

## **Desinfección del Aire y Superficies Mediante Radiación UVC**

### *Air and Surface Disinfection Using UVC Radiation*

#### **Introducción.**

La radiación UVC se utiliza ampliamente como microbicida y para descomponer por foto-oxidación contaminantes orgánicos.

La radiación UV es un tipo de radiación electromagnética que se encuentra comprendida entre los 100 y los 400 nm de longitud de onda. Según su efecto en los seres vivos, el espectro se divide en tres regiones:

1. Radiación UV de onda corta (UVC) con longitudes de onda entre 200 a 280 nm: llamado también rango germicida, el cual es efectivo en la inactivación de bacterias y virus, en especial en el rango comprendido entre 265 – 270 nm, rango cercano a la longitud de onda de emisión de las lámparas de Mercurio utilizadas actualmente, que emiten a 254 nm.
2. Radiación UV de onda media (UVB) con longitudes de onda entre 280 a 320 nm: relacionada con quemaduras de piel por exposición prolongada.
3. Radiación UV de onda larga (UVA) con longitudes de onda entre 320 a 400 nm: este rango presenta efecto microbicida, pero muy inferior a la luz UVC, por lo que requeriría dosis bastante mayores para lograr este efecto.

Se presenta comercialmente como lámparas de mercurio de baja presión que emiten radiación UV con una longitud de onda de 254 nm, valor muy cercano a las longitudes de onda germicidas de máxima eficacia (265 a 270 nm).

Uso: purificación de aguas, alimentos, desinfección del aire y de superficies.

Se debe considerar este tipo de tecnología como “complementaria” a los métodos de desinfección habituales, fundamentalmente de superficies. Al respecto, la utilización de esta metodología de desinfección debe estar siempre precedida de un adecuado procedimiento de limpieza.

Aspecto relevante a considerar para el uso de esta tecnología: se ha estudiado que el coronavirus Sars cov-2 puede permanecer activo sobre superficies, en lapsos variables entre 6 horas a 9 días.

#### **Mecanismo de acción.**

El efecto microbicida de la luz UV se atribuye al daño fotoquímico que provoca a los ácidos nucleicos de los microorganismos.

Entre 185 y 254 nm se evidencia también el efecto oxidante para sustancias orgánicas, provocando la ruptura de macromoléculas, que se transforman en moléculas ionizadas de menor peso molecular. En

un paso posterior estas moléculas ionizadas se separan por extracción con resinas de intercambio iónico. Este procedimiento se utiliza para la obtención de aguas de alta pureza.

El efecto microbicida se produce porque a nivel molecular la luz UV interfiere en la reproducción celular por dañar tanto la ADN como la ARN polimerasas. El máximo efecto microbicida ocurre entre los 265 a 270 nm, rango de valores muy cercano al de la emisión de las lámparas UV comerciales (254 nm).

La radiación UV es absorbida por los nucleótidos, con pico de absorción cerca de los 260 nm.

El daño provocado a nivel de nucleótidos causa mutaciones que impiden la reproducción, lo que lleva finalmente a la muerte bacteriana y a la inactivación de los virus, tanto ADN como ARN virus. Se ha estudiado que los ARN virus son aún más susceptibles a la inactivación por UVC que los ADN virus.

El efecto microbicida de la radiación UVC se ve influido por:

1. Distancia medida a partir del punto de emisión de la radiación UV.
2. Tiempo de exposición a la radiación UV.
3. Longitud de onda de la fuente emisora.
4. Densidad de la suspensión microbiana (para líquidos).
5. Naturaleza del fluido (medios de cultivo absorben un mayor porcentaje de la luz UV, mientras que soluciones de sales diluidas son muy penetrables).
6. Tipo y estado fisiológico de la población microbiana: el efecto destructivo de la luz UV sobre la población microbiana varía según la naturaleza del microorganismo (especie y cepa), y de la curva de crecimiento bacteriana (son más sensibles en fase de crecimiento exponencial).
7. Posibilidad de reparación del daño celular: la luz UVC daña los nucleótidos por formación de dímeros de pirimidinas, en especial dímeros de Timina. En la oscuridad puede activarse la enzima Fotoliasa, que se une a los dímeros de Timina, y cuando se exponen a un fotón de luz, deshace los dímeros de Timina. Este efecto se observa exclusivamente en condiciones de laboratorio (elevadas temperaturas y altas dosis de luz UV). Existe la posibilidad de reparación del DNA en presencia de la luz. Los RNA virus no tienen el mecanismo de reparación del RNA dañado.

#### **Aplicación de la radiación UV en la desinfección del aire:**

La radiación UV tiene efecto sobre prácticamente todos los tipos de microorganismos: virus, bacterias, hongos, algas, protozoos. Dentro de los virus, los RNA virus son más susceptibles a la radiación UV que los DNA virus.

La luz UV daña los nucleótidos por formación de dímeros de pirimidinas, en especial dímeros de Timina, aunque también dímeros de Citosina. El efecto final se traduce como la imposibilidad de duplicar las cadenas de ADN o ARN, y por lo tanto inhibir la división celular.

Las lámparas UV presentan su máxima emisión a 254 nm, longitud de onda cercana a la longitud de onda de mayor eficacia germicida.

La acción germicida depende de:

La INTENSIDAD de la radiación (IRRADIANCIA): cantidad de energía UV por unidad de área (microwatts/cm<sup>2</sup>).

La DOSIS aplicada: es el producto entre la intensidad y el tiempo de aplicación (microwatts segundo/cm<sup>2</sup>).

$$\text{Dosis UV (mJ/cm}^2\text{)} = I \text{ (mW/cm}^2\text{)} \times t \text{ (seg)}$$

Watt = J/seg

Irradiancia = Potencia / unidad de área

### **Cálculo de la dosis necesaria para inactivar el Coronavirus.**

Cuando nos referimos a Dosis, debemos conocer qué significa D90.

D90: Dosis de UV necesaria para la inactivación del 90% de una población microbiana. En la bibliografía podemos encontrar también definido el valor D99. D90 o bien D99 se refiere a que dentro de una misma población microbiana hay una fracción de gérmenes que presentan mayor resistencia a la destrucción/inactivación.

En la actualidad no existen ensayos específicos para determinar la susceptibilidad del Sars CoV-2 a la radiación, pero otras pruebas en virus de la misma familia, incluido el SARS-CoV-1, concluyeron que la familia coronavirus es altamente susceptible a la inactivación por efecto ultravioleta.

**Table 1: Summary of Ultraviolet Studies on Coronaviruses**

| Microbe                     | D <sub>90</sub> Dose J/m <sup>2</sup> | UV k m <sup>2</sup> /J | Base Pairs kb | Source                     |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|
| Coronavirus                 | 7                                     | 0.35120                | 30741         | Walker 2007 <sup>a</sup>   |
| Berne virus (Coronaviridae) | 7                                     | 0.32100                | 28480         | Weiss 1986                 |
| Murine Coronavirus (MHV)    | 15                                    | 0.15351                | 31335         | Hirano 1978                |
| Canine Coronavirus (CCV)    | 29                                    | 0.08079                | 29278         | Saknimit 1988 <sup>b</sup> |
| Murine Coronavirus (MHV)    | 29                                    | 0.08079                | 31335         | Saknimit 1988 <sup>b</sup> |
| SARS Coronavirus CoV-P9     | 40                                    | 0.05750                | 29829         | Duan 2003 <sup>c</sup>     |
| Murine Coronavirus (MHV)    | 103                                   | 0.02240                | 31335         | Liu 2003                   |
| SARS Coronavirus (Hanoi)    | 134                                   | 0.01720                | 29751         | Kariwa 2004 <sup>d</sup>   |
| SARS Coronavirus (Urbani)   | 241                                   | 0.00955                | 29751         | Darnell 2004               |
| <b>Average</b>              | <b>67</b>                             | <b>0.03433</b>         |               |                            |

<sup>a</sup> (Jingwen 2020)

<sup>b</sup> (estimated)

<sup>c</sup> (mean estimate)

<sup>d</sup> (at 3 logs)

Evaluando los valores de Tabla I, podemos concluir que existe un amplio rango de valores de D90, entre 7 y 241 J/m<sup>2</sup>, con un promedio de 67 J/m<sup>2</sup>.

Estos valores son tomados en la actualidad como valores de “referencia” para estimar la susceptibilidad UV que tendrá el virus Covid-19.

### **Qué debemos tener en cuenta al momento de intervenir, formando parte del equipo de salud, si lo que se plantea es la evaluación de tecnología UV como método de desinfección del aire/ superficies?**

Tener en cuenta los siguientes factores:

Volumen del ambiente a instalar la fuente UV.

Intensidad de la fuente, en función de la dirección de emisión de la luz emitida.

Al respecto:

La superficie irradiada aumenta con la distancia, si bien disminuye la radiación por  $\text{cm}^2$ . La radiación UV en un punto, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre la lámpara y dicho punto ( $I_0/I_1 = d_1^2/d_0^2$ ).



**Qué debemos solicitar al proveedor de equipos UVC, a efectos de evaluar la tecnología ofrecida, como método de desinfección del aire/ superficies?**

1. Certificado de Calibración/ Medición, expedido por un ente reconocido (por ejemplo el INTI – Metrología Física, Departamento de Luminotecnia).

Debemos analizar en este certificado los siguientes factores:

- a. Fuente de alimentación del aparato.
- b. Altura de medición de la Irradiancia.
- c. Distancias de medición de la irradiancia.
- d. Direcciones de medición de la irradiancia (ángulos medidos tomando como base una línea recta trazada a partir del frente del tubo).
- e. Tiempo necesario para que el equipo estabilice la irradiancia emitida.
- f. Gráfico de irradiancia espectral relativa, para el rango de longitudes de onda medidas del equipo de desinfección evaluado (sirve para determinar la longitud de onda que emite el tubo).
- g. Resultados de las mediciones de irradiancia para la longitud de onda o rango de longitudes de onda establecidas correspondientes al pico UVC, en función de la dirección de medición y de las distancias entre la fuente de emisión y el punto de medición.

**Protocolo de monitoreo de la desinfección de superficies mediante UVC.**

Existen en el mercado local, tiras reactivas elaboradas con indicadores químicos, que viran de color según la intensidad de irradiación (irradiancia) que impacta sobre su superficie. El sello de indicador químico cambia de color según la irradiación UVC recibida, y finalmente multiplicando la irradiación recibida (medida por una escala de colores que acompaña la presentación comercial) por el tiempo de exposición, podemos calcular la Dosis y por lo tanto la eficacia del proceso de desinfección.

**Tecnologías existentes en el mercado local, para el uso de radiación UV como desinfectante.**

1. Radiación UVC de pared: se desplaza en el aire por convección o por turbulencia generada por el propio sistema de ventilación/ climatización.
2. Lámparas UVC localizadas en el interior de ductos de ventilación o en los propios equipos de climatización: la factibilidad de instalación depende de la configuración de los mismos.
3. Robots móviles con lámparas UVC verticales: son útiles para la desinfección de instalaciones sanitarias que pueden quedar cerradas durante un período de tiempo. La energía radiante es emitida por tubos verticales de mercurio o xenón. Algunos modelos pueden ser movilizables por control remoto, lo que les da una ventaja frente a las lámparas fijas, porque de esta manera pueden alcanzar superficies a las que no llegaría una luz fija.
4. Lámparas de mano de mercurio UVC: son de baja irradiancia, por lo que pueden dar una falsa seguridad de desinfección, ya que debería exponerse la superficie a desinfectar durante un largo intervalo de tiempo.

#### **Precauciones.**

La desinfección UVC, al igual que cualquier método de desinfección, debe ir precedida de un adecuado proceso de limpieza.

La luz UV es altamente perjudicial para la piel y ojos.

Debido a la elevada energía de esta radiación, puede acelerar el envejecimiento de ciertos materiales.

Prestar particular atención a superficies de equipamientos.

#### **Bibliografía consultada.**

Coronavirus Ultraviolet Susceptibility. Kowalsky, Wladyslaw & Walsh, Thomas & Petraitis, Vidmantas.

Este documento es una recopilación de la información disponible sobre, Desinfección del Aire y Superficie por UVC elaborado por el **Grupo de Esterilización Hospitalaria** de la Asociación Argentina de Farmacéuticos de Hospital (AAFH-EH).

Si Ud. detecta algún error, o considera prudente realizar alguna sugerencia o aporte, por favor escriba a [info@aafhospitalaria.org.ar](mailto:info@aafhospitalaria.org.ar)

**¡Lo mejor que podemos hacer con el conocimiento, es difundirlo!**

| Versión | Fecha      | Descripción      | Responsables              |
|---------|------------|------------------|---------------------------|
| 001     | 18/11/2020 | Versión Original | Farm. Esp. Damián Ramírez |
|         |            |                  | Revisión: AAFH-EH         |



**Desinfección del Aire y  
Superficies Mediante  
Radiación UVC**

**Versión: 001**

**Fecha: 18/11/2020**