



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

Realizado por Nuria Pérez Alonso-Cuevillas

QUÉ ES LA LUZ UV Y POR QUÉ ES UN MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

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
- UV lejano o vacío (200 - 30 nm) - Radiación ionizante y productora de ozono

Como se ilustra en la figura 1, a medida que la longitud de onda de la luz se acorta, aumenta la cantidad de energía transportada por las partículas de luz llamadas fotones.

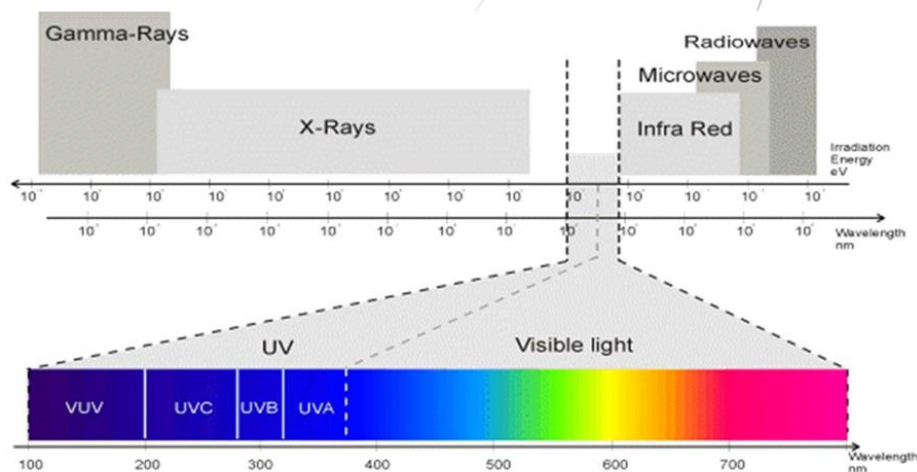


Figura 1. Espectro de radiación electromagnética.



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

Fueron los científicos Downs y Blunt en 1877 los que hicieron las primeras demostraciones de la propiedad germicida de la luz, posteriormente en 1903 Barnard y Morgan identificaron la longitud de onda alrededor de 250nm como biocida, en 1917 Newcomer restringió el rango y Ehrismann y Noethling en 1932 aislaron la longitud de onda de 253,7 nm. (Kowalski, 2009).

La esterilización fotoquímica de microorganismos se logra en la práctica con la longitud de onda de 253,7 nm, para ello se emplean lámparas con mercurio de baja presión que irradian a 254nm.

Su eficacia radica en que coincide con el pico de absorción del ARN y del ADN (260-265nm) y de los lípidos y algunos aminoácidos (190nm-280nm) (Kowalski, 2009)

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) (figura 2).

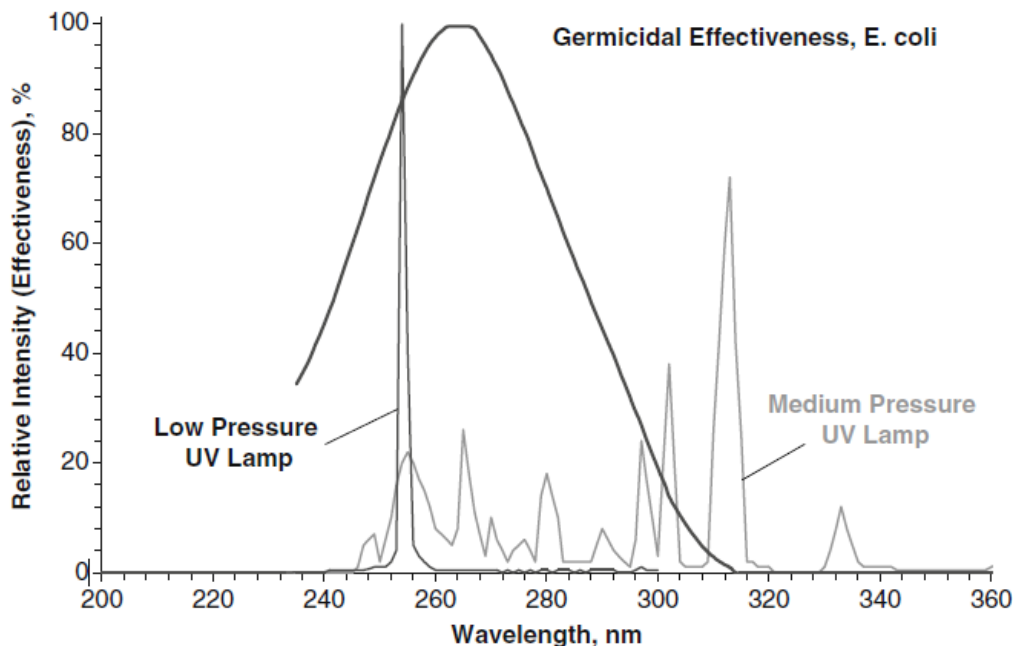


Figura 2. Longitudes de onda de luz UVGI comparando la efectividad germicida de lámparas de baja presión y de alta presión para *E. Coli*. (Kowalski, 2009).

La estructura del ADN y ARN está formada por bases nitrogenadas, adenina,



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

guanina, citosina y la cuarta base varía, si es ADN será timina y en ARN será uracilo. La citosina, timina y uracilo son llamadas pirimidinas y éstas formadas por un solo anillo y la adenina y guanina son purinas formadas por anillos dobles. La adenina con la timina se une por dos puentes de hidrógeno y la citosina con la guanina por tres, por lo que las uniones de timina-adenosina representan la parte más débil del ADN y ARN, es por lo que la UVC, que provoca formaciones de dímeros de pirimidinas, especialmente de timinas o uracilos.

Con la formación de dímeros de pirimidinas se bloquea el mecanismo de replicación, transcripción y reparación de los ácidos nucleicos, la ARN/ADN polimerasa, inactivando el microorganismo a nivel molecular. Las timinas y uracilos también pueden formar dímeros con proteínas de la membrana celular o, en el caso de los virus, con las proteínas de la cápside provocando un daño celular también a nivel de la estructura del microorganismo. Si se desea realizar una evaluación más exhaustiva de los daños producidos por los rayos UV sobre los ácidos nucleicos, sobre los mecanismos de reparación y las estructuras de los microorganismos ver la descripción en el capítulo 2 del libro del Dr. Kowalski (2009).

La energía cuántica transportada por los 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.

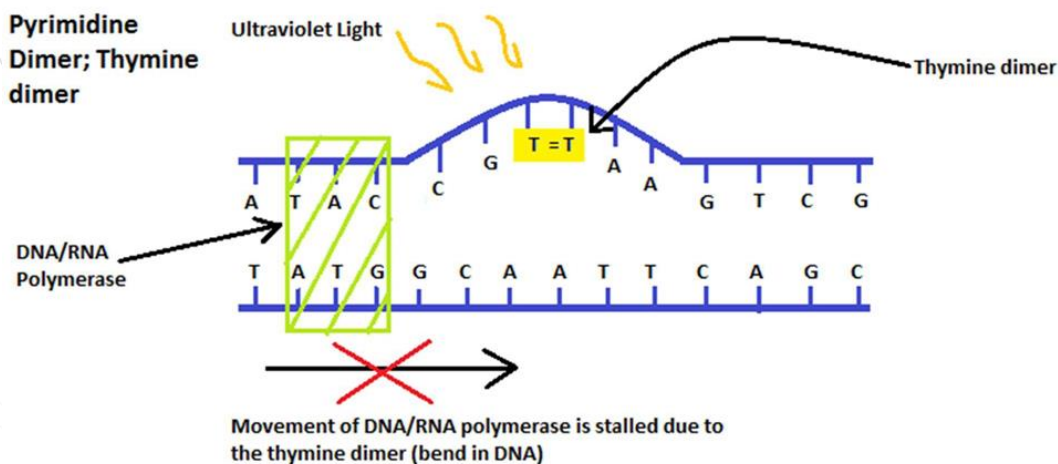


Figura 3. Esquema de la reacción fotoquímica debida a la radiación UVC sobre las cadenas de ácidos nucleicos.

Dentro de los límites de precisión experimental, la acción letal del UV germicida parece ser independiente de la naturaleza del organismo y, a diferencia de los



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

antibióticos, no se han encontrado signos de resistencia adaptativa después de un siglo de uso para la desinfección del agua.

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

Sabiendo esta constante K se puede calcular la susceptibilidad UV o dosis de exposición UV requerida para obtener el 90% inactivación (el valor D_{90}). El valor D_{90} tiene un alto interés práctico, ya que le permite al diseñador evaluar rápidamente la dosis UV requerida para alcanzar el nivel de desinfección deseado.

$$D_{90} = \frac{\ln(10)}{k} = \frac{2.30}{k} \quad \text{in J/m}^2$$

Por ejemplo, proporcionar una dosis de UV del doble de la D_{90} dará como resultado un nivel de desinfección del 99%. Administrar tres veces la dosis de D_{90} dará como resultado una tasa de desinfección del 99,9%, y así sucesivamente, es decir se puede calcular el D_{90} en base al LOG que se desea conseguir, es decir, a la desinfección alcanzada. Por ejemplo, para alcanzar un nivel de desinfección de 6LOG (99,9999%) se debe administrar al menos 6 veces el valor D_{90} del microorganismo más resistente. La D_{90} se mide el J/m^2 .

Estudios recientes han obtenido la constante k para el SARSCoV-2 y con ello han calculado al D_{90} para dicho virus (Inagaki, 2020; Bianco, 2020), una dosis de $3,7mJ/cm^2$ es suficiente para alcanzar una desinfección de 3 log, la desinfección completa a cualquier concentración del virus se observa con $16,9mJ/cm^2$ (Blatchley, 2020). 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 o en los conductos de los sistemas de ventilación con una eficacia de 99,999%, 5 LOG, hecho que ha sido ratificado por la IUVA.



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

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).

REFERENCIAS

- Ansaldo 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. *J. Prev. Med. and Hyg.* 2004. 45(1-2):5-8.
- Bedell K, Buchaklian AH, Perlman S. Efficacy of an Automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection System Against Coronaviruses MHV and MERS-CoV. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2016. 37(5):598-599.
- Bianco A, M Biasin, G Pareschi et al. UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. *medRxiv.* 2020. preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.06.05.20123463> (unreviewed preprint).
- Blatchley ER, Petri B, Sun W. SARS-CoV-2 UV Dose-Response Behavior. International Ultraviolet Association (IUVA). *White Paper.* 2020.
- Brais, N. Chapter 10 Air disinfection for ART clinics using ultraviolet germicidal irradiation: A



LUZ UVC COMO MÉTODO DE DESINFECCIÓN EFICAZ

Practical Guide. 2016.

- 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.
- Darnell MER, Subbarao K, Feinstone SM, Taylor DR. Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *J Virol Meth.* 2004. 121:85-91.
- Downes A, Blunt TP. Research on the effect of light upon bacteria and other organisms. *Proc Roy Soc London.* 1877. 26:488-500.
- Duán SM, Zhao XS, Wen RF, Huang JJ, Pi GH, Zhang SX, Han J, Bi SL, Ruan L, Dong XP. Stability of SARS Coronavirus in Human Specimens and Environment and its Sensitivity to Heating and Environment and UV Irradiation. *Biomed Environ Sci.* 2003. 16:246-255.
- Eickmann M, Gravemann U, Handke W, Tolksdorf F, Reichenberg S, M€uller TH, Seltsam A. 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.* 2020. 115:146-151
- Hirano N, Hino S, Fujiwara K. Physico-chemical properties of mouse hepatitis virus (MHV-2) grown on DBT cell culture. *Microbiol Immunol.* 1978. 22:377-90.
- Inagaki H, A Saito, H Sugiyama, T Okabayashi, S Fujimoto. Rapid inactivation of SARSCoV-2 with Deep-UV LED irradiation. *bioRxiv preprint.* 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.06.06.138149>. (unreviewed preprint).
- International Ultraviolet Association. IUVA Fact Sheet on UV Disinfection for COVID-19: *International Ultraviolet Association.* 2020. <http://www.iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UVDisinfection-for-COVID-19>.
- Kariwa H, Fujii N, Takashima I. Inactivation of SARS coronavirus by means of povidone-iodine, physical conditions, and chemical reagents. *Jpn J Vet Res.* 2004. 52:105-112.
- Kowalski, W. Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer. 2009.
- Kowalski, Wladyslaw. SARS Coronavirus UV Susceptibility. 2015.
- Saknimit M, Inatsuki I, Sugiyama Y, Yagami K. Virucidal efficacy of physico-chemical treatments against coronaviruses and parvoviruses of laboratory animals. *Jikken Dobutsu.* 1988. 37: 341-345.
- Tseng CC, Li CS. Inactivation of viruses on surfaces by ultraviolet germicidal irradiation. *J Occup Environ Hyg.* 2007. 4(6):400-405.
- Velavan TP, Meyer CG. The COVID-19 epidemic. *Trop Med Int Health.* 2020. 25(3):278-280.
- Walker CM, Ko G. Effect of ultraviolet germicidal irradiation on viral aerosols. *Environ Sci Technol.* 2007. 41: 5460-5465.
- Weiss M, Horzinek MC. Resistance of Berne virus to physical and chemical treatment. *Vet Microbiol.* 1986. 11:41-49.
- Zhou P, Yang XL, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, Si HR, Zhu Y, Li B, Huang CL, Chen HD, Chen J, Luo Y, Guo H, Jiang RD, Liu MQ, Chen Y, Shen XR, Wang X, Zheng XS, Zhao K, Chen QJ, Deng F, Liu LL, Yan B, Zhan FX, Wang YY, Xiao GF, Shi ZL. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature.* 2020. 579(7798):270-273.