, la desinfección con agua Ultravioleta está incluida en la Ordenanza sobre agua potable como método de desinfección. Los sistemas UVC para la desinfección UV del agua están certificados de acuerdo con los estándares DVGW y Ö. VDI 6022 se aplica a los sistemas de ventilación y regula el uso de radiación y esterilización ultravioleta UV C para la

desinfección segura del aire. En dosis suficientes, los rayos UV C causan enrojecimiento de la piel (eritema) e inflamación ocular en humanos, también conocido como escudo de sudor. Por esta razón, no se deben exceder los valores límite. La luz ultravioleta (UVC) a 254 nm puede protegerse con vidrio de ventana común, plástico transparente como Makrolon® y prácticamente todos los materiales opacos. Puede encontrar más información sobre los filtros UV en el estándar "EN 170 - Protección personal de los ojos". El vidrio de cuarzo es transparente a la radiación UV C y no debe usarse para protección personal.

La desinfección ultravioleta asegura una perfecta higiene operacional y de producción para grandes sectores como; alimentos, hospitales, clínicas, oficinas, industrias, laboratorios, por lo tanto, garantiza un aseguramiento de calidad sostenible. Para este propósito, Synertech ofrece una amplia gama de productos para la desinfección de aire ultravioleta, la desinfección con superficie Ultravioleta, la desinfección con agua Ultravioleta para la eliminación del olor a ozono y el secado al aire ambiente y, por lo tanto, hace una contribución importante a la gestión perfecta de la higiene. (*Desinfección por Luz Ultravioleta - NyF De Colombia., n.d.*)

Estudios recientes han demostrado que la radiación onda corta UV es capaz de eliminar los virus COVID-19, MERS y SARS a nivel hospitalario, mejorando así la limpieza del área de cuidados intensivos, salas de medicina general y habitaciones individuales.

Desde hace varios años la luz UV ha sido ampliamente usada para esterilizar pequeños flujos residenciales, así como también grandes flujos en proyectos comerciales e industriales; pero hoy es un método efectivo para prevenir la propagación de COVID-19 y en países como China (Wuhan Wuchang Hospital) ya se están usando sistemas con lámparas UV para

prevenir la infección y contribuir como solución práctica en la lucha contra la propagación del virus.

Este tipo de mecanismos de desinfección funcionan con luz UV y tienen un efecto germicida. Dependiendo de la longitud de onda el efecto de los rayos UV puede ser más o menos efectivo contra diversos microorganismos al destruir los ácidos nucleicos y el ADN. (*Luz ultravioleta para prevenir la propagación de COVID-19 | Iluminet revista de iluminación, 2020*).

## **6. Marco legal:**

De acuerdo con la IUVA, Asociación Internacional de Ultravioleta, por sus siglas en Inglés (y dada la gran cantidad de dispositivos UVC comercializados para la desinfección de aire, agua y superficies sólidas), la ausencia de estándares unificados en cuanto al desempeño exigen tener un cuidado especial en la elección del sistema a implementar; asimismo, es importante considerar la evidencia obtenida por alguna tercera parte, tales como la certificación de los materiales usados y la certificación eléctrica emitidas por entidades oficiales (NSF, UL, CSA, DVGW-OVGW u otras instituciones dependiendo del caso). (*Luz ultravioleta para prevenir la propagación de COVID-19 | Iluminet revista de iluminación, 2020*) Colombia se encuentra regulada por el decreto 1545 de 1998 (Derecho del Bienestar Familiar [DECRETO\_1545\_1998], s. f.) por el cual se reglamentan parcialmente los regímenes sanitarios, de control de calidad y de vigilancia de productos de aseo, higiene y limpieza de uso “doméstico” y se dictan otras disposiciones. Dentro de decreto se reglamenta

lo que es un producto de higiene de uso industrial, lo cual debe cumplir con unas características específicas. Un producto de aseo y limpieza industrial es aquella formulación cuya función principal es remover la suciedad y propender por el cuidado de la maquinaria industrial e instalaciones, centros educativos, hospitalarios, etc. Y que cumplen con los siguientes requisitos:

El mercado no está dirigido a productos de aseo y limpieza de uso doméstico.

El sistema de distribución y comercialización están dirigidos al sector industrial.

La composición del producto en cantidad de ingrediente activo es diferente en cuanto a concentración.

Se utiliza a través de máquinas y equipos especializados.

El anterior marco legal en Colombia está apuntado exclusivamente a los productos de aseo y limpieza, pero no para los productos de desinfección, esterilización y sus técnicas, las cuales se pueden definir en la normatividad española mediante UNE-EN 13697-2015 para antisépticos y desinfectantes químicos, en donde se establece ensayos cuantitativos de superficie no porosa para la evaluación de la actividad bactericida y fungicida de los desinfectantes químicos utilizados en productos alimenticios, en la industria, en el hogar y en colectividad (UNE-EN 13697:2015 Antisépticos y desinfectantes químicos. Ensa..., s. f.).

En España, la Asociación Española de Normalización, publicó la norma UNE-EN ISO 15858 de 2016, la cual es una norma de seguridad, relacionada a los dispositivos UV-C, y donde determina los límites admisibles para la exposición humana. Ésta norma no se limita

únicamente a determinar los límites admisibles a la exposición de UV-C, sino igualmente realiza una exposición teórica de dicha tecnología, tocando aspectos como las generalidades, penetración y medición de la radiación UV-C, entre otros (*UNE-EN ISO 15858:2017 Dispositivos UV-C. Información Sobre Seg...*, n.d.).

El marco legal es fundamental para verificar las normas relacionadas con el uso de la tecnología UV-C como método de desinfección principal o complementaria, en las superficies de espacios laborales. Al revisar la literatura, se puede concluir que, en el tema de marco legal, muy poco se encontró normatividad, relacionada al uso de la tecnología UV-C en superficies y específicamente en superficies en los ambientes de trabajo. Lo más cercano de las normas encontradas al propósito de la presente revisión, fue el de la norma UNE-EN ISO 15858 de 2016 de España el cual se enfoca más en el tema de seguridad en el uso de dispositivos UV-C.

## **7. Marco metodológico de la investigación**

El presente trabajo demostrará que el uso de la tecnología UV-C, en los ambientes laborales, contribuye en el control del contagio por SARS-CoV-2, así mismo éste se realiza a partir de una investigación exploratoria cuantitativa documental, en donde se efectúa una revisión no sistemática de artículos indexados y no indexados encontrados en la red de investigaciones sobre proyectos de desinfección con tecnología de luz ultravioleta tipo A, B y C, para distintos tipos de virus y bacterias.

Como se viene comentando a lo largo de esta investigación, la enfermedad COVID-19 es generada por el SARS-CoV-2, sus investigaciones se vienen desarrollando a lo largo y

ancho del mundo buscando encontrar diferentes tipos de medidas, tratamientos, explicaciones y demás, que permitan conocer un poco más sobre este nuevo coronavirus.

La búsqueda de la información se realizó en diferentes bases de datos generados por el motor de búsqueda PUBMED, que arrojó resultados en Science Direct, google académico, ovid y nature.com.

Para la búsqueda se usaron los siguientes términos en inglés: SARS CoV-2, UV-C, surfaces, workplaces, infectious diseases, biological risk. En español se buscó SARS CoV-2, superficies, UV-C, enfermedades infecciosas, y riesgo biológico.

Con estos términos se puede acotar la búsqueda al uso de la tecnología de luz ultravioleta en general, cerrando la búsqueda a la luz ultravioleta de onda corta (UV-C) para el tratamiento de diferentes virus y bacterias en diferentes superficies, en los que se encuentran los lugares o ambientes laborales.

Criterios de inclusión: artículos publicados en los últimos 5 años en revistas indexadas y no indexadas en donde se traten temas de utilización de luz ultravioleta en eliminación o reducción de virus o bacterias, especialmente en el SARS-CoV-2 provocador de la enfermedad COVID-19, que generó una pandemia en el año 2020. La investigación se centra en diferentes superficies, que puedan ser origen de contacto y generar diferentes afecciones de salud en las personas, orientándose hacia los espacios de trabajo, ya sean operativos o administrativos.

Criterios de exclusión: artículos de revistas indexadas y no indexadas que su publicación sean antes del año 2016 y que no muestren el uso de la tecnología de luz

ultravioleta de onda corta en la disminución o eliminación de virus y bacterias en superficies, especialmente en ambientes laborales.

Tabla 2

*Búsqueda en bases de datos de información indexada y no indexada.*

BUSCADOR	TÉRMINOS DE BUSQUEDA EN INGLÉS						TÉRMINOS DE BUSQUEDA EN ESPAÑOL					
	UV-C AND SARS CoV 2	“UV-C” AND “infectious “UV-C”	AND “biological “UV-C” Y	SARS CoV 2 Y	“UV-C” Y	“enfermedades infecciosas” “UV-C” Y	“riesgo biológico”					
Pubmed	1	19	0	0	0	0	0					
Science Direct	22	151	3	1	2	0	0					
Google Académico	109	1280	34	68	68	3	3					
Nature.com	1	10	30	0	0	0	0					

Uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) en las áreas de trabajo							64
<b>Ovid</b>	0	0	0	0	0	0	0
<b>Medline</b>	0	1	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	133	1461	67	69	70	3	1803

*Fuente: Elaboración propia*

Se cuenta con un universo de 1803 registros encontrados, de los cuales después de realizar un análisis estadístico se puede obtener que el tamaño de la muestra es 66 artículos que se deben analizar. Se realiza con un margen de error del 10 %, nivel de confianza del 90 %.

$$n = \frac{Z_a^2 \times p \times q}{d^2}$$

En donde

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (error máximo admisible en términos de proporción)

*(Determinación Del Tamaño Muestral, n.d.)*

## 7.1 Fases del proyecto

Fase 1: Análisis viabilidad del proyecto:

Para el análisis del proyecto, se quiere intervenir en un punto de criterio básico actual como es la pandemia que se presenta actualmente, del COVID-19 provocada por el virus del SARS-CoV-2 y de la cual el proyecto se desarrolla como una investigación no sistemática desde los puntos de vista ingenieril y médico, y del cual es enfocado hacia el análisis de



artículos publicados en los últimos 5 años, en revistas indexadas y no indexadas en los que se determina las aplicaciones y evidencias científicas que se han trabajado a lo largo de las investigaciones en el uso de la tecnología ultravioleta UV-C, para desinfección de superficies, contra diferentes organismos patógenos, como los virus y la bacterias, pero centrándose en especial en la evidencia en la aplicación de la UV-C en las superficies de trabajo para el control y prevención del contagio por SARS-CoV-2 y de la cual la investigación pretende generar su aplicación en el fortalecimiento de los protocolos de bioseguridad de todas las empresas como parte integral de su SGSST, al ser una tecnología más limpia sin residuos químicos y de unos costos inferiores a los utilizados tradicionalmente, se puede determinar la viabilidad y la importancia del proyecto.

Fase 2: Planificación del Trabajo a realizar: cronograma anual de trabajo para el proyecto

A continuación, se establece el desarrollo del cronograma del proyecto, definido por fechas, actividades, porcentajes de avances y entregas finales (ver anexo 1. Cronograma de actividades)

En las etapas de desarrollo del proyecto se puede establecer:

Actividades específicas a realizar

Fecha de inicio y fecha de corte

Porcentaje de realización con cada actividad a desarrollar mensualmente, estableciéndose por mes un desarrollo mínimo del 10 % en el cual, durante toda la ejecución

total del proyecto, entre el mes de inicio y el mes de finalización, se logre alcanzar la meta de ejecución del 100 %.

### Fase 3: Ejecución del proyecto

Las actividades en esta fase se pueden determinar, así:

Asignación de las tareas planificadas con base a los recursos disponibles: En esta etapa de desarrollo se puede establecer el tiempo trabajado /hora, de acuerdo a la conceptualización técnica en el manejo de la investigación que se halló teniendo establecido un porcentaje final trabajado

Ejecución de las tareas planificadas: las tareas a cargo del proyecto se dividen de manera equitativa entre los miembros del grupo del proyecto de tesis, total de integrantes del equipo 3 (tres personas).

Gestión de las peticiones de cambio: la gestión de las peticiones de cambio o de modificaciones a realizar estarán dadas por la tutora asignada al curso, la cual ha brindado herramientas de desarrollo y posibles modificaciones a realizar de acuerdo a su experiencia en esta clase de proyectos y de la misma forma con base a las entregas programadas dentro de los plazos, fechas y tiempos asignados por la universidad ECCI.

### Fase 4: cierre del proyecto

En esta fase se puede desarrollar un listado de todas las actividades realizadas, hasta la fecha de culminación, de acuerdo a la guía metodológica y el proceso de desarrollo de la investigación, de esta forma se puede medir y cuantificar los puntos de control, que muestre el

avance realizado y la etapa de culminación del mismo para ello se ha dispuesto de una lista de chequeo, que proporcionará mayor control y seguimiento de todas las fases de cierre del proyecto.

Cuadro 1

Lista de chequeo cierre proyecto

Ref.	Fecha
Revisión	firma

1 RECOPIACION

RECOPIACION ARTICULOS CIENTIFICOS	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS (ULTIMOS 5 AÑOS)	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
VERIFICACION DE LA CALIDAD DE LOS ARTICULOS	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
ANALISIS DE ARTICULOS RELACIONADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA UV-C COMO DESINFECTANTE EN DIFERENTES SUPERFICIES Y AMBIENTES PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES VIRALES O BACTERIANAS EN ESPECIAL EL COVID-19	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

2.PREPARACIÓN DE LOS DATOS CON BASE A LA GUIA METODOLOGICA

REVISION PORTADA CONTRAPORTADA	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
VERIFICACION DEL TITULO FINAL DEL PROYECTO	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
DESCRIPCION Y AJUSTE DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
AJUSTE DE LOS OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
REVISION DE LA JUSTIFICACION Y DELIMITACION DEL PROYECTO	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
REVISION DEL MARCO DE REFERENCIA	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
AJUSTE DEL MARCO LEGAL	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
AJUSTE DE MARCO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

### 3. EVALUACIÓN DEL PROYECTO

REVISION DE LAS ASESORIAS ENTREGADAS (MODIFICACIONES REALIZADAS)	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONSULTORIA REALIZADAS (TUTOR)	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
EVALUACION DE RESULTADOS	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
INFORME FINAL	SI <input type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>

La fase de cierre del proyecto con su lista de chequeo, permite una visualización mayor de las actividades realizadas, en cumplimiento del cronograma propuesto y así verificar los avances logrados y el desarrollar todo aquello que no se ha cumplido, basándose en la guía metodológica

de la universidad ECCI y a las observaciones del tutor a cargo con el fin de realizar las correcciones necesarias hasta culminar con la entrega del trabajo final.

### **7.2 Cronograma de actividades:**

Dentro del cronograma de actividades se tiene contemplado estas que se realizarán durante la planificación y ejecución del proyecto de investigación hasta finalizar en el mes de noviembre de 2020. Este cronograma se puede visualizar en el Anexo 1 de este documento.

### **7.3 Análisis de la información:**

Basado en el resultado de la consulta de las bases de datos, el cual arrojó un total de 1803 registros encontrados bajo los términos de búsqueda definidos, en inglés y en español, se decidió por motivos de las limitaciones del trabajo y del tiempo, tomar una muestra de 66 trabajos, la cual es el resultado de la fórmula anteriormente citada, con margen de error del 10% y 90% de nivel de confianza.

Esos 66 trabajos pasarán a ser analizados de forma equitativa entre los tres investigadores, los cuales se basarán en el objetivo general, objetivos específicos e hipótesis del trabajo, con el fin de realizar una nueva selección de trabajos que apunten a responder lo planteado.

Ese análisis será la base para desarrollar el tema de los resultados, en el cual se va a describir en mayor detalle, cada uno de los trabajos seleccionado con sus resultados y conclusiones e igualmente se elaborará una tabla en la cual se distribuirán los trabajos en diversas categorías, aquellos que cumplen con el objetivo general, y los que cumplen a cada uno de los objetivos específicos. Del total de trabajos seleccionados, que sería el universo a

analizar y que corresponde al 100%, se evaluará que porcentaje del total cumple cada categoría analizada.

## 8. Resultados y discusión:

Es de recordar que se realizó una revisión no sistemática, realizando dicha revisión en revistas indexadas y no indexadas, en diferentes bases de datos, tanto en inglés como en español, los cuales arrojan los siguientes resultados a los criterios de búsqueda:

Términos en inglés:

UV-C AND SARS CoV 2 AND surfaces AND workplace

Tabla 3

*Información extraída de artículos analizados en Inglés*

Nombre de artículo	Utilizaron UV-C?	Fue efectivo?	Dosis	Uso exclusivo?	Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?	Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado	Tipos de superficies donde se aplicó
How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? (Morawska et al., 2020)	SI	SI	30 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$ a 50 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$	NO	Limpieza y desinfección rutinaria, No recirculación de aire.	Superficies, salones, oficinas, etc.	No discrimina
COVID 19: challenges for	SI	NO	NA	NO	Se debería complementar con	Espacios hospitalarios,	Superficies lisas.

virologists in the food industry (Zuber & Brüssow, 2020)					una limpieza y desinfección	áreas de proceso pero aplica para cualquier espacio cerrado	
Rapid evidence summary on SARS-CoV-2 survivorship and disinfection, and a reusable PPE protocol using a double-hit process (Derraik et al., 2020)	SI	SI	180 mJ/cm2 to 6,900 mJ/cm2	NO	Tratamiento térmico, desinfección con alcohol,	Elementos de protección personal	Superficies porosas que están fabricadas las máscaras N95.
Back to Normal: An Old Physics Route to Reduce SARS-CoV-2 Transmission in Indoor Spaces (García de Abajo et al., 2020b)	SI	SI	1 W / m <sup>2</sup>	NO	Distanciamiento social, ventilación sin recirculación de aire.	Oficinas, escuelas, ascensores, autobuses, servicios sanitarios (lugares cerrados)	Superficies de contacto frecuente (pulsadores, interruptores, equipos de computo, etc.)
Air disinfection procedures in the dental office during the COVID-19 pandemic (M et al., 2020)	SI	SI	NA	NO	Peróxido de hidrógeno, ozono, desinfección fotocatalítica, plasma	Consultorio dental y todos sus accesorios.	Superficies de contacto del paciente y profesional en odontología y personal involucrado.
IUVA Fact Sheet on UV Disinfection for COVID-19	SI	SI	NA	NO	Se debería complementar con una limpieza y desinfección	Áreas en general	Agua, superficies en general
COVID-19 in indoor environments —	SI	SI	NA	NO	Debe haber LYD, porque superficies sucias	Diferentes áreas, con distintos	Aire, superficies de piso, techo,

<p>Air and surface disinfection measures (COVID-19 in Indoor Environments — Air and Surface Disinfection Measures Oct 2020 Update.Pdf, n.d.)</p>						<p>no dejan actuar la UVC (biofilm) dispositivos (portátiles, de techo, de piso, dentro de sistemas de aire)</p>	<p>superficies en general</p>
<p>Chitra Ultraviolet-C-Based Facemask Disposal Bin (Chitra Ultraviolet-C-Based Facemask Disposal Bin, n.d.)</p>	SI	SI	<p>126.76 mJ / cm<sup>2</sup> (una bombilla a) 125.92 mJ / cm<sup>2</sup> (2 bombillas)</p>	SI	NA	<p>Tapabocas antes de su desecho, guantes, implementos metálicos de trabajo.</p>	<p>Lisos, metálicos, no apto para materiales porosos o que se puedan degradar.</p>
<p>Perioperative COVID-19 Defense: An Evidence-Based Approach for Optimization of Infection Control and Operating Room Management (Dexter et al., 2020)</p>	SI	SI	NA	NO	Limpieza y desinfección convencional	<p>Salas de cirugía en hospitales</p>	<p>Todos los elementos que tiene una sala de cirugía.</p>
<p>Rapid and complete inactivation of</p>	SI	SI	<p>0,8 49 mW / cm<sup>2</sup></p>	SI	NA	<p>No se utilizan objetos específicos,</p>	<p>Placas de plástico.</p>



---

<p>SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation (<i>Rapid and Complete Inactivation of SARS-CoV-2 by Ultraviolet-C Irradiation</i>, 2020)</p>							<p>solamente unas placas de plástico</p>
<p>Fight Against COVID-19: ARCI's Technologies for Disinfection (<i>Fight Against COVID-19: ARCI's Technologies for Disinfection</i>, n.d.)</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>NA</p>	<p>NO</p>	<p>Se presenta tecnología de robots de desinfección con UVC y nebulizador de peróxido de hidrógeno.</p>	<p>El equipo es móvil y puede utilizarse en cualquier área de trabajo, como escuelas, industria y demás</p>	<p>Superficies en general.</p>

---

*Fuente: Elaboración propia*

Términos en español:

UV-C Y SARS CoV 2 y superficies

Tabla 4

*Información extraída de artículos analizados en Español*

<b>Nombre de artículo</b>	<b>Utilizaron UV-C?</b>	<b>Fue efectivo?</b>	<b>Dosis</b>	<b>Uso exclusivo?</b>	<b>Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?</b>	<b>Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado</b>	<b>Tipos de superficies donde se aplicó</b>
Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19 (Correa et al., 2020)	SI	SI	246 mJ/cm2	SI	NA	Objetos y superficies inertes en general.	Objetos y superficies inertes en general
El uso de la luz ultravioleta para controlar la transmisión del virus SARS-CoV-2 en medios hospitalarios. (Zapata-Herrera &	SI	SI	NA	SI	NA	Ambientes hospitalarios.	Todo tipo de superficies, inclusive se puede exponer al ser humano con un tipo de sistema (upper room)

Moreno-Correa, 2020)  
Evidencias de la acción de agentes biocidas en la prevención y control de infecciones por coronavirus.(Silva & Suárez, 2020)

SI SI NA NO

Limpieza y desinfección tradicional  
Espacios públicos.  
Todo tipo de superficies.

Germicida ultravioleta (GUV) - Preguntas frecuentes (*Germicida Ultravioleta GUV. Preguntas Frecuentes*, n.d.)

SI SI 20 a 100 mj/cm2 NO

Protocolos de limpieza y desinfección  
Todo tipo de habitaciones, espacios cerrados, sistemas de aire.  
Todo tipo de superficie.

Luz ultravioleta para desinfección en áreas de salud, frente al covid-19. (Miriam et al., 2020)

SI SI 1 J/cm2 NO

Limpieza y desinfección tradicional  
Diferentes áreas laborales, respiradores N95  
Superficies y Respiradores N95

Estudio de la radiación UV-

SI SI 159 W/m2 NO

Metodología que  
Espacios cerrados,  
Superficies duras.

C como método de desinfección de ambientes y superficies con enfoque en la prevención del contagio de COVID-19 (Lecam, n.d.-a)					complementaría la Limpieza y Desinfección tradicional.	agua, industria alimentaria, etc.	
Informe sobre utilización de la radiación ultravioleta (UV-C) para desinfección	SI	SI	1-200 mj/cm2	NO	Combinar con desinfectantes estándar.	Salas, espacios amplios, aire y agua.	Superficies lisas y sin partículas
Cámara UV-C para sanitización de elementos de protección (Jornada de Ciencia y tecnología 2020) (Andreatta et al., 2020)	SI	SI	1000 mj/cm2	SI	NA	Equipo estático para desinfección de EPP.	Formas de EPP
Análisis de la incidencia del SARS-CoV-2 en bienes culturales. Sistemas de	SI	SI	90 Mw/CM2	SI	NA	Museos, bibliotecas, archivos.	Superficies delicadas.

---

desinfección. Fundamentos y estrategias de control.							
Diseño de Soluciones UV-C para la prevención del COVID-19	SI	SI	500 j/m2	SI	NA	Cualquier tipo de área.	Aire, superficies.

---

*Fuente: Elaboración propia*

Términos en inglés:

UV-C and infectious diseases

Tabla 5

*Información extraída de artículos analizados en Inglés*

<b>Nombre de artículo</b>	<b>Utilizaron UV-C?</b>	<b>Fue efectivo?</b>	<b>Dosis</b>	<b>Uso exclusivo?</b>	<b>Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?</b>	<b>Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado</b>	<b>Tipos de superficies donde se aplicó</b>
Design and construction of an ultraviolet germicidal irradiation device for the inactivation of Staphylococcus aureus in kitchen	SI	SI	Radiación óptimas para la inactivación de las bacterias fueron de 34.44, 311.8 y 603.6 J/cm2	NO	Limpieza y desinfección rutinaria, no recirculación de aire.	Utensilios de cocina, fuentes de alimentación de utensilios en general	No discrimina

utensils(Giraldo & Ramirez, 2019)	SI	SI	UVC dose of 1446 mJ/cm <sup>2</sup>	SI	NA	Áreas de centros médicos, clínicos empresas de todo tipo.	Todo tipo de superficie
Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation(Heilengloh et al., 2020)	SI	SI	UVC dose of 200-280 nm	NO	Eliminación de patógenos resistentes a métodos tradicionales de desinfección	Hospitales, centros clínicos empresas biológicas	No discrimina, superficies de todo tipo
Efficacy of pulsed-xenon ultraviolet light for disinfection of high-touch surfaces in an Ecuadorian hospital(Villacís et al., 2019)	SI	SI	UVC dose of 17.1 mJ/cm <sup>2</sup> irradiation UV-C led with the 265 nm	SI	NA	Centros dermatológicos, centros médicos clínicos y hospitales servicio de dermatología	Uso dermatológico
Bactericidal effects of 310 nm ultraviolet light-emitting diode irradiation on oral bacteria(Takada et al., 2017)	SI	SI	UVC dose of 490 mJ/cm <sup>2</sup>	SI	NA	Áreas de centros médicos, clínicos empresas de todo tipo.	Todo tipo de superficie
Deactivation of SARS-CoV-2 with pulsed-xenon ultraviolet light: Implications for environmental COVID-19 control( <i>Deactivation of SARS-CoV-2 with Pulsed-Xenon Ultraviolet Light: Implications for Environmental</i>	SI	SI		SI	NA		

*COVID-19*

*Control /  
Infection Control  
& Hospital  
Epidemiology /  
Cambridge Core,  
n.d.)*

Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination(Kitagawa et al., 2020)	SI	SI	Dosis: UV irradiation (0.1 mW/cm <sup>2</sup> ) at 222 nm for 10-300 seconds	SI	NA	Centros médicos, hospitales clínicos, empresas y elementos de protección personal.	Todo tipo de superficie
Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases(Welch et al., 2018)	SI	SI	Dosis: form to far-UVC doses (0, 0.8, 1.3 or 2.0 mJ/cm <sup>2</sup> ) generated by filtered 222-nm	SI	NA	Superficies publicas	No discrimina
Ultraviolet Light Fights New Virus( <i>Ultraviolet Light Fights New Virus</i> , n.d.)	SI	SI	Longitud de onda 207–222 nm	NO	Desinfección tradicional	Aplicado a la desinfección de los aeroplanos, aviones comerciales desinfección hospitalaria	No discrimina
Evaluation of a pulsed xenon	SI	SI	Longitud de onda 200 nm	NO	Eliminación de patógenos	Aplicado a UCIS unidades	

ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms(El Haddad et al., 2017)			lamparas de xenon UV		resistentes a métodos tradicionales de desinfección	medias de complejidad y unidades de alta complejidad desinfección hospitalaria	Todo tipo de superficie
Irradiation by a Combination of Different Peak- Wavelength Ultraviolet-Light Emitting Diodes Enhances the Inactivation of Influenza A Viruses(Kojima et al., 2020)	SI	SI	Longitud de onda : (WL) = 365, 310, 300, 290, 280, 270, and 260 nm	SI	NA	Aplicado en pruebas de laboratorio medico clínico	No discrimina

*Fuente: Elaboración propia*



Términos en español:

UV-C y enfermedades infecciosas Tabla 6

*Información extraída de artículos analizados en Español*

Nombre de artículo	Utilizaron UV-C?	Fue efectivo?	Dosis	Uso exclusivo?	Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?	Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado	Tipos de superficies donde se aplicó
La luz UVC lejana (222nm) inactiva de forma segura y eficiente el aire con coronavirus que afectan a humanos <i>(Buonanno et al. - 2020 - Far-UVC Light (222 Nm) Efficiently and Safely Inac.Pdf, n.d.)</i>	SI	SI	(2 J/cm <sup>2</sup> ) Longitud de onda: 222 nm	SI	NA	Oficinas, lugares públicos, se puede utilizar en cualquier sector	No discrimina
Eficacia en la desinfección de cepillos dentales con luz ultravioleta, gluconato de clorhexidina al 0.12% y agua destilada de niños de 5 a 12 años que asisten al área de	SI	SI	Longitud de onda utilizada menor < a 200 nm	NO	Gluconato de clorhexidina, agua destilada	Clínicas odontológicas, laboratorio clínico donde realizan el proceso de muestras	Aplicado a los cepillos dentales.

---

<p>odontopediatría de la clínica Odontológica (Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, en el periodo Mayo- agosto, 2018)</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>No registra este dato , el investigador plantea uso de Uvc únicamente</p>	<p>SI</p>	<p>NA</p>	<p>Equipos en general EPP de desinfección por patógenos contaminantes</p>	<p>Superfici es de contacto</p>
<p>Corvent Sanidis® (Evaluación de La Capacidad de Desinfección y Esterilización de Corvent Sanidis.Pdf, n.d.)</p>							
<p>Evaluación de la fotólisis UV/254 nm como tratamiento para la eliminación de Salmonella spp. en aguas de granjas porcícolas (Acosta &amp; Lorena, 2019)</p>	<p>SI</p>	<p>SI</p>	<p>fotólisis UV/254 nm</p>	<p>SI</p>	<p>NA</p>	<p>Granjas porcícolas , aguas residuales, estudios fitoquímicos del agua en fuentes hídricas</p>	<p>Estudio de aguas residuales o fuentes hídricas para el consumo</p>

---

Eficiencia del sistema depurador con tratamiento luz UV para E.coli en Tagelus dombeii "navajuela" - Bahía de Sechura (Castillo & Lizeth, 2019)	SI	SI	No registra	SI	NA	Empresa de alimentos, cadenas de frio	Paquetes esterilizados en cadena de frio que necesiten desinfección fotolítica, superficie en general
Ondas de ultrasonido y radiación ultravioleta como tratamientos para eliminar la carga microbiana (Briceño et al., 2016)	SI	SI	UVC de onda corta no registra mas datos	NO	Ondas de ultrasonido	Empresa de alimentos, distribuidores	Frutas y verduras superficies en general
Implementación de un Sistema de desinfección de agua mediante luz ultravioleta alimentado por energía solar mediante paneles fotovoltaicos en la hostería San Andrés, en el cantón Morona, provincia de	SI	SI	No registra	SI	NA	Empresas del sector hídrico, restaurantes, hoteles.	Aplicado a la desinfección del agua potable uso humano UV-C

---

Morona Santiago (Torres & Rodrigo, 2016)	SI	SI	bajas dosis de LP (12 J/cm <sup>2</sup> )	NO	Otras tecnologías emergentes	Empresa de alimentos, distribuidores, servicios alimenticios de productos cárnicos.	Frutas y verduras superficies en general
Estudio de la aplicación de luz uv pulsada y su combinación con otras tecnologías emergentes en matrices frutales (Ferrario, 2016)							
Guía de la red nacional de biobancos para el manejo de muestras humanas en investigación biomédica (Martínez et al., n.d.)	SI	SI	UV-C(20 J/cm <sup>2</sup> )	NO	Desinfectantes tradicionales	Laboratorios médicos clínicos de desarrollo microbiológico y de muestras	Desinfección de áreas en general

---

*Fuente: Elaboración propia*

Términos en inglés: UV-C AND BIOLOGICAL RISK

Tabla 7

*Información extraída de artículos analizados en inglés*

<b>Nombre de artículo</b>	<b>Utilizaron UV-C?</b>	<b>Fue efectivo?</b>	<b>Dosis</b>	<b>Uso exclusivo?</b>	<b>Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?</b>	<b>Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado</b>	<b>Tipos de superficies donde se aplicó</b>
A model for choosing an automated ultraviolet-C disinfection system and building a case for the C-suite: Two case reports (Spencer et.al. 2017)	SI	SI	NA	NO	Uso de desinfectantes a base de cloro	Ambiente hospitalario	Habitaciones, áreas comunes en dos hospitales
An environmental and health perspective for COVID-19 outbreak: Meteorology and air quality influence, sewage	NA	NA	NA	NO	Desinfectantes	Ambientes hospitalarios.	Es un artículo de opinión

epidemiology  
indicator,  
hospitals  
disinfection,  
drug therapies  
and  
recommendati  
ons (Barcelo,  
2020)

Decontaminati on of <i>Listeria</i> <i>innocua</i> from fresh-cut broccoli using UV-C applied in water or peroxyacetic acid, and dry- pulsed light (Collazo et al., 2019)	SI	SI	(0.3 and 0.5 kJ/m <sup>2</sup> )	NO	Solución acuosa con ácido peroxiacético y solución acuosa con luz pulsada	Industria alimentaria.	Brócoli fresco
Effect of ultraviolet treatment (UV-C) combined with nisin on industrialized orange juice in <i>Alicyclobacill</i> <i>us</i> <i>acidoterrestris</i> spores (Ferreira et al., 2020)	SI	SI	2.52 to 12.6 kJ/m <sup>2</sup>	NO	Niacina	Industria alimentaria	Jugo de naranja

---

Effectiveness of Ultraviolet-C Light and a High-Level Disinfection Cabinet for Decontamination of N95 Respirators (Cadnum et al. 2020)	SI	SI	NA	NO	Ácido paracético y peróxido de hidrógeno	Hospitales Cámaras de desinfección	Respiradores N95
Efficacy of an Automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection System Against Coronaviruses MHV and MERS-CoV (Bedell et al. 2016)	SI	SI	NA	SI	NA	Hospitales	Áreas y habitaciones hospitalarias
Elimination of carbapenem resistant Klebsiella pneumoniae in water by UV-C, UV-C/persulfate and UV-	SI	SI	NA	NO	Combinación de UV-C/H2O2, UV-C/Persulfato	Sistema de agua potable municipal	Aguas residuales y agua desionizada

C/H2O2.

Evaluation of response to antibiotic, residual effect of the processes and removal of resistance gene (Serna-Galvis et al., 2020)

Inactivation of three emerging viruses – severe acute respiratory syndrome coronavirus, Crimean–Congo haemorrhagic fever virus and Nipah virus – in platelet concentrates by ultraviolet C light and in plasma by methylene blue plus visible light (Eickmann et al. 2020)

SI

SI

0.2 J/cm2

NO

Azul de metileno

Banco de sangre

Concentrado de plaquetas



UVC LED Irradiation Effectively Inactivates Aerosolized Viruses, Bacteria, and Fungi in a Chamber-Type Air Disinfection System (Kim & Kang, 2018)	SI	SI	1.5 to 4.6 mJ/cm <sup>2</sup> 23 mJ/cm <sup>2</sup> 45 mJ/cm <sup>2</sup>	SI	NA	Sistema de cámara de desinfección de aire	Aerosoles
Effect of UV-A-assisted iron-based and UV-C-driven oxidation processes on organic matter and antibiotic resistance removal in tertiary treated urban wastewater (Arslan-Alaton et al., 2020)	SI	SI	0.45 W/m <sup>2</sup> a 2.0 mM HP	SI	NA	Sistema del acueducto	Aguas residuales y materia orgánica
Evaluating UV-C LED disinfection performance and	SI	SI	260 nm	SI	NA	Acueducto	Aguas residuales

---

investigating  
potential dual-  
wavelength  
synergy (Beck  
et al., 2017)

---

*Fuente: Elaboración propia*

Términos en español:

### UV-C Y RIESGO BIOLÓGICO

Tabla 8

*Información extraída de artículos analizados en español*

<b>Nombre de artículo</b>	<b>Utilizaron UV-C?</b>	<b>Fue efectivo?</b>	<b>Dosis</b>	<b>Uso exclusivo?</b>	<b>Qué otro método utilizaron si no fue exclusivo?</b>	<b>Lugares de trabajo y espacios donde fue utilizado</b>	<b>Tipos de superficies donde se aplicó</b>
Aplicación de métodos combinados para la inactivación de salmonella tiphimurium en agua de coco (Martínez Niño, 2018)	SI	SI	254 nm 1 a 5 minuto s	NO	Métodos convencionales de conservación de alimentos y aceites esenciales	Industria alimentaria.	Jugos de frutas y agua de coco
Aplicación de luz UVC para esterilizar	SI	SI	3.4095 J/cm	SI	NA	Uso de soluciones parenterales en Clínica veterinaria	Solución de dextrosa al 5 %

soluciones parenterales (Amasino et al., 2018)								solución fisiológica al 0.9 %,
Desinfección Del Efluente Secundario De La Planta De Agua Residual De Ayacucho Con Radiación Ultravioleta Para Su Reutilización En Riego Agrícola (Véliz Flores et al., 2018)	SI	SI	949 NMP / 100 m	SI	NA	Planta de agua residual		Aguas residuales
Efecto de la irradiación UV-C sobre poblaciones de Rhodotorula glutinis y vida útil de fresa (Fragaria sp.) (Calderón-Gabaldón et al., 2016)	SI	SI	3.72 kJ / m <sup>2</sup>	SI	NA	Industria agrícola	Fresas	

<p>Eficacia en la desinfección de cepillos dentales con luz ultravioleta, gluconato de clorhexidina al 0.12% y agua destilada de niños de 5 a 12 años que asisten al área de odontopediatría de la clínica Odontológica Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Urena, en el periodo mayo-agosto, 2018, Experimental, in vitro. /(Rodríguez, 2018)</p>	<p>SI</p>	<p>NO</p>	<p>NA</p>	<p>NO</p>	<p>gluconato de clorhexidina al 0.12%.</p>	<p>Clínica dentales Odontológica</p>	<p>Cepillos</p>
---	-----------	-----------	-----------	-----------	--	--------------------------------------	-----------------

Evidencias de la acción de agentes biocidas en la prevención y control de infecciones por coronavirus humanos (da Silva & García Suárez, 2020)	SI	SI	NA	SI	NA	Seres Humanos Revisión
--	----	----	----	----	----	------------------------

Luz ultravioleta lejana para inactivar superficies y aerosoles contaminados con SARS-CoV2 (Wilches Visbal & Castillo Pedraza, 2020)	SI	SI	100-280 nm	SI	NA	Ambientes diversos
---	----	----	------------	----	----	--------------------

Medidas de protección para el personal de salud durante la pandemia por COVID-19 (Guevara-López et al., 2020)	SI	SI	NA	NO	Desinfección convencional	Ambiente hospitalario, superficies, equipos
---	----	----	----	----	---------------------------	---

Sistemas de acondicionamiento de aire y ventilación como foco infeccioso de SARS CoV-2 en hospitales, clínicas e instituciones de salud (Fong-Silva et al., 2020)	SI	NA	NA	NO	Desinfección convencional	Instituciones de salud
---	----	----	----	----	---------------------------	------------------------

Recomendaciones para la selección y operación de dispositivos de desinfección UV para aire y superficies	SI	SI	NA	SI	NA	Diversos lugares	Aire y superficies
Preparado por la Asociación Internacional Ultravioleta (IUVA) (Fredes, 2020)							

---

*Fuente: Elaboración propia*

### **8.1 Discusión:**

Una vez realizada la revisión de los artículos basados en los criterios de inclusión y exclusión y los términos de búsqueda, tanto en inglés como en español, se observa que el uso de la UV-C en ambientes laborales, se ha enfocado especialmente en las instituciones de salud, y con mayor razón, en la actualidad por la actual pandemia, sin embargo, no debería ser exclusivo su uso en los ambientes laborales en las instituciones de salud, lo que se observa es que los artículos revisados, que tienen alguna relación con los ambientes laborales, en su mayoría están enfocados al sector salud. Sin embargo, se detectan usos en varios otros sectores, como el sector alimentario, agrícola, hotelero, restaurantes, cultural y de los sistemas de purificación del agua (acueductos).

La tecnología de UV-C de onda corta, por lo tanto, puede ser empleada en diferentes ámbitos laborales, para mitigar las probabilidades de contagios por diferentes cepas del virus SARS-

CoV-2. Uno de esos ámbitos más comunes dentro de las empresas, es la industria alimentaria, que bajo su normatividad a nivel mundial siempre se ha centrado en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Estas cuentan con un plan de saneamiento básico (programa de limpieza y desinfección, control de plagas y control de residuos sólidos), fundamental para su operatividad. Centrándose en el programa de limpieza y desinfección como uno de los más importantes, con el ánimo de reducir las probabilidades de contaminación del personal que elabora los alimentos. Los virus no han sido una problemática a tratar en este tipo de industria hasta el momento, sin embargo, con la pandemia generada por SARS-CoV-2, se ha convertido en algo indispensable, en este caso por una posible transmisión directa o indirecta. De acuerdo a la normatividad internacional y la colombiana mediante el decreto 3075 de 1997 del Ministerio de Salud y la resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Protección Social, se establece que las superficies de las áreas de almacenamiento, producción, distribución, deben ser lisas y que no permita la acumulación de partículas, siendo las condiciones ideales para la intervención con luz UV-C en las áreas mencionadas y así reducir la posibilidad de contagio de las personas o contaminación de los alimentos, por variados microorganismos. Es de aclarar que la UV-C se puede utilizar en todo tipo de áreas libres y superficies de empresas como demuestran los artículos de la investigación, como un refuerzo a las operaciones de limpieza y desinfección tradicionales, teniendo en cuenta las medidas de protección de uso, como la no exposición a, animales, personas, por un rango de tiempo y a una energía máxima permitida de  $240 \text{ J/ m}^2$ , según la IEC que es la comisión electrotécnica internacional y de la cual se regulan todas las características de equipamiento electrónico permitido.



Se puede analizar que en varios artículos determinan el uso de la UV-C como un método sumamente efectivo en la eliminación de patógenos virus, bacterias altamente resistentes debido a su destrucción molecular por fotólisis de ondas cercanas entre 200-240 nm, eliminando de forma eficiente casi el 99% de los patógenos, siendo en muchos casos como método utilizado exclusivamente, y en otros complementándolos con los métodos convencionales de acuerdo a evidencia en los estudios microbiológicos que se fundamentan de esta revisión, la actual pandemia que vive el planeta entero insta a presentar controles de ingeniería eficientes que fortalezcan los protocolos de bioseguridad SG-SST.

Al revisar los objetivos específicos planteados en el presente trabajo, se determinó o no su cumplimiento, según el siguiente análisis o discusión para cada objetivo:

Determinar los usos de la tecnología UV C para el control de exposición al riesgo biológico por virus: Éste objetivo se cumplió, pues una vez realizada la revisión no sistemática, se detectó que el uso de la tecnología UV-C para el control del riesgo biológico por virus y otros microorganismos, ya se venía utilizando hace algunos años en diversos campos, como en la desinfección en la industria alimentaria, o su uso como tecnología complementaria a la desinfección del agua en los acueductos, pero específicamente en el control de los virus, se encontró un uso importante a nivel hospitalario y de los bancos de sangre. Igualmente, en la actual pandemia, se ha detectado su utilidad en la desinfección de mascarillas N95 para su reutilización. Específicamente con relación a la tecnología UV-C y el control del virus del SARS-CoV-2, de los artículos analizados según los términos de búsqueda en español e inglés, 29 artículos (prácticamente el 50%) se refieren al uso de la tecnología UV-C y el control del SARS-CoV-2, algunos de los cuales la UV-C fue de uso exclusivo.

El siguiente objetivo específico planteado en el presente trabajo fue: Determinar si la tecnología UV C puede ser utilizada exclusivamente en el control de las enfermedades infecciosas por virus o como método complementario al uso de desinfectantes tradicionales, se encontró que del total de artículos analizados, 27 se utilizó la tecnología UV-C de forma exclusiva y con éxito, y un total de 29 artículos la tecnología UV-C se utilizó de forma complementaria a los desinfectantes convencionales, igualmente con resultados exitosos.

El tercer objetivo específico fue: Determinar las ventajas y desventajas de la utilización de la tecnología UV-C para el control de las enfermedades infecciosas.

Es conocido que la tecnología UV-C, es una tecnología que viene siendo utilizada hace muchos años como una forma de desinfección en diferentes ambientes y sectores económicos.

Con la actual pandemia la tecnología UV-C ha ganado una especial importancia ante la gravedad de lo que el mundo se viene enfrentando.

Con solo los antecedentes del uso de dicha tecnología en la desinfección contra diversos microorganismos, ya discutido anteriormente, se deduce su gran valor en el control del actual SARS-CoV-2, confirmado con los hallazgos de los artículos donde la tecnología UV-C fue exitosa en la desactivación del virus SARS-Cov-2. Esto se traduce en una importante ventaja por ser una tecnología ya previamente conocida y utilizada con éxito en el control de diversos microorganismos.

Como desventaja, la UV-C, es una luz ultravioleta de onda corta, que su manejo requiere de manos expertas y su uso se limita a aplicarse en superficies y el aire, pero no directamente en las personas, lo que limita su uso. Ésta situación se ha venido resolviendo con el uso de la luz ultravioleta lejana, la cual, si se puede aplicar directamente en los seres vivos, sin afectarlos, por lo se puede considerar que existe un futuro prometedor con el uso de este tipo de tecnología, al lograr una sinergia con otras tecnologías de vanguardia logrando obtener mecanismos autónomos de dispersión de la UV-C en espacios cerrados, generando una futura ventaja.

Una desventaja clara es que la luz UV-C técnicamente no desinfecta a donde su onda no llega, es decir que en donde se generen sombras por objetos no removibles, superficies sucias (polvo, partículas, y demás), esta técnica no sería eficiente, por lo que siempre se debe considerar una desinfección convencional previa.

El último objetivo fue el de: Proponer algunas recomendaciones para el uso de la tecnología UV C en los espacios de trabajo, como medida de desinfección complementaria o exclusiva para el control de riesgo biológico por SARS-CoV-2. Éste análisis se desarrollará más adelante en el tema de recomendaciones.

## **9. Conclusiones:**

Al revisar las diferentes publicaciones encontradas en las distintas bases de datos de acuerdo a los criterios de búsqueda establecidos, se observa que la desinfección con UV-C no es un método de desinfección, en algunas ocasiones (27 artículos del total del universo estudiado, 60 artículos), exclusivo, sino como un complemento a las técnicas tradicionales de limpieza y desinfección, debido a que se presentan sombras por objetos que impiden que ésta luz UV, actúe en lugares

lejanos a la fuente, por rugosidades de las superficies, adicionalmente el tiempo de exposición también afecta la eliminación del virus (CoV 2). La luz UV-C desde varias décadas se viene utilizando para la desinfección en diferentes ámbitos del ser humano, pero es más efectiva para superficies lisas y líquidos transparentes. Aunque es simple decir que así la UV-C no elimine totalmente al virus SARS CoV 2, si reduce el número total de este y así mismo como su riesgo de transmisión.

Se han diseñado robots autónomos que exponen en menor medida a los seres humanos a la UV-C, pero también presentan estas limitaciones como subir escaleras, pisos con grietas y desniveles, etc.

Igualmente se observa que, si existe evidencia directa, aunque aún escasa, de la eficacia en la desinfección con UV-C en diversos ambientes, que, en lo laboral, los trabajos revisados se centran más en las instituciones de salud. Pero igualmente, de forma indirecta, existe evidencia de la desinfección y control de microorganismos por UV-C, entre los cuales se encuentran los virus como los coronavirus, adenovirus y otros, como también es muy eficiente en el control de bacteria y hongos.

La tecnología UV-C, por lo tanto, se convierte en una herramienta de enorme importancia, complementaria o exclusiva, en el control de los contagios por diversos microorganismos, como las bacterias, los hongos y los virus, incluyendo el SARS-CoV-2.

Se concluye, entonces, que si existe suficiente evidencia de que la tecnología UV-C es útil en el control del contagio por SARS-CoV-2.

## **10. Recomendaciones:**

Una vez analizada las evidencias encontradas con ésta revisión no sistemática, es recomendable que, a nivel de las empresas, no únicamente a nivel de las instituciones de salud, se implementen sistemas de desinfección por UV-C, sin dejar de lado la desinfección convencional y las otras medidas preventivas como el distanciamiento social y el lavado de manos, como medidas para el control del contagio por el SARS-CoV-2.

Lógicamente, dependiendo del tipo de empresa, se debe analizar inicialmente las ventajas y desventajas de utilizar éste tipo de tecnología y es mandatorio que la empresa realice, antes de todo, una evaluación de la gestión del riesgo al contagio por el SARS-CoV-2, basado en metodologías ya desarrolladas, entre las que se puede citar el “PROTOCOLO EVALUACION DE RIESGOS LABORALES FRENTE AL NUEVO CORONAVIRUS (SARS-COV-2) Método de Evaluación Semicuantitativa” (*PROTOCOLO-EVALUACION-DE-RIESGO-EXPOSICION-CORONAVIRUS-2020-Rev-Pdf.Pdf*, n.d.) y el documento Colombiano basado en el anterior, que es español, llamado “HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN SEMICUANTITATIVA DE RIESGOS LABORALES FRENTE AL NUEVO CORONAVIRUS (SARS-CoV-2)” (Covid, n.d.).

Igualmente, se recomienda que basado en la actual revisión, se profundice en la aplicación de ésta tecnología, que no es nueva, pero puede ser una herramienta complementaria al combate de las enfermedades infecciosas, no solo a nivel laboral, sino en todo tipo de ambientes. También es prometedora el uso de la UV-C lejana, por ser muy eficiente en el proceso de desinfección y con la ventaja de no producir los daños a los seres humanos, que produce la UV-C de onda corta.

De acuerdo a las bases analizadas en la cual el uso de la tecnología UV-C por fotólisis es ampliamente utilizada en todo tipo de sectores laborales para la eliminación de patógenos activos virus y bacterias por exposición. Máximo de irradiación de longitud de onda desde los 254 nm, con una energía de exposición de 60 J/m<sup>2</sup>, y se puede dar cuenta con la investigación que a 222 nm el límite Máximo de los estudios encontrados de efectividad es en el orden de los 240 J/m<sup>2</sup>, donde puede existir un riesgo potencial por uso, a esta escala por lo tanto se recomienda que el uso de la tecnología UV-C se realice por personal idóneo con correctas medidas de seguridad y sin presencia alguna de organismos vivos o seres humanos presente en las áreas de desinfección, los porcentajes de eliminación de SARS CoV-2 han sido hasta del 99% de efectividad en condiciones controladas, al igual que el de la GRIPE H1N1 en virus, bacterias o adenovirus resistentes, por lo tanto como se establece en la relación costo beneficio es un sistema efectivo para la eliminación de SARS CoV-2 en los ambientes laborales, con sus correspondientes medidas de protección de uso médico e ingenieril;

1. No se recomienda esta tecnología para uso directo con personas animales u otros organismos vivos porque pueden presentar riesgo de cáncer u daño en las retinas oculares.
2. Se recomienda el uso únicamente en áreas, objetos inertes, por exposición determinada con base a la relación de energía y tiempo de irradiación calculo estimado en Jules x metro cuadrado a irradiar (que garantice la desinfección óptima).
3. Los equipos a utilizar deben estar temporizados con sistemas de apagado automático es decir al percibir un movimiento lejano la luz se debe apagar

4. Esta tecnología debe adquirirse con personal especializado siguiendo todas las recomendaciones de uso de los equipos manual de fabricante, mantenimiento, tiempo de vida útil.

### **11. Análisis costo- beneficio**

Costos: En este proyecto de investigación el cual consta de una revisión no sistemática del uso de la ultravioleta visible de onda corta (UV-C) enfocada a las áreas de trabajo, la relación de costo beneficio se estima en recursos humanos detallados en el cronograma de fases de actividades en relación a los investigadores y/o cantidad de personas la cual consta de 3 investigadores sobre: el tiempo de trabajo ejecutado promedio de 8 horas semanales.

Instalaciones: oficinas dentro de sitio de residencia.

Recursos físicos: equipo de cómputo, internet, electricidad.

Beneficios: Con base a la normatividad establecida para el control de mitigación de riesgos profesionales en este caso riesgo biológico se puede citar los siguientes que se desprenden del sistema de seguridad y salud en el trabajo , el decreto 1072 de 2015 ,la norma OHSAS 18001 norma para controlar la seguridad y salud en el trabajo se puede eliminar, sustituir, controlar la ingeniería, advertencias, controles administrativos y equipos de protección del personal, al igual que la ISO 45001 numeral 8.1.2 eliminar peligros y reducir riesgos para la SST, las empresas deben garantizar los protocolos de bioseguridad centrándose en especial en la evidencia en la aplicación de la UV-C en las superficies de trabajo para el control y prevención del contagio por SARS-CoV-2 y de la cual la investigación pretende generar su aplicación en el fortalecimiento de los protocolos de bioseguridad de todas las empresas como parte integral de su SGSST, al ser

una tecnología más limpia sin residuos químicos y de unos costos inferiores a los utilizados tradicionalmente, logrando determinar la viabilidad y la importancia del proyecto.

Beneficios económicos : los beneficios económicos del proyecto consta desde el punto de vista económico cumpliendo con la normatividad descrita anteriormente y desde el punto de vista social y humano en el conocimiento establecido para la implementación de estos sistemas dentro de las empresas como un control de ingeniería efectivo en la cual se determina que el uso de la UVC para ambientes laborales es idóneo como método complementario en la lucha mundial contra el COVID-19, al ser un método mucho más económico que los tradicionales, y no presentar residuos químicos y contaminación medioambiental cumpliendo con la ISO 14001 en ambientes más seguros, norma OSHAS 18001 como controles de ingeniería indispensables para el control biológico para ambientes más seguros dentro del SG-SST.

Multas económicas: El incumplimiento de la normatividad enfocado al riesgo biológico de este proyecto puede ocasionar posibles multas establecidas por el ministerio de trabajo dentro del decreto 472 de 2015 que fue subrogado por el capítulo 2.2.4.11 del Decreto 1072 de 2015, por lo anterior, la normatividad vigente en Colombia para establecer multas y sanciones por incumplimiento de las normas en seguridad y salud en el trabajo es el Decreto 1072 de 2015, artículos 2.2.4.11.1 al 2.2.4.11.13. Como se había anotado, la imposición de las multas depende del tamaño de la empresa, hasta el cierre definitivo de la misma.

Microempresa:

- *Por incumplimiento de las normas de salud ocupacional: de 1 a 5 SMMLV*



Mediana empresa:

- *Por incumplimiento de las normas de salud ocupacional: de 21 a 100 SMMLV*

Gran empresa:

- *Por incumplimiento de las normas de salud ocupacional: de 101 a 500 SMMLV*

Sin embargo, tanto los inspectores de trabajo, como los directores de Oficinas Especiales y la Unidad de Investigaciones Especiales, pueden ordenar Planes de Mejoramiento para la empresa. En este caso riesgo biológico por SARS CoV 2 depende de las medidas correctivas que se lleven al tanto de la organización y que conlleve para superar situaciones irregulares en materia de seguridad y salud en el trabajo.

## **12. Lista de referencias:**

Acosta, V., & Lorena, C. (2019). *Evaluación de la fotólisis UV/254 nm como tratamiento para la eliminación de Salmonella spp. En aguas de granjas porcícolas.*

<http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/43169>

Amasino, A. J., Fernández Blanco, M., Miranda, R., Olivera, D., & Coll Cárdenas, F. (2018).

*Aplicación de luz UVC para esterilizar soluciones parenterales. Application of UVC Light to Sterilize Parenteral Solutions., 20(2), 13–25. <https://doi.org/10.19137/cienvet-201820201>*

Andreatta, A. E., Pettiti, J. P., Mercol, C. del V., & Fernandez, C. B. (2020). *Jornadas de*

*Ciencia y Tecnología 2020 “50 aniversario” de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco: 23 y 24 de Septiembre de 2020. UTN.*

<http://ria.utn.edu.ar/xmlui/handle/20.500.12272/4555>

- Arslan-Alaton, I., Karatas, A., Pehlivan, Ö., Koba Uçun, O., & Ölmez-Hancı, T. (2020). Effect of UV-A-assisted iron-based and UV-C-driven oxidation processes on organic matter and antibiotic resistance removal in tertiary treated urban wastewater. *Catalysis Today*, S0920586120300961. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.02.037>
- Barcelo, D. (2020). An environmental and health perspective for COVID-19 outbreak: Meteorology and air quality influence, sewage epidemiology indicator, hospitals disinfection, drug therapies and recommendations. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(4), 104006. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104006>
- Beck, S. E., Ryu, H., Boczek, L. A., Cashdollar, J. L., Jeanis, K. M., Rosenblum, J. S., Lawal, O. R., & Linden, K. G. (2017). Evaluating UV-C LED disinfection performance and investigating potential dual-wavelength synergy. *Water Research*, 109, 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.024>
- Bedell, K., Buchaklian, A. H., & Perlman, S. (2016a). Efficacy of an Automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection System Against Coronaviruses MHV and MERS-CoV. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 37(5), 598–599. <https://doi.org/10.1017/ice.2015.348>
- Bhasin, A., Vinod, V., Bhasin, V., Mathew, X., Sajjan, S., & Ahmed, S. T. (2013). Evaluation of Effectiveness of Microwave Irradiation for Disinfection of Silicone Elastomeric Impression Material. *The Journal of the Indian Prosthodontic Society*, 13(2), 89–94. <https://doi.org/10.1007/s13191-012-0230-x>
- Boyce, J. M., Farrel, P. A., Towle, D., Fekieta, R., & Aniskiewicz, M. (2016a). Impact of Room Location on UV-C Irradiance and UV-C Dosage and Antimicrobial Effect Delivered by a

- Mobile UV-C Light Device. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 37(6), 667–672.  
<https://doi.org/10.1017/ice.2016.35>
- Briceño, P. G. D., López, L. C. C., Gutiérrez, C., Ortiz, B. A. P., García, H. G. M., & Campos, D. Y. G. (2016). Ondas de ultrasonido y radiación ultravioleta como tratamientos para eliminar la carga microbiana. *Tecnoacademia: Revista de divulgación juvenil*, 1(1), 94–101.
- Buonanno et al. - 2020—*Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates*.pdf. (n.d.). Retrieved November 29, 2020, from  
<https://especialidades.sld.cu/histologia/files/2020/07/Documento-139.pdf>
- Cadnum, J. L., Li, D., Redmond, S. N., John, A. R., Pearlmutter, B., & Donskey, C. (2020a). Effectiveness of Ultraviolet-C Light and a High-Level Disinfection Cabinet for Decontamination of N95 Respirators. *Pathogens and Immunity*, 5(1), 52–67.  
<https://doi.org/10.20411/pai.v5i1.372>
- Calderón-Gabaldón, M., Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., & Rosales-Oballos, Y. (2016). EFECTO DE LA IRRADIACIÓN UV-C SOBRE POBLACIONES DE *Rhodotorula glutinis* Y VIDA ÚTIL DE FRESA (*Fragaria* sp.). *EFFECT OF THE UV-C IRRADIATION ON Rhodotorula Glutinis AND SHELF LIFE EXTENSION OF STRAWBERRIES (Fragaria Sp.)*, 23, S145–S146.
- Carballal, G., & Oubiña, J. R. (2015). *Virología médica*.
- Castillo, V., & Lizeth, E. (2019). Eficiencia del sistema depurador con tratamiento luz UV para *E.coli* en *Tagelus dombeii* “navajuela”—Bahía de Sechura. *Universidad Nacional de Piura / UNP*. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1827>

*Chitra Ultraviolet-C-Based Facemask Disposal Bin*. (n.d.). Retrieved November 4, 2020, from

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7302499/>

Cho, K. H., Tryon, R. G., & Kim, J.-H. (2020). Screening for Diguanylate Cyclase (DGC)

Inhibitors Mitigating Bacterial Biofilm Formation. *Frontiers in Chemistry*, 8.

<https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00264>

Collazo, C., Charles, F., Aguiló-Aguayo, I., Marín-Sáez, J., Lafarga, T., Abadías, M., & Viñas, I.

(2019). Decontamination of *Listeria innocua* from fresh-cut broccoli using UV-C applied in water or peroxyacetic acid, and dry-pulsed light. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.02.004>

*Technologies*, 52, 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.02.004>

*Coronavirus (CoV) GLOBAL*. (n.d.). Retrieved June 12, 2020, from

<https://www.who.int/es/health-topics/maternal-health>

Correa, M., Mera, S., Guacho, F., Villarreal, E., & Valencia, S. (2020). Desinfección mediante el

uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la

COVID-19. *Minerva*, 1(2), 46–53. <https://doi.org/10.47460/minerva.v1i2.11>

Covid, P.-. (n.d.). *HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN SEMICUANTITATIVA DE*

*RIESGOS LABORALES FRENTE AL NUEVO CORONAVIRUS (SARS-CoV-2)*. 30.

*COVID-19 in indoor environments—Air and surface disinfection measures Oct 2020 update.pdf*.

(n.d.). Retrieved November 4, 2020, from [https://ncceh.ca/sites/default/files/COVID-](https://ncceh.ca/sites/default/files/COVID-19%20in%20indoor%20environments%20%E2%80%94%20Air%20and%20surface%20disinfection%20measures%20Oct%202020%20update.pdf)

[19%20in%20indoor%20environments%20%E2%80%94%20Air%20and%20surface%20](https://ncceh.ca/sites/default/files/COVID-19%20in%20indoor%20environments%20%E2%80%94%20Air%20and%20surface%20disinfection%20measures%20Oct%202020%20update.pdf)

[disinfection%20measures%20Oct%202020%20update.pdf](https://ncceh.ca/sites/default/files/COVID-19%20in%20indoor%20environments%20%E2%80%94%20Air%20and%20surface%20disinfection%20measures%20Oct%202020%20update.pdf)

da Silva, D. P., & García Suárez, J. A. (2020). Evidencias de la acción de agentes biocidas en la prevención y control de infecciones por coronavirus humanos. *Revista Cubana de Enfermería*, 36, 1–19.

*Deactivation of SARS-CoV-2 with pulsed-xenon ultraviolet light: Implications for environmental*

*COVID-19 control | Infection Control & Hospital Epidemiology | Cambridge Core.*

(n.d.). Retrieved November 8, 2020, from

<https://www.cambridge.org/core/journals/infection-control-and-hospital-epidemiology/article/deactivation-of-sarscov2-with-pulsed-xenon-ultraviolet-implications-for-environmental-covid19-control/AD5CF52419E27E86E0114059FBA78D4C>

Derraik, J. G. B., Anderson, W. A., Connelly, E. A., & Anderson, Y. C. (2020). Rapid evidence summary on SARS-CoV-2 survivorship and disinfection, and a reusable PPE protocol using a double-hit process. *MedRxiv*, 2020.04.02.20051409.

<https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20051409>

*Desinfeccion por Luz Ultravioletaa—NyF De Colombia.* (n.d.). NyF de Colombia. Retrieved June 11, 2020, from <https://www.nyfdecolombia.com/uv/esterilizacion-desinfeccion-ultravioleta>

*Determinación del tamaño muestral.* (n.d.). Retrieved October 16, 2020, from

<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>

Dexter, F., Parra, M. C., Brown, J. R., & Loftus, R. W. (2020). Perioperative COVID-19 Defense: An Evidence-Based Approach for Optimization of Infection Control and

Operating Room Management. *Anesthesia and Analgesia*.

<https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004829>

Eickmann, M., Gravemann, U., Handke, W., Tolksdorf, F., Reichenberg, S., Müller, T. H., & Seltsam, A. (2020a). Inactivation of three emerging viruses – severe acute respiratory syndrome coronavirus, Crimean–Congo haemorrhagic fever virus and Nipah virus – in platelet concentrates by ultraviolet C light and in plasma by methylene blue plus visible light. *Vox Sanguinis*, *115*(3), 146–151. Academic Search Complete.

El Haddad, L., Ghantouji, S. S., Stibich, M., Fleming, J. B., Segal, C., Ware, K. M., & Chemaly, R. F. (2017). Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms. *BMC Infectious Diseases*, *17*(1), 672.

<https://doi.org/10.1186/s12879-017-2792-z>

Elgujja, A., Altalhi, Ha. H., & Ezreqat, S. (n.d.-a). Review of the Efficacy of UVC for Surface Decontamination. *Preprints.Org*. Retrieved September 5, 2020, from [https://www.academia.edu/40197577/Review\\_of\\_the\\_Efficacy\\_of\\_UVC\\_for\\_Surface\\_Decontamination](https://www.academia.edu/40197577/Review_of_the_Efficacy_of_UVC_for_Surface_Decontamination)

*Evaluación de la capacidad de desinfección y esterilización de Corvent Sanidis.pdf*. (n.d.).

Retrieved November 8, 2020, from

<http://www.corvent.es/pdf/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20capacidad%20de%20desinfecci%C3%B3n%20y%20esterilizaci%C3%B3n%20de%20Corvent%20Sanidis.pdf>

Ferrario, M. I. (2016). *Estudio de la aplicación de luz UV pulsada y su combinación con otras tecnologías emergentes en matrices frutales* [Tesis Doctoral, Universidad de Buenos

Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales].

[http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n5935\\_Ferrario](http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5935_Ferrario)

Ferreira, T. V., Mizuta, A. G., Menezes, J. L. de, Dutra, T. V., Bonin, E., Castro, J. C., Szczerepa, M. M. dos A., Pilau, E. J., Nakamura, C. V., Mikcha, J. M. G., & Abreu Filho, B. A. de. (2020). Effect of ultraviolet treatment (UV–C) combined with nisin on industrialized orange juice in *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores. *LWT*, *133*, 109911. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109911>

*Fight Against COVID-19: ARCI's Technologies for Disinfection*. (n.d.). Retrieved November 4, 2020, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7358699/>

Fisher, E. M., & Shaffer, R. E. (2011a). A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering facepiece respirators. *Journal of Applied Microbiology*, *110*(1), 287–295. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04881.x>

Fong-Silva, W., Severiche-Sierra, C., & Fong-Amarís, W. (2020). Sistemas de acondicionamiento de aire y ventilación como foco infeccioso de SARS CoV-2 en hospitales, clínicas e instituciones de salud. *IPSA SCIENTIA: Revista Científica Multidisciplinaria*, *5*(1), 28–35.

Fredes, P. (2020). *Recomendaciones para la selección y operación de dispositivos de desinfección UV para aire y superficies Preparado por la Asociación Internacional Ultravioleta (IUVA)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21622.75849>

García de Abajo, F. J., Hernández, R. J., Kaminer, I., Meyerhans, A., Rosell-Llompart, J., & Sanchez-Elsner, T. (2020a). Back to Normal: An Old Physics Route to Reduce SARS-

CoV-2 Transmission in Indoor Spaces. *ACS Nano*, 14(7), 7704–7713.

<https://doi.org/10.1021/acsnano.0c04596>

*Germicida Ultravioleta GUV. Preguntas Frecuentes.* (n.d.). Retrieved November 4, 2020, from

[https://www.nyfdecolombia.com/uv/covid-19%20\(1\).en.es.pdf](https://www.nyfdecolombia.com/uv/covid-19%20(1).en.es.pdf)

Guevara-López, U. M., Herrera-Lugo, K. G., Vásquez-Garzón, V. R., Robles-Rodríguez, P. V.,

Elizarrarás-Cruz, J. D., Cruz-Ruiz, N. G., & Elizarrarás-Rivas, J. (2020). Medidas de

protección para el personal de salud durante la pandemia por COVID-19. *Revista*

*Mexicana de Anestesiología*, 43(4), 315–324. <https://doi.org/10.35366/94945>

Hadi, J., Dunowska, M., Wu, S., & Brightwell, G. (2020). Control Measures for SARS-CoV-2:

A Review on Light-Based Inactivation of Single-Stranded RNA Viruses. *Pathogens*,

9(9), 737. <https://doi.org/10.3390/pathogens9090737>

Heilingloh, C. S., Aufderhorst, U. W., Schipper, L., Dittmer, U., Witzke, O., Yang, D., Zheng,

X., Sutter, K., Trilling, M., Alt, M., Steinmann, E., & Krawczyk, A. (2020).

Susceptibility of SARS-CoV-2 to UV irradiation. *American Journal of Infection Control*,

48(10), 1273–1275. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.07.031>

*Informe-tecnico-Coronavirus.pdf.* (n.d.-a). Retrieved June 12, 2020, from

<https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud->

[publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Documents/Informe-tecnico-Coronavirus.pdf](https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/Asesoramiento-salud-publica/infeccion-coronavirus-2019-nCoV/Documents/Informe-tecnico-Coronavirus.pdf)

Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on

inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital*

*Infection*, 104(3), 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>



- Keil, S. D., Bowen, R., & Marschner, S. (2016a). Inactivation of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) in plasma products using a riboflavin-based and ultraviolet light-based photochemical treatment. *Transfusion*, 56(12), 2948–2952. Academic Search Complete.
- Kim, D.-K., & Kang, D.-H. (2018). UVC LED Irradiation Effectively Inactivates Aerosolized Viruses, Bacteria, and Fungi in a Chamber-Type Air Disinfection System. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(17). <https://doi.org/10.1128/AEM.00944-18>
- Kitagawa, H., Nomura, T., Nazmul, T., Omori, K., Shigemoto, N., Sakaguchi, T., & Ohge, H. (2020). Effectiveness of 222-nm ultraviolet light on disinfecting SARS-CoV-2 surface contamination. *American Journal of Infection Control*. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.08.022>
- Kojima, M., Mawatari, K., Emoto, T., Nishisaka-Nonaka, R., Bui, T. K. N., Shimohata, T., Uebanso, T., Akutagawa, M., Kinouchi, Y., Wada, T., Okamoto, M., Ito, H., Tojo, K., Daidoji, T., Nakaya, T., & Takahashi, A. (2020). Irradiation by a Combination of Different Peak-Wavelength Ultraviolet-Light Emitting Diodes Enhances the Inactivation of Influenza A Viruses. *Microorganisms*, 8(7), 1014. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8071014>
- La Asociación Internacional Ultravioleta avala uso de la tecnología UV contra el COVID-19 / Iluminet revista de iluminación.* (2020, April 1). <https://www.iluminet.com/datos-desinfeccion-uv-covid-19/>
- Lecam, M. S. (n.d.-a). *Estudio de la radiación UV-C como método de desinfección de ambientes y superficies con enfoque en la prevención del contagio de COVID-19*. Retrieved

November 4, 2020, from

[https://www.academia.edu/42656847/Estudio\\_de\\_la\\_radiaci%C3%B3n\\_UV\\_C\\_como\\_m%C3%A9todo\\_de\\_desinfecci%C3%B3n\\_de\\_ambientes\\_y\\_superficies\\_con\\_enfoque\\_en\\_la\\_preveni%C3%B3n\\_del\\_contagio\\_de\\_COVID\\_19](https://www.academia.edu/42656847/Estudio_de_la_radiaci%C3%B3n_UV_C_como_m%C3%A9todo_de_desinfecci%C3%B3n_de_ambientes_y_superficies_con_enfoque_en_la_preveni%C3%B3n_del_contagio_de_COVID_19)

*Limpieza y Desinfección en Servicios de Salud ante la introducción del Nuevo Coronavirus*

(SARS-CoV-2) a Colombia. (n.d.). Retrieved June 9, 2020, from

<https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GIPS07.pdf>

Lundén, J., Autio, T., Markkula, A., Hellström, S., & Korkeala, H. (2003). Adaptive and cross-adaptive responses of persistent and non-persistent *Listeria monocytogenes* strains to disinfectants. *International Journal of Food Microbiology*, 82(3), 265–272.

[https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(02\)00312-4](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(02)00312-4)

*Luz ultravioleta contra los virus.* (2019, August 1). [www.nationalgeographic.com.es](http://www.nationalgeographic.com.es).

[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/bombillascontra-virus\\_14403](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/bombillascontra-virus_14403)

*Luz ultravioleta para prevenir la propagación de COVID-19 | Iluminet revista de iluminación.*

(2020, March 26). <https://www.iluminet.com/luz-ultravioleta-covid-19/>

M, T.-M., A, D., K, B., M, B., & K, P. (2020). Air disinfection procedures in the dental office during the COVID-19 pandemic. *Medycyna Pracy*.

<https://doi.org/10.13075/mp.5893.01005>

Malik, Y. A. (2020a). Properties of Coronavirus and SARS-CoV-2. *The Malaysian Journal of Pathology*, 42(1), 3–11.

Martinelli, M., Giovannangeli, F., Rotunno, S., Trombetta, C. M., & Montomoli, E. (2017).

Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene*, 58(1), E48–E52.

Martínez Niño, A. (2018). *Aplicación de métodos combinados para la inactivación de*

*Salmonella Typhimurium en agua de coco (Cocos Nucifera L.)*.

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8368>

Martínez, T. E., Cebamanos, M. A. F., Rodríguez, M. F. F., Millán, L. G., & Santamaría, J. M.

(n.d.). *RECOMENDACIONES ANTE LA PANDEMIA DE COVID-19. 01*, 19.

Maza-Solano, J. M., Plaza-Mayor, G., Jiménez-Luna, A., Parente-Arias, P., & Amor-Dorado, J.

C. (2020). “Estrategias para la práctica de la otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello durante la fase de control de la COVID-19.” *Acta Otorrinolaringológica Española*. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2020.05.001>

McDevitt, J. J., Rudnick, S. N., & Radonovich, L. J. (2012a). Aerosol Susceptibility of Influenza

Virus to UV-C Light. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(6), 1666–1669.

<https://doi.org/10.1128/AEM.06960-11>

Meghashri, K., Kumar, P., Prasad, D. K., & Hegde, R. (2014). Evaluation and Comparison of

High-Level Microwave Oven Disinfection with Chemical Disinfection of Dental Gypsum Casts. *Journal of International Oral Health : JIOH*, 6(3), 56–60.

Miriam, Z.-T., Febres, F., Briones, N., & Cuenca León, K. (2020). Luz ultravioleta para

desinfección en áreas de salud, frente al covid-19. Revisión de literatura. *Odontología Activa Revista Científica*, 5, 107–114. <https://doi.org/10.31984/oactiva.v5i3.501>

- Moore, G., Ali, S., Cloutman-Green, E. A., Bradley, C. R., Wilkinson, M. A. C., Hartley, J. C., Fraise, A. P., & Wilson, A. P. R. (2012a). Use of UV-C radiation to disinfect non-critical patient care items: A laboratory assessment of the Nanoclave Cabinet. *BMC Infectious Diseases*, *12*(1), 174–182. Academic Search Complete.
- Morawska, L., Tang, J. W., Bahnfleth, W., Bluyssen, 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? *Environment International*, *142*, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105832>
- Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*. (n.d.). Retrieved September 21, 2020, from <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>
- Prieto, M. (2017, March 19). Lámparas UV-C: ¿puede algo que mata bacterias y virus ser dañino también para la salud de las personas? *Smart Lighting*. <https://smart-lighting.es/lamparas-uv-c-salud-personas/>
- PROTOCOLO-EVALUACION-DE-RIESGO-EXPOSICION-CORONAVIRUS-2020-rev-pdf.pdf*. (n.d.). Retrieved November 27, 2020, from <http://www.cgpsst.net/wp-content/uploads/2020/04/PROTOCOLO-EVALUACION-DE-RIESGO-EXPOSICION-CORONAVIRUS-2020-rev-pdf.pdf>
- Rapid and complete inactivation of SARS-CoV-2 by ultraviolet-C irradiation*. (2020). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-65742/v1>

Redacción. (2020a, May 12). Qué es la luz UVC que se utiliza en algunos países para eliminar el coronavirus de superficies (y qué riesgos conlleva). *BBC News Mundo*.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-52626354>

Redacción. (2020b, August 3). El mapa que muestra el número de infectados y muertos en el mundo por el nuevo coronavirus. *BBC News Mundo*.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-51705060>

*RESOLUCIÓN 2674 DE 2013—Invima—Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos*. (n.d.). Retrieved June 9, 2020, from

<https://paginaweb.invima.gov.co/resoluciones-en-alimentos/resolucion-2674-2013-pdf/detail.html>

Rodríguez, K. (2018). *Eficacia en la desinfección de cepillos dentales con luz ultravioleta, gluconato de clorhexidina al 0.12% y agua destilada de niños de 5 a 12 años que asisten al área de odontopediatría de la clínica Odontológica Dr. René Puig Bentz de la Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, en el periodo mayo-agosto, 2018, Experimental, in vitro*. /. <https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/1136>

Röhm-Rodowald, E., Jakimiak, B., Chojecka, A., Wiercińska, O., Ziemia, B., & Kanclerski, K. (2013). Recommendations for thermal disinfection based on the A0 concept according to EN ISO 15883. *Przegląd Epidemiologiczny*, 67(4), 687–690, 769–772.

Rutala, W. A. (2008). *Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2008*. 163.

SA, I. (n.d.). *La función de las lámparas UV-C como germicida en instalaciones de HVAC*.

Retrieved September 21, 2020, from <http://www.ingeniarg.com/blog/24-la-funcion-de-las-lamparas-uv-c-como-germicida-en-instalaciones-de-hvac>

Serna-Galvis, E. A., Salazar-Ospina, L., Jiménez, J. N., Pino, N. J., & Torres-Palma, R. A.

(2020). Elimination of carbapenem resistant *Klebsiella pneumoniae* in water by UV-C, UV-C/persulfate and UV-C/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Evaluation of response to antibiotic, residual effect of the processes and removal of resistance gene. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(1), 102196. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.004>

Silva, D. P. da, & Suárez, J. A. G. (2020). Evidencias de la acción de agentes biocidas en la prevención y control de infecciones por coronavirus humanos. *Revista Cubana de Enfermería*, 36(0), Article 0.

<http://www.revenfermeria.sld.cu/index.php/enf/article/view/3886>

SOMMERS, C. H., SITES, J. E., & MUSGROVE, M. (2010a). ULTRAVIOLET LIGHT (254 NM) INACTIVATION OF PATHOGENS ON FOODS AND STAINLESS STEEL SURFACES. *Journal of Food Safety*, 30(2), 470–479. Academic Search Complete.

Spencer, M., Vignari, M., Bryce, E., Johnson, H. B., Fauerbach, L., & Graham, D. (2017a). 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*, 45(3), 288–292. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2016.11.016>

Takada, A., Matsushita, K., Horioka, S., Furuichi, Y., & Sumi, Y. (2017). Bactericidal effects of 310 nm ultraviolet light-emitting diode irradiation on oral bacteria. *BMC Oral Health*, 17(1), 96. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0382-5>

Torres, L., & Rodrigo, A. (2016). *Implementación de un sistema de desinfección de agua mediante luz ultravioleta alimentado por energía solar mediante paneles fotovoltaicos en la hostería San Andrés, en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago*.  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15195>

*Ultraviolet Light Fights New Virus*. (n.d.). Retrieved November 8, 2020, from  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7319933/>

*UNE-EN ISO 15858:2017 Dispositivos UV-C. Información sobre seg...* (n.d.). Retrieved June 13, 2020, from <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0058467>

Véliz Flores, R. R., Aronés Medina, E. G., Palomino Malpartida, Y. G., & Huincho Rodríguez, R. (2018). Desinfección Del Efluente Secundario De La Planta De Agua Residual De Ayacucho Con Radiación Ultravioleta Para Su Reutilización En Riego Agrícola.  
*DISINFECTION OF SECONDARY EFFLUENT FROM WASTE WATER PLANT IN AYACUCHO BY UV RADIATION FOR AGRICULTURAL IRRIGATION REUSE.*, 84(1), 41–56. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i1.164>

*Vignoli—33 Esterilización, desinfección y antisepsia.pdf*. (n.d.). Retrieved June 10, 2020, from <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/esterilizacionydesinfeccion.pdf>

Villacís, J. E., Lopez, M., Passey, D., Santillán, M. H., Verdezoto, G., Trujillo, F., Paredes, G., Alarcón, C., Horvath, R., & Stibich, M. (2019). Efficacy of pulsed-xenon ultraviolet light for disinfection of high-touch surfaces in an Ecuadorian hospital. *BMC Infectious Diseases*, 19(1), 575. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4200-3>

Virología. (2020). In *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Virolog%C3%ADa&oldid=126496242>

*Virología médica | Harrison. Principios de Medicina Interna, 19e | AccessMedicina | McGraw-Hill Medical*. (n.d.-a). Retrieved June 8, 2020, from

<https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1717&sectionid=11492311>

1

*Virología Médica—Carballal—Pdf Docer.com.ar*. (n.d.). Docer.com.ar. Retrieved October 16, 2020, from <https://docer.com.ar/doc/x88e8n>

Walker, C. M., & Ko, G. (2007a). Effect of ultraviolet germicidal irradiation on viral aerosols. *Environmental Science & Technology*, *41*(15), 5460–5465.

<https://doi.org/10.1021/es070056u>

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*, *8*(1), 2752.

<https://doi.org/10.1038/s41598-018-21058-w>

Wilches Visbal, J. H., & Castillo Pedraza, M. C. (2020). Luz ultravioleta lejana para inactivar superficies y aerosoles contaminados con SARS-CoV2. *Hacia La Promoción de La Salud*, *25*(2), 24–26. <https://doi.org/10.17151/hpsal.2020.25.2.5>

Yu, T., Jiang, X., Zhang, Y., Ji, S., Gao, W., & Shi, L. (2018). Effect of Benzalkonium Chloride Adaptation on Sensitivity to Antimicrobial Agents and Tolerance to Environmental Stresses in *Listeria monocytogenes*. *Frontiers in Microbiology*, *9*, 2906.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02906>



Zapata-Herrera, A. F., & Moreno-Correa, S. M. (2020). El uso de la luz ultravioleta para controlar la transmisión del virus SARS-CoV-2 en medios hospitalarios. *Salutem Scientia Spiritus*, 6(1), 107–115.

Zuber, S., & Brüßow, H. (2020). COVID 19: Challenges for virologists in the food industry. *Microbial Biotechnology*, 13(6), 1689–1701. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13638>

## **ANEXO 1**

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

MAYO				JUNIO	AGOSTO		SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
Conceptualización tema de desarrollo (caracterización del proyecto)		fecha de apertura y cierre 20 mayo-26 mayo HORA DE CIERRE: 6:00 PM		Elaboración de los marcos referenciales y ajuste de objetivos, justificación, planteamiento del problema		fecha de apertura y cierre 13 agosto-20 agosto HORA DE CIERRE: 3:00 PM	Revisión y ajustes del estado de arte, marco legal y marco teórico	Elaboración diseño metodológico	fecha de apertura y cierre 17 octubre -01 noviembre HORA DE CIERRE: 6:00 PM
fecha de apertura y cierre 02 mayo -9 mayo HORA DE CIERRE: 3:00 PM	Implementación caracterización del proyecto (etapas de proyecto). Planteamiento del problema, pregunta de la investigación, objetivos	20% PORCENTAJE EJECUTADO	fecha de apertura y cierre 27 mayo-31 mayo HORA DE CIERRE: 6:00 PM	fecha de apertura y cierre 01 Junio-30 Junio HORA DE CIERRE: 3:00 PM	Revisión y ajuste de los, del planteamiento del problema, pregunta de investigación, objetivos generales y específicos	60% PORCENTAJE EJECUTADO	fecha de apertura y cierre 01 septiembre -20 septiembre HORA DE CIERRE: 6:00 PM	fecha de apertura y cierre 1 octubre -16 octubre HORA DE CIERRE: 6:00 PM	<b>Elaboración de los resultados, conclusiones y recomendaciones Producto Final</b>

<p>5% PORCENTAJE REALIZADO</p>	<p>fecha de apertura y cierre 10 mayo-19 mayo HORA DE CIERRE: 5:00 PM</p>	<p>Definición de literatura revistas indexadas y no indexadas (literatura)</p>	<p>30% PORCENTAJE REALIZADO</p>	<p>40% PORCENTAJE REALIZADO</p>	<p>fecha de apertura y cierre 04 agosto-12 agosto HORA DE CIERRE: 3:00 PM</p>	<p>Delimitación del trabajo y de las investigaciones a plantear (criterios de exclusión- inclusión)</p>	<p>75% PORCENTAJE EJECUTADO</p>	<p>90% PORCENTAJE EJECUTADO</p>	<p><b>Total, porcentaje ejecutado: 100%</b></p>
	<p>10% PORCENTAJE DE EJECUCIÓN</p>		<p>Recolección de la información creación de fases del proyecto</p>		<p>50% PORCENTAJE EJECUTADO</p>				