

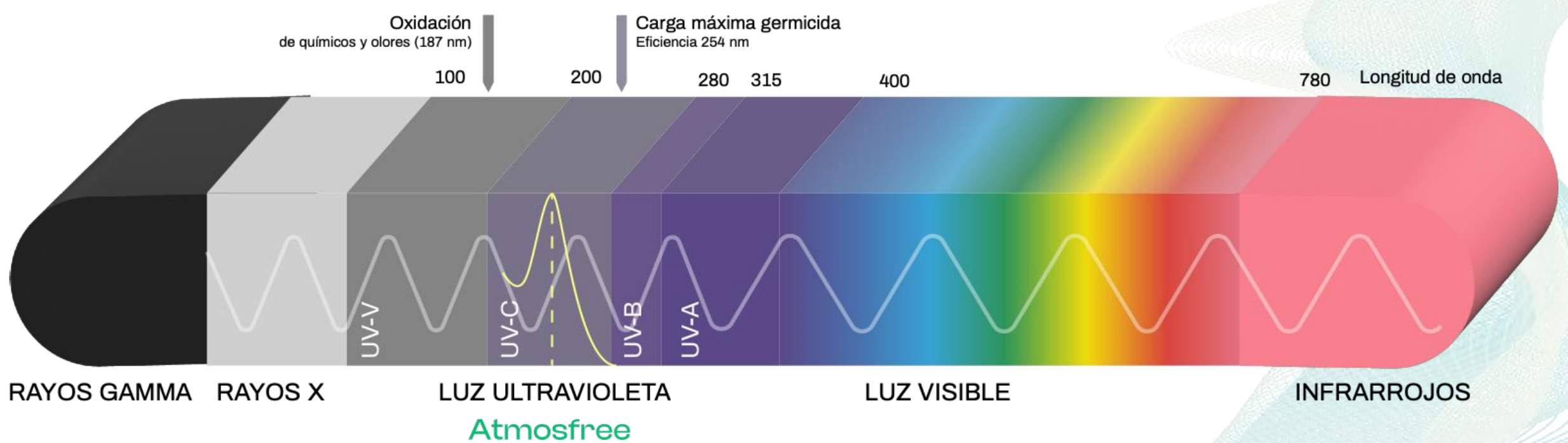
Qué es UV-C y su eficacia

1. Datos sobre la luz UVC

1.1. Qué es la luz UV

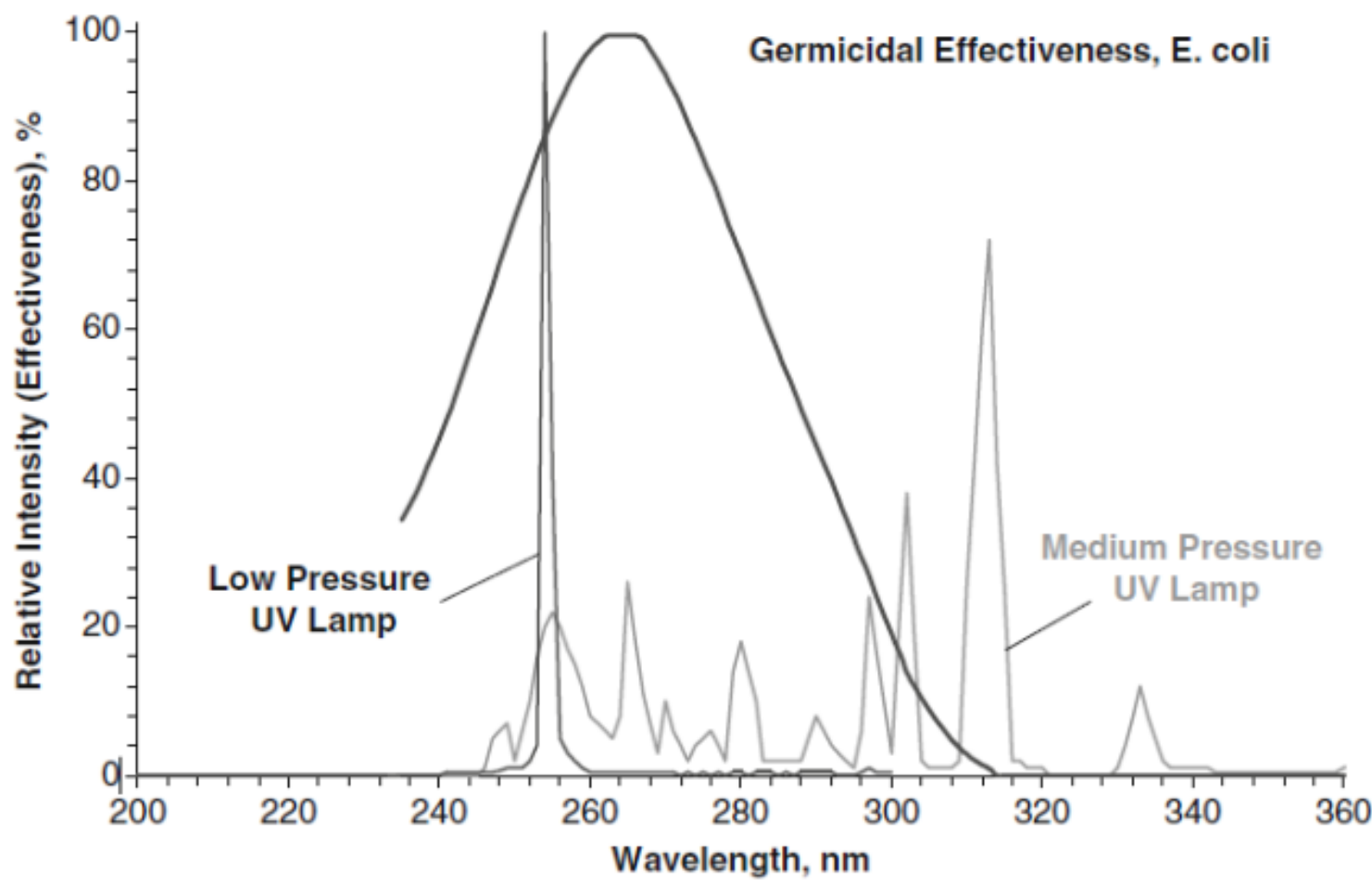
Al igual que nuestra conocida "luz visible", que se extiende desde una longitud de onda de 400 nm llamada "violeta" hasta los 700 nm que nuestros ojos humanos perciben como "roja", la luz ultravioleta también es una radiación electromagnética pero con una longitud de onda más corta. El espectro de luz UV no es visible para el ojo humano. El espectro UV se puede subdividir convenientemente en cuatro categorías:

- Banda UV-A (400–315 nm): la más abundante en luz solar que llega a la superficie de la Tierra
- Banda UV-B (315–280 nm): principal responsable del enrojecimiento de la piel
- Banda UV-C (280-200 nm): la más efectiva para el efecto germicida
- Banda UV lejano o vacío, UV-V (200 - 30 nm) - Radiación ionizante



La luz UVC (254nm) y UVV (185nm) producida por los sistemas UV de Sanuvox son las mismas dos longitudes de onda producidas por el sol. La longitud de onda UVC ataca a los microorganismos a nivel molecular desactivando y destruyendo los contaminantes, mientras que la longitud de onda UVV degrada los productos químicos y los olores.

Las lámparas de mercurio a baja presión son las más efectivas ya que irradian el 95% de su energía en la longitud de onda 253,7nm la cual es muy cercana al pico de absorción de los ácidos nucleicos teniendo un mayor poder germicida que las lámparas de media presión (Kowalski, 2009).



1.2 ¿Cómo actúa la luz ultravioleta V o lejana (UVV)?

1º - FASE DE ACTIVACIÓN: $H_2O + O^* \rightarrow OH^* + OH^*$

La energía de fotones ultravioleta (170-220 nm) se emite desde una fuente de alta intensidad para descomponer (descomponer) las moléculas de oxígeno en oxígeno monoatómico activado. La tasa de producción o efectividad de este proceso depende de la longitud de onda y la intensidad de su fuente.

2º- FASE DE REACCIÓN: $OH^* + P \rightarrow POH$

Los átomos de oxígeno activado (O^*) luego se mezclan en la corriente de aire; el proceso reaccionará con cualquier compuesto que contenga carbono-hidrógeno o azufre, reduciéndolos por oxidación sucesiva a subproductos inodoros e ino cuos. Si los contaminantes en el aire son superados en número por los átomos de oxígeno activado, entonces habrá formación de ozono residual (O_3), que se producirá después de la oxidación de las moléculas de oxígeno normales (O_2).

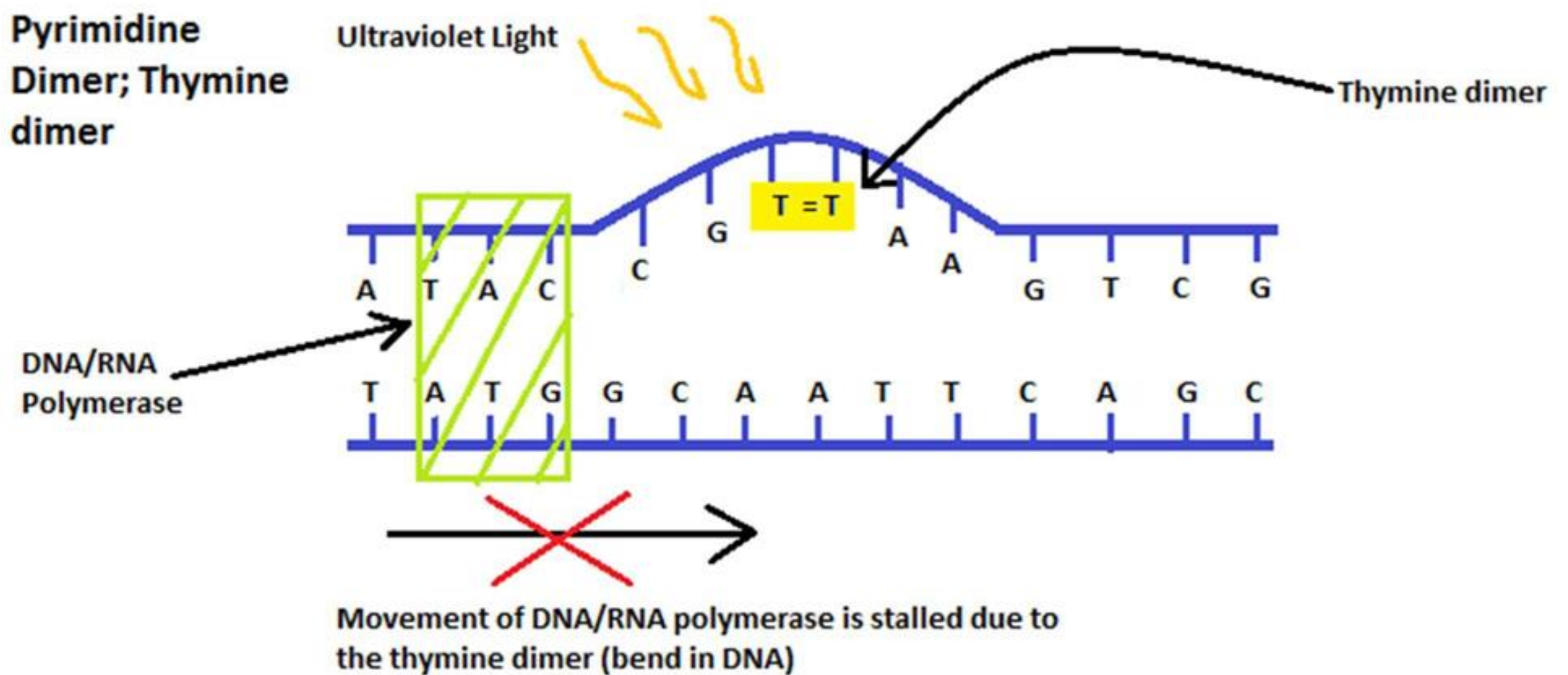
3º- FASE DE NEUTRALIZACIÓN: (también germicida) $O_3 + UV(C) \rightarrow O_2 + O^*$; $O + O \rightarrow O_2$. Este es el motivo por el cual algunas de las lámparas de Sanuvox combinan ambas longitudes de onda.

DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA

- Formaldehído $CH_2O + OH^* \rightarrow CO_2 + H_2O$
- Amoníaco $NH_3 + OH^* \rightarrow N_2 + H_2O$
- Estireno $C_8H_8 + OH^* \rightarrow CO_2 + H_2O$
- Mercaptanos $H_2S + OH^* \rightarrow SO_2 + H_2O$

1.3 ¿Cómo actúa la luz ultravioleta C o germicida (UVC o UVGI)?

La esterilización fotoquímica de microorganismos se logra en la práctica con la longitud de onda ampliamente disponible de 253,7 nm. La energía cuántica transportada por esos fotones UV es lo suficientemente alta como para disociar los enlaces covalentes simples C, H, O y N, lo que resulta en un daño molecular irreversible a los ácidos nucleicos que conduce a un organismo no viable.



Cada microorganismo tiene una susceptibilidad diferente a la luz UV, por lo que para poder calcular la dosis adecuada de UV es importante conocer las constantes de susceptibilidad, K. En el libro del Dr. Kowalski (2009) hay un listado de todas las constantes ya investigadas para cada microorganismo (bacterias, virus, hongos y otros patógenos).

Conociendo la constante K se puede calcular la dosis de exposición UV requerida para obtener el 90% inactivación, el conocido como valor D90, el cual nos permite conocer la dosis UV necesaria para alcanzar el nivel de desinfección deseado.

$$D90 = \frac{\ln(10)}{k} = \frac{2.30}{k} \quad \text{in J/m}^2$$

Por ejemplo, irradiar con una dosis de UV del doble de la D90 dará como resultado un nivel de desinfección del 99% (2 log), administrar tres veces la dosis de D90 dará una tasa de desinfección del 99,9% (3 log) y así sucesivamente. Para alcanzar un nivel de desinfección de 99,9999% (6 Log) se debe administrar al menos 6 veces el valor D90 del microorganismo más resistente. La D90 se mide el J/m².

Estudios recientes han obtenido la constante k para el SARSCoV-2 y con ello han calculado la D90 (Inagaki, 2020; Bianco, 2020), una dosis de 3,7mJ/cm² es suficiente para alcanzar una desinfección de 99,9% (3 log). Hay otros estudios del Dr. Brais (2016 y 2020) que también demuestran la efectividad de la luz UVC contra el SARS-CoV-2 tanto en superficies como en el aire con una eficacia de 99,999% (5 Log), hecho que ha sido ratificado por la IUVA.

Microorganism	UV susceptibility		D 90%	SIZE	Source
	k				
	m2/J		J/m2	micron	
influenza A virus	0,119	m2/J	19,3	0,098	Jensen 1964-AIR at 68% RH.
Vesicular stomatis virus	0,1806	m2/J	12,7	0,104	Rauth 1965
Coronavirus	0,377	m2/J	6,1	0,113	Walker 2007
Mycoplasma pneumoniae	0,2791	m2/J	8,2	0,177	Furness 1977
Neisseria catarrhalis/meningitidis	0,05233	m2/J	44,0	0,177	Rentschler 1941-Surface
Francisella Tularensis	0,0147	m2/J	156,0	0,200	Beebe 1959
Newcastle disease	0,1440	m2/J	16,0	0,212	Rubin 1959
Coxiella burnetii	0,1535	m2/J	15,0	0,283	Little 1980-Water
Haemophilus influenza	0,0599	m2/J	38,4	0,285	Mongold 1992 -Surface
Proteus vulgaris/mirabilis	0,07675	m2/J	30,0	0,291	Rentschler 1941 -Surface
Vaccinia virus	0,153	m2/J	15,0	0,307	Jensen 1964-AIR at 65% RH.
Measle virus	0,1051	m2/J	21,9	0,329	Distefano 1976 -Water
Pseudomonas aeruginosa	0,1047	m2/J	22,0	0,494	Elasri 1999-Surface
E. Coli	0,15611	m2/J	14,7	0,500	Luckiesh 1949- AIR at low RH
Legionella pneumophila	0,44613	m2/J	5,2	0,520	Knudsen 1985- SURFACE

Tabla 2. Resumen de algunos patógenos representativos entre los que se encuentran los coronavirus (Kowalski, 2009).

1.4 Algunos datos sobre la luz UVC y su eficacia

La luz UV-C se ha utilizado a lo largo de más de 70 años para desinfectar las superficies, el aire y el agua, según indica el **Ministerio de Sanidad en su informe del 25 de junio de 2020**. La luz UV-C, en concreto la luz ultravioleta germicida (UVGI) que irradia a 254nm actúa inactivando los microorganismos (bacterias, virus, hongos y esporas) a nivel del ADN o ARN, impidiendo su replicación y reproducción (Kowalski, 2009).

Según la **Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, 2020)**, el uso de la radiación UVGI es una intervención ambiental importante que puede reducir tanto la propagación por contacto como la transmisión de agentes infecciosos a través del aire.

La **Asociación International Ultravioleta (IUVA)** cree en la radiación UV-C como desinfectante jugando un importante rol en la reducción de la transmisión del virus, SARS-CoV-2, causante del COVID-19 eliminando el virus de las superficies y del aire. Es importante tener en cuenta la capacidad de desinfección de la luz UV-C en aire ya que, la OMS en base a estudios científicos recientes, afirman que la transmisión del SARS-CoV-2 también tiene lugar a través del aire.

La capacidad desinfectante de la luz UV-C ha sido demostrada a lo largo de muchos años por diferentes doctores de gran reputación y por múltiples grupos de investigación.

Los estudios más recientes del Dr. Brais (2016 y 2020) y de Andrea Bianco *et al.* 2020 han demostrado que la luz UV-C tiene una eficacia de 99,999% en la desinfección de SARS-CoV2, hecho ratificado también por la IUVA.

1.5. Ventajas de la luz UV-C

Entre otras se pueden destacar las siguientes ventajas de la luz UVC

- Es un proceso en frío que no requiere de la adición de ningún producto químico para el proceso de desinfección, siendo respetuoso con el medio ambiente.
- No genera ningún compuesto o gas que sea perjudicial para el ser humano, es decir, no es necesario ventilar las áreas desinfectadas tras el tratamiento.
- Al tratarse de un sistema físico, los microorganismos no generan resistencia al proceso de desinfección.
- El tiempo requerido para la desinfección es mucho menor que la desinfección con desinfectantes (Ansaldi *et al*, 2004) y con calor seco (Cadnum *et al*, 2020).
- En el mismo proceso se desinfectan tanto las superficies como el ambiente.

1.6. Seguridad y UVC

Es importante tener en cuenta que los equipos UV-C deben cumplir con toda la normativa de seguridad que le sea de aplicación, disponiendo de marcado CE y declaración de conformidad.

Estos equipos no pueden utilizarse en presencia de personas ni para desinfectar cualquier parte del cuerpo según indica la OMS y el Ministerio en el informe del 25 de junio de 2020.

2. Usos del ultravioleta en desinfección

2.1. Tratamiento del aire

En todos los lugares dónde haya **conductos de ventilación** se acumulan patógenos. Un sistema germicida mantiene el aire limpio de bacterias, virus, hongos... evitando efectos biológicos adversos para la salud (lo que se conoce como el síndrome del edificio enfermo), y ayudando al bienestar de personas inmunodeprimidas o con dificultades respiratorias (alergias, asma, rinitis...), entre otras. Además de contribuye a mejorar la eficiencia energética del edificio ya que reduce costes de energía y mantenimiento y asegura un sistema más limpio libre de bacterias, virus y mohos, evitando los malos olores ocasionados por éstos.

En cualquier estancia o **espacios públicos** donde haya movimiento de personas. Teniendo una instalación UV adecuada acorde a las dimensiones de cada estancia se consigue eliminar los microorganismos y ayuda a eliminar gran cantidad de insectos, ya que el ultravioleta elimina su alimento y por tanto su posible supervivencia.

Aplicación en hogares, oficinas, apartamentos, residencias, industrias, almacenes, hospitales, comercios, restaurantes, colegios y universidades, supermercados, cines, teatros, museos ...

En **granjas de animales y clínicas veterinarias** dónde aves, mamíferos o reptiles pueden contraer enfermedades y transmitirlos a personas ya sea por transmisión aérea o contacto con superficies, es común tener un ambiente contaminado por pelo, caspa o plumas lo cual precisa de una desparasitación elevada para garantizar la higiene. Para ello es muy aconsejable disponer de un sistema de desinfección UV con un filtrado eficaz que permita la recogida de esos contaminantes y la desinfección y limpieza del aire.

2.2. Superficies

En el **sector agroalimentario** es imprescindible tener sistemas de desinfección que eliminen cualquier posible germen (hongos, levaduras, bacterias...) que puedan afectar a la calidad de los alimentos. Para esta función la radiación UV es idónea dado su gran poder bactericida y fungicida en cualquier punto del proceso. Sería de aplicación en panaderías, pastelerías, curado de alimentos, cámaras de frío, envasado, embotellado, catering...

En **centros hospitalarios y todo tipo de centros sanitarios la desinfección mediante tecnología UV** es útil para ayudar a reducir las tasas de infecciones adquiridas en el hospital, el principal problema de todos los hospitales, y haciendo desaparecer alérgenos como esporas de estancias como habitaciones, salas de estar, pasillos, UCIS, salas de neonatos, quirófanos, etc.

En **centros de investigación** es de utilidad la desinfección mediante luz ultravioleta tanto para evitar la dispersión de sustancias o microorganismos de posible propagación, así como para evitar la contaminación cruzada de cultivos, ensayos etc.. es un ambiente que requiere ser desinfectado continuamente. Por ejemplo, en laboratorios, centros farmacológicos, químicos...

3. Referencias

- Ministerio de Sanidad. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del Instituto de Salud Carlos III. Revisión bibliográfica sobre eficacia y seguridad de la luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies. García Carpintero EE, Cárdbaba Arranz M, Sánchez Gómez LM.2020
- Ministerio de Sanidad. Nota sobre el uso de productos que utilizan radiaciones Ultravioleta-C para la desinfección de Sars-Cov-2. Ministerio de Sanidad;2020.
- Ministerio de Sanidad. Nota sobre el uso de productos biocidas para la desinfección del COVID-19: Ministerio de Sanidad; 2020
- Andrea Bianco, Mara Biasin, Giovanni Pareschi, Adalberto Cavalieri, Claudia Cavatorta, Claudio Fenizia, Paola Galli, Luigi Lessio, Manuela Lualdi, Edoardo Redaelli, Irma Saulle, Daria Trabattoni, Alessio Zanutta, Mario Clerici. UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. medRxiv. (Preprint 2020).
- Ansaldi F, Banfi F, Morelli P, Valle L, Durando P, Sticchi L, et al. SARS-CoV, influenza A and syncytial respiratory virus resistance against common disinfectants and ultraviolet irradiation. Journal of Preventive Medicine and Hygiene. 2004;45(1-2):5-8.
- Brais, N. Air Disinfection for ART Clinics using Ultraviolet Germicidal Irradiation: A practical guide. 2016. Chapter. 10.
- Brais, Normand. (2016). Chapter 10 Air disinfection for ART clinics using ultraviolet germicidal irradiation: A Practical Guide. 10.1201/9781315372464-11.
- Cadnum JL, Li DF, Redmond SN, John AR, Pearlmutter B, Donskey CJ. Effectiveness of Ultraviolet-C Light and a High-Level Disinfection Cabinet for Decontamination of N95 Respirators. Pathog Immun. 2020; 5(1):52-67.
- Kowalski, W. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer.2009.
- International Ultraviolet Association. IUVA Fact Sheet on UV Disinfection for COVID-19: International Ultraviolet Association; 2020 [Available from: <http://www.iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UVDisinfection-for-COVID-19>].
- Posición de la CIE respecto a la radiación ultravioleta (UV) para reducir el riesgo de transmisión del COVID-19 12 de mayo de 2020. [http://cie.co.at/files/CIE%20Position%20Statement%20%20UV%20radiation%20\(2020\) ES 0.pdf](http://cie.co.at/files/CIE%20Position%20Statement%20%20UV%20radiation%20(2020) ES 0.pdf)