



**Universidad de Valladolid**



PROGRAMA DE DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE  
LA SALUD

TESIS DOCTORAL:

**IMPACTO DE LA ESTERILIZACIÓN DEL AIRE CON UN DISPOSITIVO EMISOR DE RADIACIONES  
ULTRAVIOLETAS C, EN LOS RESULTADOS CLÍNICOS DE LOS PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDÍACA**

Presentada por Elisa Álvarez Fuente, para optar al grado  
de  
Doctor/a por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:

Eduardo Tamayo Gómez

Maria Heredia Rodríguez

Esther Gómez Sánchez

*A mis padres, Santiago y Antonia.*

*A mi hermano, Santiago.*

*A mi compañero de viaje, Sergio.*

*A mi futuro hijo, Leo.*

*“La satisfacción radica en el esfuerzo, no en el logro. El esfuerzo total es la victoria total”*

**Gandhi**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Eduardo Tamayo Gómez, por haber confiado en mi desde que llegué al hospital, incluyéndome en sus investigaciones científicas y nuevos proyectos profesionales. Me gustaría agradecerle especialmente los consejos que me ha dado para no abandonar esta tesis, a pesar de los contratiempos, y poder terminar este recorrido que inicié de residente.

A la Dra. Maria Heredia Rodríguez, por haber sido una de las guías durante mi formación en el hospital, especialmente en el campo de la anestesiología pediátrica, el cual gracias su trabajo me hizo sentir que es uno de los más bonitos y a la vez más duros de mi especialidad, y actualmente al que dedico parte de mi actividad asistencial.

A la Dra. Esther Gómez por haber sido siempre una gran compañera. Gracias a la confianza que mostró en mí, que me ha ayudado a descubrir nuevas metas y que me ha dado la oportunidad de crecer como profesional. Siempre le agradeceré ese apoyo, ayuda y paciencia.

Me gustaría mostrar mi agradecimiento a todos mis compañeros, y a mi tutor de residencia del Servicio de Anestesiología del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, lugar en el que me he formado y posteriormente me he desarrollado como profesional, así como a los pacientes que han participado en esta tesis.

A mis amigos de anestesiología, a los que aún están en el Hospital Clínico y a los que se han tenido que marchar después de la oposición o por su situación personal. Hemos vivido unos años muy duros de trabajo con la pandemia y a la vez preparar un examen para conseguir nuestra plaza fija, y agradezco el apoyo y esfuerzo de todos y cada uno de ellos, y la amistad que tenemos. Sois unos grandes profesionales, y espero que cada uno termine en un tiempo no muy lejano en el hospital que desee estar.

A mis amigas de la Facultad de Medicina de Valladolid mis “médicas pucelanas” por estos 19 años de amistad, amor y apoyo incondicional, sois mi segunda familia.

A mis amigas del colegio, con las que he crecido desde niña pasando por muchas de las etapas más importantes de la vida, y espero que continúe muchos años más.

Y finalmente quiero mostrar mi agradecimiento a mi familia, mis padres Santiago y Antonia, por haber estado siempre a mi lado, dándome su apoyo, amor y confianza de forma incondicional. Sin ellos no sería la persona que soy, gracias por estar ahí siempre, por vuestra paciencia y por todos los esfuerzos que habéis hecho para que pudiese cumplir mi sueño de ser médico y sobretodo por haber crecido en una familia que me ha hecho ser muy feliz. A mi hermano Santiago, por ayudarme, apoyarme y darme su cariño siempre, gracias por haber compartido media vida juntos y aguantar todas mis “locuras”.

A mi compañero de vida, Sergio, gracias por cruzarte en mi camino, por estar ahí siempre, por quererme y apoyarme, y darme el mejor regalo del 2023 la llegada de nuestro hijo Leo.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |             |
|--|-------------|
| <i>LISTADO DE ABREVIATURAS</i> .....   | <i>I</i>    |
| <i>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</i> .....   | <i>V</i>    |
| <i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....  | <i>VI</i>   |
| <i>RESUMEN</i> .....   | <i>VIII</i> |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....   | <b>1</b>    |
| 1.1 Historia de la infección.....  | 1           |
| 1.2 Historia de las radiaciones ultravioletas en el tratamiento de infecciones<br>.....                                  | 17          |
| 1.3 Historia de las radiaciones UVC .....  | 20          |
| 1.4 Características físicas de las radiaciones UV .....  | 21          |
| 1.5 Sistemas de desinfección .....   | 24          |
| 1.5.1 Antisépticos de uso hospitalario.....  | 25          |
| 1.5.2 Desinfectantes químicos.....   | 28          |
| 1.5.3 Desinfección mediante dispositivos de luz ultravioleta.....  | 31          |
| 1.5.4 Desinfección con ozono .....   | 39          |
| 1.6 Infecciones nosocomiales .....   | 40          |
| 1.6.1 Definición de infección nosocomial.....  | 40          |
| 1.6.2 Datos epidemiológicos de las IN.....   | 41          |
| 1.6.3 Medidas generales para prevenir las infecciones nosocomiales.....  | 44          |
| 1.6.4 Medidas específicas para prevenir las principales infecciones nosocomiales y<br>su importancia epidemiológica..... | 49          |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....  | <b>52</b>   |

|               |   |           |
|---------------|---|-----------|
| <b>3.</b>     | <b><i>HIPÓTESIS</i></b> .....                                 | <b>54</b> |
| <b>4.</b>     | <b><i>OBJETIVOS</i></b> .....                                 | <b>55</b> |
| <b>4.1</b>    | <b>Objetivo principal</b> .....                               | <b>55</b> |
| <b>4.2</b>    | <b>Objetivos secundarios</b> .....                            | <b>55</b> |
| <b>5.</b>     | <b><i>MATERIAL Y MÉTODO</i></b> .....                         | <b>56</b> |
| <b>5.1</b>    | <b>Diseño del estudio</b> .....                               | <b>56</b> |
| <b>5.2</b>    | <b>Población de estudio</b> .....                             | <b>56</b> |
| <b>5.3</b>    | <b>Criterios de inclusión</b> .....                           | <b>56</b> |
| <b>5.4</b>    | <b>Criterios de exclusión</b> .....                           | <b>57</b> |
| <b>5.5</b>    | <b>Clasificación de los pacientes</b> .....                   | <b>57</b> |
| <b>5.6</b>    | <b>Dispositivo Medixair ®</b> .....                           | <b>57</b> |
| <b>5.7</b>    | <b>Anestesia y cuidados intraoperatorios:</b> .....           | <b>57</b> |
| <b>5.8</b>    | <b>Cuidados postoperatorios</b> .....                         | <b>59</b> |
| <b>5.9</b>    | <b>Variables resultados</b> .....                             | <b>60</b> |
| <b>5.9.1</b>  | <b>Variable principal</b> .....                               | <b>60</b> |
| <b>5.9.2</b>  | <b>Variables secundarias</b> .....                            | <b>61</b> |
| <b>5.10</b>   | <b>Recogida de datos</b> .....                                | <b>61</b> |
| <b>5.10.1</b> | <b>Características preoperatorias</b> .....                   | <b>61</b> |
| <b>5.10.2</b> | <b>Características intraoperatorias</b> .....                 | <b>61</b> |
| <b>5.10.3</b> | <b>Características postoperatorias</b> .....                  | <b>61</b> |
| <b>6.</b>     | <b><i>RESULTADOS</i></b> .....                                | <b>67</b> |
| <b>6.1</b>    | <b>Características preoperatorias</b> .....                   | <b>67</b> |
| <b>6.2</b>    | <b>Características de la cirugía</b> .....                    | <b>68</b> |
| <b>6.3</b>    | <b>Características postoperatorias y complicaciones</b> ..... | <b>69</b> |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 6.4  | Características de las infecciones en el postoperatorio .....  | 70  |
| 6.5  | Estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días en los pacientes con UVC y No UVC .....                                 | 71  |
| 6.6  | Resultados analíticos en el postoperatorio de expuestos y no expuestos a UVC .....                                   | 72  |
| 6.7  | Microorganismos aislados en los diferentes lugares de infección en los pacientes expuestos y no expuestos a UVC..... | 74  |
| 6.8  | Características demográficas de los supervivientes y no supervivientes..   | 80  |
| 6.9  | Características perioperatorias y tipo de cirugía en supervivientes y no supervivientes.....                         | 81  |
| 6.10 | Características postoperatorias de los supervivientes y no supervivientes .....                                      | 82  |
| 6.11 | Resultados clínicos de los pacientes supervivientes y no supervivientes ..   | 82  |
| 6.12 | Estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días en supervivientes y no supervivientes.....                              | 83  |
| 6.13 | Resultados analíticos de los pacientes supervivientes y no supervivientes .....                                      | 84  |
| 7.   | <i>DISCUSIÓN</i> .....   | 86  |
| 7.1  | <i>UVC e infecciones</i> .....   | 87  |
| 7.2  | <i>Infección nosocomial asociada a la intubación orotraqueal</i> .....   | 93  |
| 7.3  | <i>Otros sistemas de desinfección</i> .....  | 98  |
| 7.4  | <i>UVC y complicaciones</i> .....  | 101 |
| 7.5  | <i>UVC y mortalidad</i> .....  | 103 |
| 7.6  | <i>Limitaciones del estudio</i> .....  | 105 |



|            |                                  |            |
|------------|----------------------------------|------------|
| <b>8.</b>  | <b><i>CONCLUSIONES</i></b> ..... | <b>106</b> |
| <b>9.</b>  | <b><i>BIBLIOGRAFÍA</i></b> ..... | <b>107</b> |
| <b>10.</b> | <b><i>ANEXOS</i></b> .....       | <b>122</b> |

## LISTADO DE ABREVIATURAS

**a.C:** Antes de cristo.

**ADN:** Ácido desoxirribonucleico.

**AINES:** Antiinflamatorios no esteroideos.

**APACHE:** Acute Physiology and Chronic Health Evaluation.

**ARN:** Ácido ribonucleico.

**BETR:** Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection.

**CEC:** Circulación extracorpórea.

**CK-MB:** Creatinin quinasa mioglobina.

**cm:** Centímetro.

**cm<sup>2</sup>:** Centímetro cuadrado.

**COR:** Receiver operating characteristic curve.

**Covid 19:** Enfermedad del coronavirus 2019.

**CPIS:** Clinical Pulmonary Infection Score.

**CPK:** Creatina fosfoquinasa.

**Cr:** Creatinina.

**CRMA:** Cirugía de revascularización miocárdica aislada.

**dB:** Decibelio.

**dl:** Decilitro.

**DS:** Desviación estándar.

**E:** Energía.

**ENVIN:** Estudio Nacional de Vigilancia de la Infección Nosocomial.

**EPI:** Equipo de protección individual.

**EPINE:** Estudio de prevalencia de infecciones nosocomiales en España.

**EPOC:** Enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

**ERV:** *Enterococos resistentes a vancomicina.*

**etc.:** etcétera.

**EuroSCORE:** European System for Cardiac Operative Risk Evaluation.

**eV:** Electrovoltios.

**FC:** Frecuencia cardíaca.

**FDA:** Food and Drug Administration.

**FFP:** Filtering facepiece.

**FiO<sub>2</sub>:** Fracción inspirada de oxígeno.

**g:** Gramo.

**GaP:** Fosfuro de galio.

**GaAS:** Arseniurio de galio.

**GOT:** Glutámico oxalacético transaminasa.

**GTEI:** Grupo de Trabajo de Enfermedades Infecciosas.

**HCO<sub>3</sub>:** Bicarbonato.

**IC:** Intervalo de confianza.

**IN:** Infección nosocomial.

**InP:** Fosfuro de indio.

**ITU:** Infección del tracto urinario.

**K:** Potasio.

**Kg:** Kilo.

**KPa:** Kilo Pascal.

**Na:** Sodio.

**NaDCC:** Dicloroisocianurato de sodio.

**NAVM:** Neumonía asociada a ventilación mecánica.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** Amonio.

**NHSN:** National Healthcare Safety Network.

**NTP:** Plasma no térmico.

**LDH:** Lactato deshidrogenasa.

**LED:** Diodo emisor de luz.

**nm:** Nanómetro.

**m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado.

**m<sup>3</sup>**: Metro cúbico.

**MERS**: Síndrome respiratorio de oriente medio.

**Mg**: Magnesio.

**mg**: Miligramos.

**ml**: Mililitros.

**O<sub>3</sub>**: Ozono.

**OMS**: Organización Mundial de la Salud.

**Pa**: Pascal.

**PA**: Presión arterial.

**PAM**: Presión arterial media.

**PaCO<sub>2</sub>**: Presión arterial de dióxido de carbono.

**PaO<sub>2</sub>**: Presión arterial de oxígeno.

**PCR**: Proteína C reactiva.

**PCT**: Procalcitonina.

**pH**: Potencial de hidrógeno.

**ppm**: Partes por millón.

**ppmv**: Partes por millón por volumen.

**PPX**: Xenón pulsado.

**PVC**: Presión venosa central.

**RASS**: Richmond Agitation Sedation Scale.

**REA**: Reanimación.

**SAMR**: *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina.

**SARS**: Síndrome respiratorio agudo grave.

**SEMICYUC**: Sociedad Española de Medicina Intensiva y Unidades Coronarias.

**Seg**: Segundo.

**SOFA**: Sequential organ failure assessment.

**SPSS**: Statistical Package for Social Sciences.

**\$**: Dólar.

**TCA**: Tiempo de coagulación activada.

**TnT:** Troponina T.

**U:** Unidades.

**UCI:** Unidad de cuidados críticos.

**UFC:** Unidades formadoras de colonias.

**UV:** Ultravioleta.

**UVA:** Ultravioleta A.

**UVB:** Ultravioleta B.

**UVC:** Ultravioleta C.

**UVD:** Ultravioleta D.

**μm:** Micrómetro.

**μ W:** Microvatio.

**VM:** Ventilación mecánica.

**W:** Vatio.

**Xn:** Xenón.

**°C:** Grado centígrado.

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1. La Peste de Atenas por Michael Sweerts,c 1652-1654 (5) .....  | 2  |
| Ilustración 2 Girolano Fracastolo (1478-1553) (9).....   | 4  |
| Ilustración 3. Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723). Imagen del primer microscopio<br>(11) .....   | 5  |
| Ilustración 4. Florence Nigthingale (16) .....   | 7  |
| Ilustración 5 Mapa de Londres que muestra la división hecha por John Snow en 1849<br>en relación al contagio del Cólera (18).....  | 8  |
| Ilustración 6 Ignad semmelweis. La fiebre puerperal (20) .....   | 9  |
| Ilustración 7 Semmelweis (1818-1865) (22).....   | 10 |
| Ilustración 8 Obra: “Etiología, concepto y profilaxis de la Fiebre Puerperal”.<br>I.Semmelweis (23) .....  | 11 |
| Ilustración 9 Charel Chamberland y la autoclave (1851-1908) (24) .....   | 12 |
| Ilustración 10 Joseph Lister (centro) utilizando un difusor de fenol como antiséptico en<br>un quirófano, en una ilustración del s. XIX. Colección Bettmann Getty (25) ..... | 13 |
| Ilustración 11 Robert Koch en su laboratorio (28) .....  | 15 |
| Ilustración 12 Caroline Hampton y William Halsted en el Hospital Jonh Hopkings(30)   | 16 |
| Ilustración 13 Espectro radiaciones (35) .....   | 18 |
| Ilustración 14 Paciente con lupus sometido a fototerapia, antes y después del<br>tratamiento. Die Bekämpfung des Lupus vulgaris (Jena, 1903) (38) .....                      | 19 |
| Ilustración 15 Penetración en la atmósfera de los distintos tipos de radiaciones (40)..  | 22 |
| Ilustración 16 Efecto de las radiaciones UVC sobre el ADN (42) .....   | 23 |
| Ilustración 17 Ley del inverso del cuadrado (49).....  | 33 |
| Ilustración 18 Imágenes del dispositivo Medixair®(50).....   | 46 |
| Ilustración 19 Dispositivo Xenón pulsado (51) .....  | 39 |
| Ilustración 20 Mascarilla higiénica (59) .....   | 46 |
| Ilustración 21 Mascarilla quirúrgica (60) .....  | 47 |
| Ilustración 22 Mascarillas FFP1,FFP2,FFP3.(61) .....   | 48 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Espectro de acción de los amonios cuaternarios.....  | 30 |
| Tabla 2 Energía necesaria para eliminar a las siguientes bacterias con el dispositivo<br>Medixair® .....               | 36 |
| Tabla 3 Energía necesaria para eliminar a los siguientes virus con el dispositivo<br>Medixair® .....                   | 37 |
| Tabla 4 Energía necesaria para eliminar a las siguientes levaduras con el dispositivo<br>Medixair® .....               | 37 |
| Tabla 5 Energía necesaria para eliminar las siguientes esporas con el dispositivo<br>Medixair® .....                   | 38 |
| Tabla 6 Microorganismos Gram positivos más frecuentes causantes de IN en UCI según<br>estudio ENVN-UCI 2019(56) .....  | 42 |
| Tabla 7 Microorganismos Gram negativos más frecuentes, causantes de IN en UCI<br>según estudio ENVN-UCI 2019(56).....  | 42 |
| Tabla 8 Hongos más frecuentes, causantes de IN en UCI según estudio ENVN-UCI 2019<br>(56) .....                        | 43 |
| Tabla 9 Características demográficas y clínicas preoperatorias de los pacientes<br>expuestos y no expuestos a UVC..... | 67 |
| Tabla 10 Características de la cirugía en pacientes con UVC y No UVC .....   | 68 |
| Tabla 11 Características postoperatorias y complicaciones de los pacientes con UVC y<br>No UVC .....                   | 69 |
| Tabla 12 Características de las infecciones en el postoperatorio .....   | 70 |
| Tabla 13 Estancia hospitalaria y mortalidad a los 30 días de pacientes expuestos y no<br>expuestos a UVC.....          | 71 |
| Tabla 14 Resultados analíticos de los pacientes en REA con UVC y No UVC.....   | 73 |
| Tabla 15 Microorganismos aislados en pulmón en pacientes expuestos a UVC y no<br>expuestos .....                       | 74 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 16 Microorganismos aislados en la orina de pacientes expuestos a UVC y no expuestos .....                           | 75 |
| Tabla 17 Microorganismos aislados en catéter central en expuestos a UVC y no expuestos .....                              | 76 |
| Tabla 18 Microorganismos aislados en sangre en expuestos a UVC y no expuestos ....  | 77 |
| Tabla 19 Microorganismos aislados en áreas de piel distinta a la herida quirúrgica en expuestos a UVC y no expuestos..... | 78 |
| Tabla 20 Áreas colonizadas en pacientes expuestos a UVC y no expuestos a UVC.....   | 79 |
| Tabla 21 Características demográficas y clínicas preoperatorias de supervivientes y no supervivientes .....               | 80 |
| Tabla 22 Características del tipo de cirugía en supervivientes y no supervivientes.....                                   | 81 |
| Tabla 23 Características postoperatorias de los supervivientes y no supervivientes ....                                   | 82 |
| Tabla 24 Características de las infecciones en el postoperatorio en pacientes supervivientes y no supervivientes .....    | 83 |
| Tabla 25 Estancia hospitalaria y mortalidad a los 30 días de supervivientes y no supervivientes .....                     | 84 |
| Tabla 26 Resultados analíticos de supervivientes y no supervivientes .....  | 85 |



## **RESUMEN**

### **Introducción**

Numerosos estudios han evaluado el uso de sistemas de emisión de radiaciones ultravioletas tipo C (UVC), como sistema de desinfección en hospitales, sin embargo, hasta la fecha hay escasa información sobre el impacto de estos dispositivos en los pacientes. Es por ello, que hemos investigado, el efecto de las radiaciones ultravioletas con carácter esterilizador, sobre los resultados clínicos de pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

### **Material y métodos**

Se trata de un estudio randomizado, prospectivo, no intervencionista, en el que se incluyeron 1.097 pacientes sometidos a cirugía cardíaca de forma electiva, 522 estuvieron en la unidad de reanimación cardíaca expuestos al dispositivo emisor de radiaciones ultravioletas tipo C (Medixair®) y 575 no estuvieron expuestos, siendo utilizados como grupo control.

### **Resultados**

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de neumonía asociada a ventilación mecánica (4,6 % vs. 5,0 %,  $p=0,77$ ), ni en las tasas totales de infección (14 % vs 15,5 %,  $p=0,45$ ) entre los pacientes expuestos a radiaciones ultravioletas tipo C y los no expuestos. La duración de la estancia en la unidad de reanimación, fue similar en ambos grupos, UVC (4,6 (8,2) días y 18,3 (5,5 días), y sin UVC (4,6 (7,3) días y 19,2 (18,6) días). La tasa de mortalidad hospitalaria a los 30 días fue del 5,3 %, y no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p=0,053$ ).

## **Conclusión**

La tecnología ultravioleta C, no ha demostrado una reducción significativa de las tasas de infección nosocomial, ni de mortalidad en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Historia de la infección

Los microorganismos siempre han estado presentes en el medioambiente y se han comportado como un elemento importante para la salud humana. La vida se inició en forma de microorganismos y estos, han desarrollado una extraordinaria capacidad de supervivencia que les ha permitido colonizar prácticamente cualquier espacio natural de la tierra y por supuesto los hábitats artificiales creados por el ser humano para cobijarse (1).

Ya en la Biblia estaban presentes las enfermedades contagiosas como la ley de la lepra relacionada con sacrificios, ofrendas y unciones, descrita en el Levítico “*Y al séptimo día mirará la plaga: y si hubiere cundido la plaga en el vestido, o estambre, o en la trama, o en piel, o en cualquiera obra que se hace de pieles, lepra roedora es la plaga; inmunda será*” (2). El pueblo judío tenía creencias respecto a la dispersión de la enfermedad por contacto, sin embargo sus ideas de causalidad estuvieron relacionadas con aspectos sobrenaturales.

La mayoría de las ideas sobre transmisión de la enfermedad se perdieron durante la época de los antiguos griegos y romanos y es Tucídides uno de los primeros en hacer de nuevo alusiones a la naturaleza contagiosa de ciertas plagas, en su *Historia de la peste ateniense* refiere que los causantes fueron los habitantes de Peloponeso que envenenaron los pozos (3). Pero la realidad fue que la Peste de Atenas se desarrolló del 430 al 426 a.C. (antes de Cristo) y que fue una pandemia que se inició en Etiopía, pasó a Egipto y Libia para introducirse en Atenas, que en aquella época estaba sitiada por Esparta en la guerra del Peloponeso. La ciudad estaba abarrotada, con poca higiene lo que facilitó el contagio. Hoy en día se cree que el origen fue debido posiblemente a la bacteria *Salmonella*, que fue introducida a la ciudad con los productos del comercio que llegaban a través del único puerto disponible, el Pireo, que encontraría en la ciudad

sitiada y abarrotada con poca higiene, un lugar propicio para el desarrollo de la epidemia (4).



Ilustración 1. *La Peste de Atenas* por Michael Sweerts, c. 1652-1654 (5)

Referencias similares hacen escritores posteriores, destacando *La Ilíada*, donde el dios Apolo causó utilizando dardos, enfermedades epidémicas sobre la armada antes del sitio de Troya.

Más adelante la teoría de la modificación de la atmósfera, como resultado del clima o de la estación, fue una doctrina a seguir por Hipócrates (460-377 a.C.), quien creyó además, que el cuerpo sufría cambios similares. En su tratado *Sobre los vientos*, el aire es la causa de la enfermedad, en él afirma, que cuando el aire está infectado con miasmas enemigos de los humanos, la gente enferma. El “mal aire” se convirtió así en el principal agente etiológico en la patología hipocrática. En este libro hace referencia al médico diciendo: “ *A medida que pasa el tiempo y transcurre el año, estará en capacidad de decir qué enfermedades epidémicas atacaran la ciudad, ya en verano, ya en invierno, así como cuáles le son peculiares al individuo y cuáles pueden ocurrir durante un cambio en el modo de vida. Pues al conocer los cambios de las estaciones, y las salidas y las*

*puestas de los astros, con las circunstancias de cada uno de estos fenómenos, sabrá de antemano la naturaleza del daño que se aproxima” (6).*

Su teoría del miasma, que difiere de la idea posterior del contagio animado, asignó a los recipientes un papel inactivo en la transmisión. Además de esto Hipócrates, es quien presagió la asepsia, al promover el uso de vino y agua hervida para el lavado de heridas y aconsejó la limpieza de las uñas del operador.

En la Edad Media, las grandes epidemias, dieron lugar a la reflexión y observación, ensalzando el concepto de la infección y el contagio. Giovanni Boccaccio (113-1375); en el *Decameron escrito en 1358*; refirió acerca de la plaga de 1348 lo siguiente: “tocar sus ropas o algún otro objeto que ha sido empleado por quienes han estado enfermos, causará la comunicación de la enfermedad”. Dos catedráticos de la Universidad de Padua, Jacopo Forti (¿?-1413) y Alessandro Benedetti (1460-1525), decían que la enfermedad podía ser adquirida por el contacto “el principio malsano estaba embebido y era retenido en los artículos empleados por el enfermo” (7).

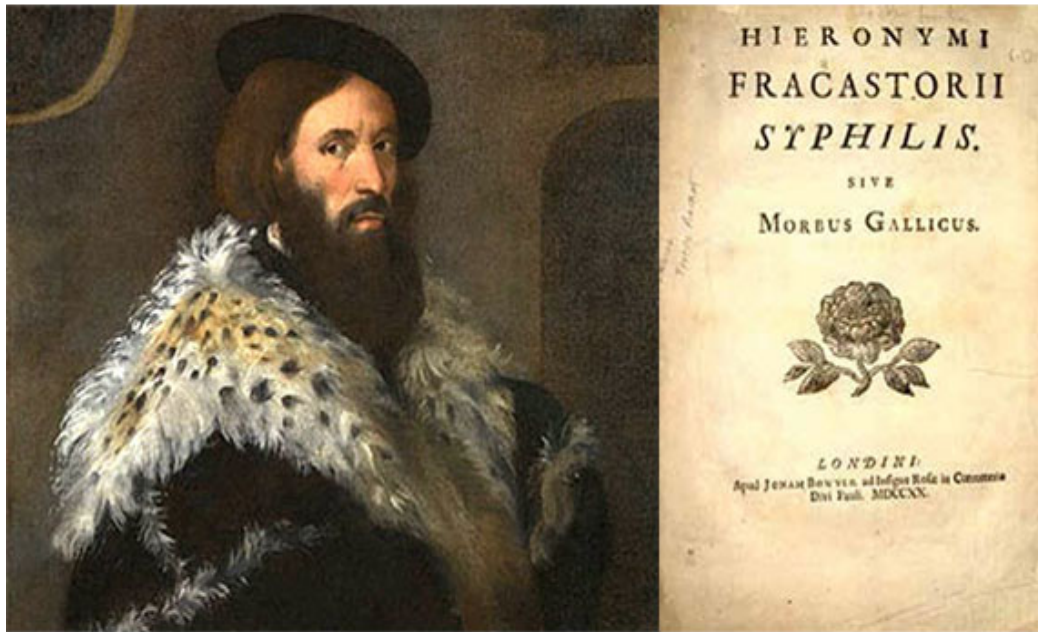
En el siglo XVI Girolano Fracastoro (1478-1553), describe en el año 1546 en tres libros el contagio, definiéndolo como una “infección que pasa de un individuo a otro y, es similar en el portador y en el recipiente”.

Divide al contagio en tres tipos:

- Contagio sólo por contacto.
- Contagio por fómites. Considera fómites a ropas, cosas inanimadas, las cuales no son corrompibles, si no que son capaces de preservar el germen original del contagio y dar lugar a su transferencia a otros.
- Contagio a distancia, por ejemplo, fiebres pestilentes, o exantema.

También cabe destacar su observación, de que no todos los contagios se comportaban igual, ya que atacaban a órganos distintos. Gracias a él y sus seguidores reapareció la doctrina del *Contagium animatum*, la cual recibió una base objetiva al descubrirse el microscopio en los inicios del siglo XVII (8). Hoy en día podemos considerar a Fracastoro, como un gran humanista y el primero en hablar con buen rigor científico de la sífilis. En sus trabajos Fracastoro establece así que, el origen de la sífilis debe situarse en la degeneración del aire, el cual por su sutileza no sólo es dado a este

tipo de variaciones, sino que también favorece la difusión y propagación del mal. Simplificando su pensamiento estableció el contagio en dos etapas. Por una parte, fijó el origen del mal en el ambiente, lo cual, según él, permitía entender la amplitud del espacio físico afectado y, por otra parte, una vez superada esa etapa inicial altamente maligna, aparecía una segunda fase en la que, la enfermedad ya se ha incorporado físicamente y se transmite únicamente por contacto directo con el enfermo, no necesariamente sexual.

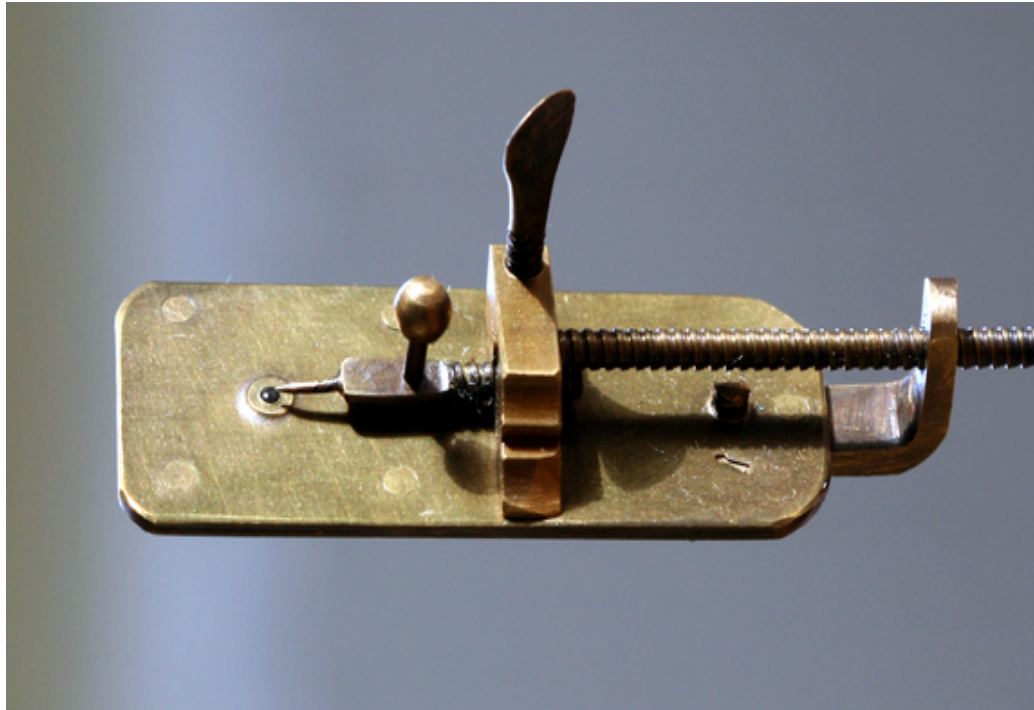


*Ilustración 2 Girolamo Fracastolo (1478-1553) (9)*

Athanasius Kircher (1602-1680) fue el primero en reflexionar, sobre que eran criaturas microscópicas las causantes del contagio, y este recibió el apoyo de Christian Lange (1619-1662) el cual creía en la patología animada, afirmando que la producción de la enfermedad ocurre por la entrada de diminutos agentes vivos en el cuerpo.

En nuestros días se afirma que el verdadero descubridor del mundo microscópico fue un comerciante de tejidos con escasa formación científica Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723), siendo considerado uno de los mejores fabricantes de microscopios de la época. Utilizaba lentes para evaluar el número de hebras que contenían los materiales que utilizaba y así establecer su calidad. Pero realmente ya había documentos previos en la Guerra de los 30 años en los que se utilizó el microscopio, y también en escritos de

Galileo. En 1675 descubrió criaturas vivas en el agua de la lluvia que había quedado almacenada hacía unos días en un tubo. Es famosa la descripción de las bacterias que había encontrado en sus dientes, donde describe todos los tipos morfológicos conocidos ahora “cocos, bacterias, vibrios y formas espirales” (10). Fue Louis Joblot (1645-1723) profesor de matemáticas en París, quién confirmó los trabajos de Leeuwenhoek publicando en 1718 el primer tratado de protozoología.



*Ilustración 3. Antony Van Leeuwenhoek (1632-1723). Imagen del primer microscopio (11)*

El naturalista inglés Henry Baker (1698-1774), hizo famosa la microscopía en Inglaterra y estableció nuevos conocimientos morfológicos de los distintos microorganismos. En los inicios del siglo XVIII El trabajo del Dr. Benjamin Marten *Una nueva teoría de la Consumpción*: afirmaba que los microorganismos podían existir en nuestros jugos, y que estos podían llegar a los pulmones a través de la sangre y también por el aire, siendo los individuos más cercanos a los enfermos los que estaban en un mayor riesgo de enfermarse (12).

Agostino Bassi de Lodi (1773-1856) es considerado en el año 1835 el fundador de la doctrina de los microorganismos patógenos de origen vegetal. Destacan de sus obras, las recomendaciones que hizo en pacientes afectados de cólera sobre la

necesidad de aislamiento inmediato, y desinfección de ropas. Cabe destacar también en el campo de propagación de infecciones que estableció la utilidad de germicidas como el alcohol, ácidos, álcalis, azufre y el cloro. También aconsejó, en lo referente a la vacunación de los niños, esterilizar la aguja entre cada vacunación para prevenir complicaciones y la transferencia de la enfermedad; por lo que es considerado un precursor de las teorías de Schwann, Pasteur y Koch (13).

En 1836-1837 Cagniard-Latour y Schwann ejercieron una gran influencia en el pensamiento médico del siglo XIX, ya que lograron iniciar la investigación sobre los organismos parásitos causantes de enfermedad, una muestra de esto es el descubrimiento de la levadura. En concreto Schwann descubrió, que era el desarrollo de un organismo vivo, la levadura -el hongo del azúcar como él la llamó ("Zuckerpilz", luego denominado *Saccharomyces*)-, el agente responsable de la fermentación.(14)

Florence Nightingale nacida el 12 de mayo de 1820 es considerada la madre de la enfermería moderna. Fue una gran epidemióloga, los datos que aportó contribuyeron a que las autoridades, tomaran medidas para controlar los problemas sanitarios existentes. En 1856, demostró que la seguridad de los alimentos y el agua junto con un ambiente limpio podía producir un descenso de las tasas de mortalidad en un hospital militar y que, gran parte de las enfermedades contagiosas, se debían a la masificación. Nightingale analizó datos del Departamento de Matronas del Hospital King's College relacionados con la alta tasa de mortalidad durante el parto, y gracias a este análisis estableció recomendar modificaciones ambientales, para reducir la fiebre puerperal, que fue la principal causa de muerte materna en aquella época. El lavado de manos, fue otra de sus grandes aportaciones y hoy en día es una medida preventiva de gran importancia y recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Está demostrado que un gran porcentaje de infecciones nosocomiales se pueden prevenir mediante esta maniobra, pues la mayoría de los microorganismos asociados con la microbiota transitoria de las manos, es decir, adquirido por contacto con personas o materiales colonizados o infectados, podría eliminarse fácilmente con un lavado adecuado, al contribuir en la reducción de su diseminación. Florence junto con William



Farr, observaron que la alta mortalidad de los hospitales militares se debía a enfermedades contagiosas y a la masificación de enfermos (15).



*Ilustración 4. Florence Nigthingale (16)*

En 1846 se inició la tercera gran pandemia de cólera asiático y Europa fue rápidamente invadida. John Snow, un reputado médico inglés anesthesiólogo, planteó por primera vez, el carácter transmisor del agua en las epidemias. Analizó el registro de las defunciones por cólera ocurridas entre 1848-1849. Observó que, los distritos de la zona sur de Londres concentraban la mayor cantidad de casos en términos absolutos y daban cuenta de la más alta tasa de mortalidad, muy superior a la del resto de la ciudad (8,0 y 2,4 defunciones por 1.000 habitantes, respectivamente). En su análisis, descubrió que los habitantes de la zona sur de Londres obtenían agua para beber río abajo del Támesis, lugar donde las aguas estaban altamente contaminadas, a diferencia de los habitantes de las demás zonas de Londres, quienes la obtenían de sectores menos contaminados aguas arriba del mismo o sus afluentes. Con estos datos, Snow postuló en 1849 una innovadora hipótesis, sosteniendo que el cólera se transmitía mediante la

ingestión de una "materia mórbida" invisible al ojo humano, la cual debía actuar a nivel de los intestinos, produciendo un síndrome diarreico agudo con deshidratación severa. Esta "materia mórbida" había de reproducirse y eliminarse a través de las deposiciones, las cuales, finalmente, terminaban en aguas del Támesis. La gente, al beber el agua contaminada extraída del río, ingería la "materia mórbida", cerrando así un círculo de contagio. Snow publicó su hipótesis en un artículo titulado *"On the Mode of Communication of Cholera"* (1849), sin embargo, su teoría no tuvo aceptación entre sus colegas, por el contrario, fue duramente criticado en diversas oportunidades. La comunidad médica mantenía firme sus creencias, especialmente la relacionada con la teoría miasmática(17).

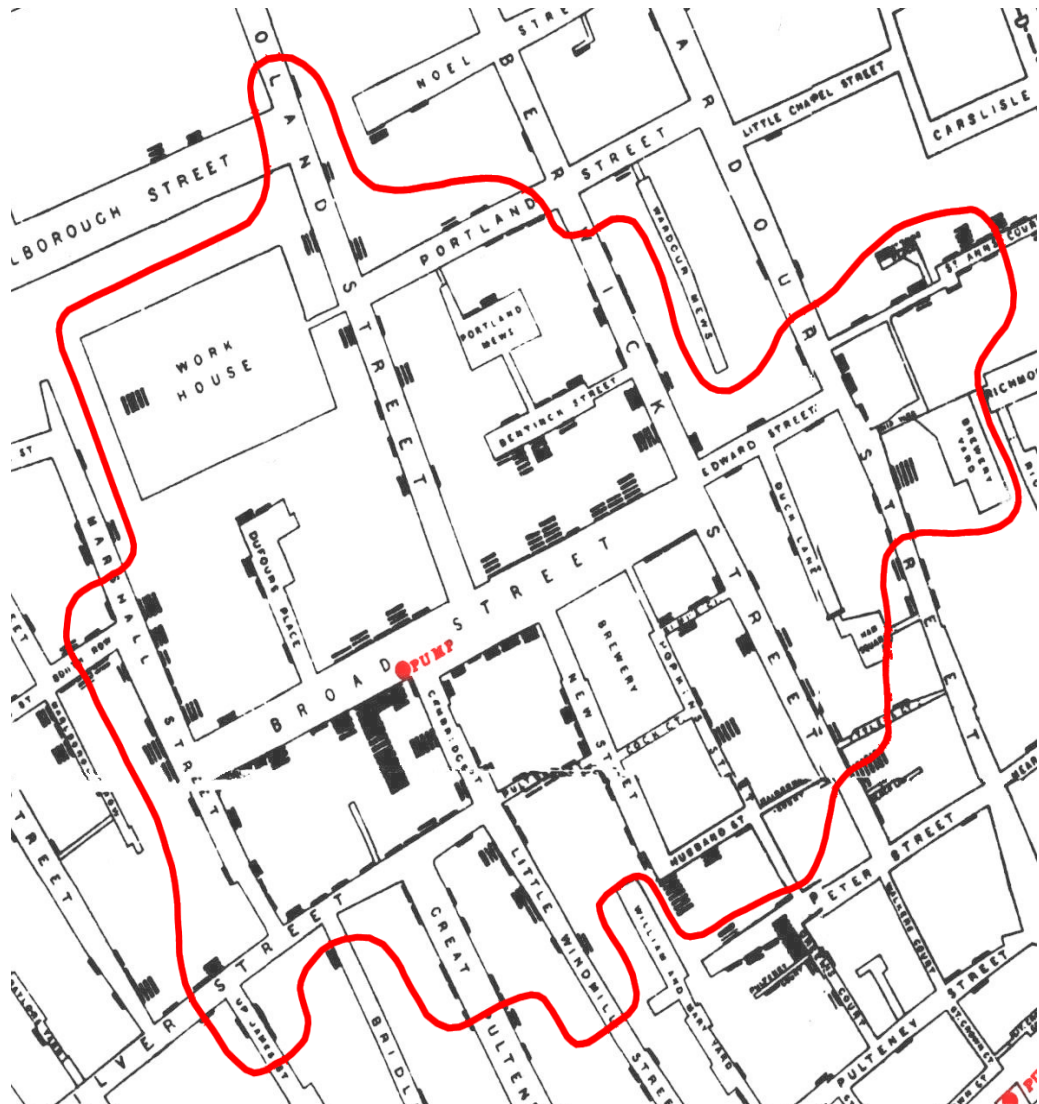


Ilustración 5 Mapa de Londres que muestra la división hecha por John Snow en 1849 en relación al contagio del Cólera (18)

Otro avance fue introducido por William Budd (1811-1880), epidemiólogo de la época victoriana, se basó en los trabajos de su contemporáneo John snow. Estudió cómo la leche y el agua eran los principales difusores del contagio de enfermedades tan graves como el cólera y el tifus, además de un gran avance para la medicina, su trabajo sirvió de revulsivo para que las autoridades se preocuparan más de las condiciones higiénicas que existían en las ciudades y prestó especial atención al sistema de aguas. Una de las primeras ciudades donde se siguieron sus recomendaciones , fue Bristol (19).

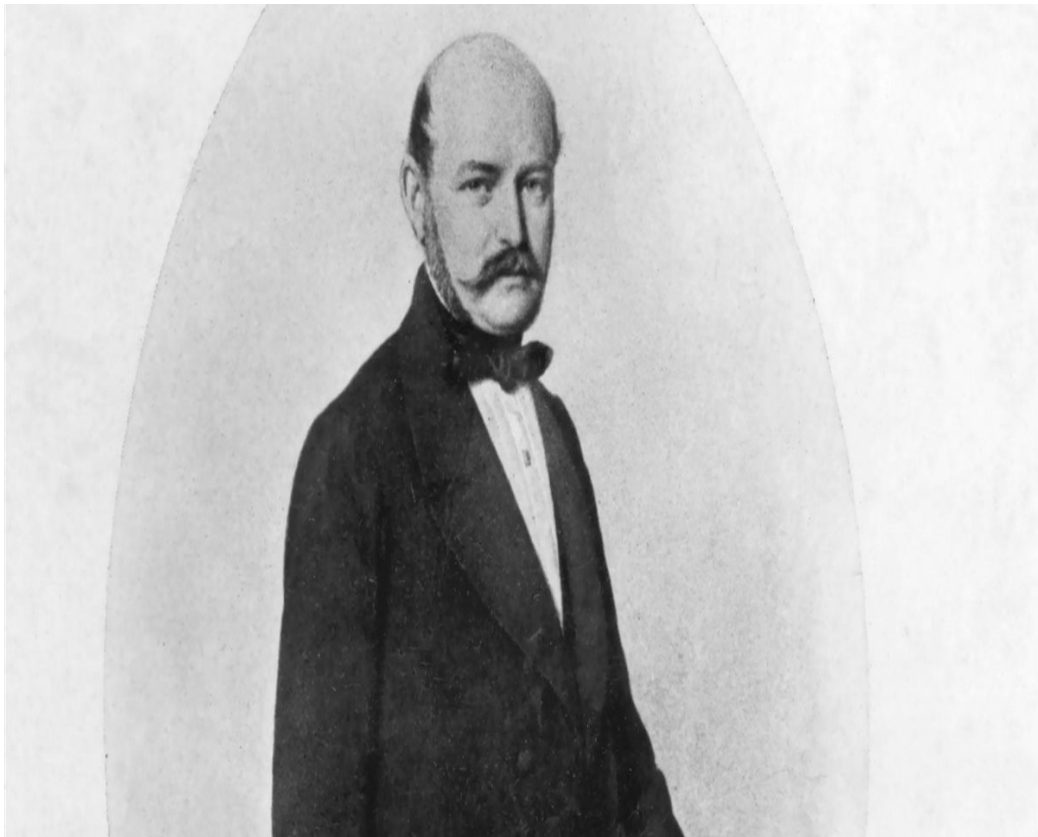
Un referente importante en la historia de la asepsia fue Ignacio Semmelweis (1818-1865), quien demostró en 1846 en Viena la asociación entre la infección puerperal, en el pabellón de maternidad y las manos de los médicos contaminadas, después de realizar necropsias, comparó la mortalidad de los partos atendidos por parteras y por médicos, siendo mayor en los últimos. Postuló que estas partículas cadavéricas entraban por el torrente sanguíneo de la persona afectada y que podía afectar no sólo a puérperas sino a las embarazadas y a sus propios hijos recién nacidos. También observó que las mujeres que habían parido en la calle tenían una menor incidencia de fiebre puerperal.



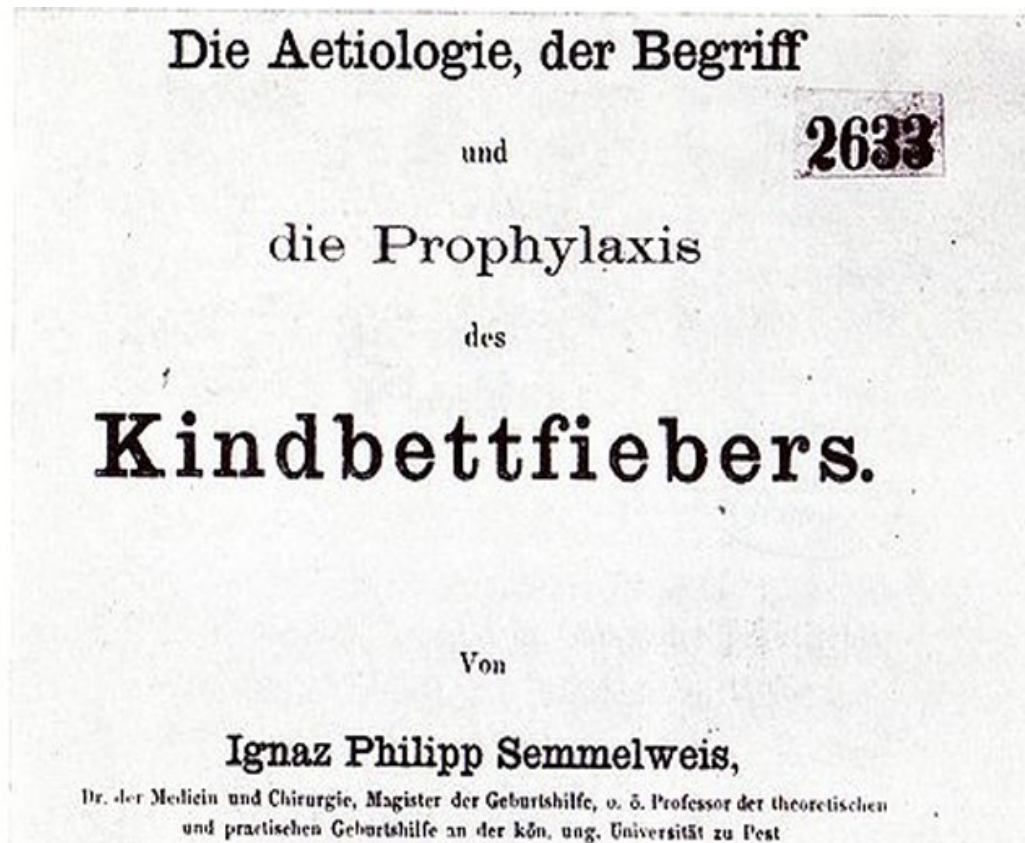
*Ilustración 6 Ignad semmelweis. La fiebre puerperal (20)*

Esto le llevó a imponer desde mayo de 1847 una medida preventiva como el lavado de manos con soluciones cloradas, de los médicos antes y después de atender a las parturientas. Registró enormes diferencias en las tasas de mortalidad, por ejemplo, del 12,11 % en 1842 contra el 1,28 % en 1848.

En 1861, publicó su célebre obra, *“Etiología, concepto y profilaxis de la Fiebre Puerperal”*, donde expuso de forma detallada sus doctrinas y resultados, pero no alcanzó el influjo que cabía esperar. Su aceptación tendría lugar una década después (21).



*Ilustración 7 Semmelweis (1818-1865) (22)*



*Ilustración 8* Obra: "Etiología, concepto y profilaxis de la Fiebre Puerperal". I.Semmelweis (23)

Louis Pasteur (1822-1895), fue quien dilucidó la verdadera naturaleza de la infección, creó la ciencia bacteriológica y abrió el camino a Lister. Sus contribuciones supusieron el inicio del sistema antiséptico en la cirugía. Descubrió que la putrefacción, era una fermentación provocada por agentes vivos (bacterias) que se encontraban en todas partes (aire, polvo).

En 1880 Charel Chamberland (1851-1908) bacteriólogo francés que trabajo con Pasteur, desarrollo la primera esterilización médica mediante el uso del "Chamberland autoclave".



*Ilustración 9 Charel Chamberland y la autoclave  
(1851-1908) (24)*

Lister (1827-1912), empleó por primera vez la antisepsia en 1865, aplicando los principios de Pasteur referentes al tratamiento preventivo de la supuración, y estableció

que era necesario impedir la presencia de bacterias en el interior o en la superficie de la herida.

El método llevado a cabo por Lister tenía tres etapas:

1. Destrucción de los gérmenes y organismos vivos antes de la operación.
2. Destrucción de los gérmenes durante el acto quirúrgico.
3. Evitar la aparición de gérmenes después de la intervención quirúrgica.

El éxito del método se conseguía, utilizando la llamada "solución fuerte" de ácido fénico al 5% para sumergir en ella los instrumentos usados en la operación. Las esponjas quirúrgicas se introducían en dicha solución para limpiarse, y eran exprimidas antes de utilizarlas. El campo operatorio y su vecindad se impregnaban con una esponja empapada en dicha preparación. Las manos del cirujano y ayudantes debían lavarse con una solución acuosa de ácido fénico al 2,5 %, denominada "solución débil". Al estar la herida expuesta, en contacto con los gérmenes contenidos en el aire, Lister evitaba este inconveniente, operando "detrás de una compresa con aceite fenicado, cubriendo enseguida la herida, lo más rápido posible".



*Ilustración 10 Joseph Lister (centro) utilizando un difusor de fenol como antiséptico en un quirófano, en una ilustración del s. XIX. Colección Bettmann Getty (25)*

Un ejemplo de esta idea fue llevado a cabo en una fractura abierta de fémur (26). Con ello consiguió reducir la mortalidad operatoria de casi el 50 % a solo un 6 % siendo considerado este el inicio propiamente dicho de la asepsia, además de ser él el que introdujo los principios de la antisepsia en cirugía. Estas medidas son consecuencias de su pensamiento avanzado en torno a la sepsis hospitalaria, que puede sintetizarse en su frase: “Hay que ver con el ojo de la mente los fermentos sépticos”.

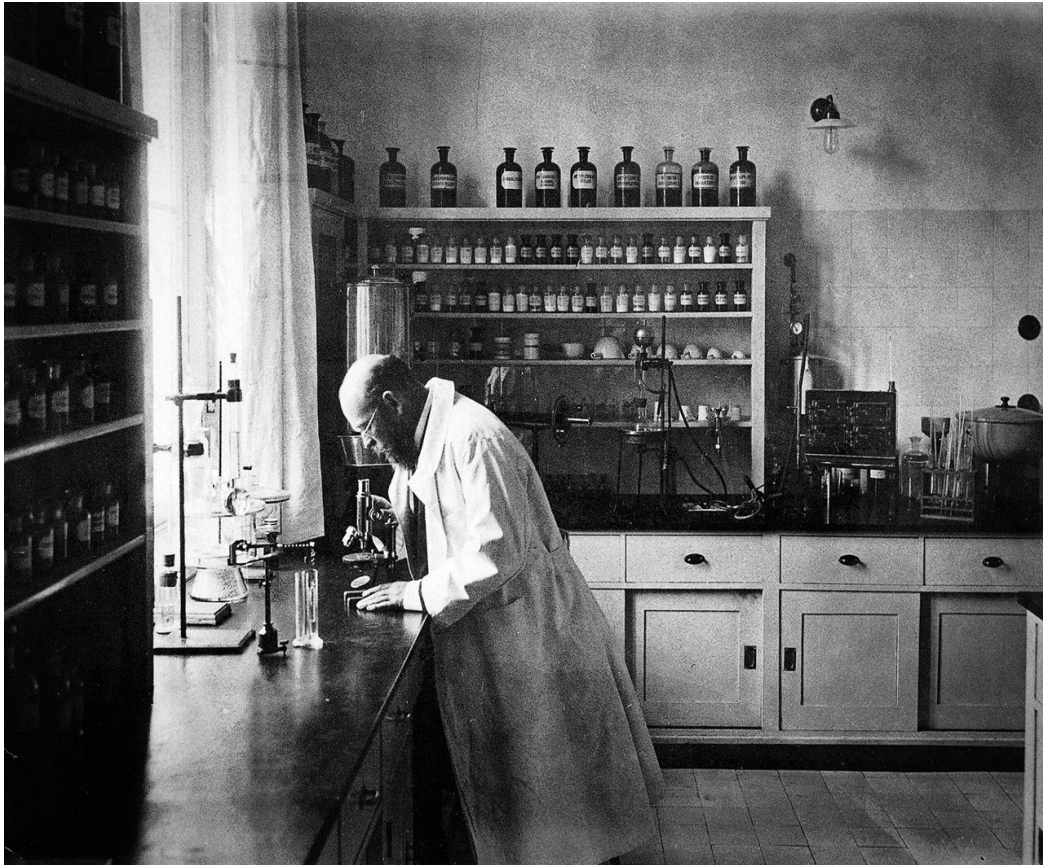
El médico alemán Robert Koch (1843-1910) es considerado uno de los fundadores de la bacteriología. Su primera contribución a la recientemente asentada ciencia de la microbiología, fue el aislamiento de *Bacillus anthracis*, agente etiológico del carbunco bacteriano en el año 1877. En sus publicaciones en Leipzig, en 1878, demostró taxativamente el origen microbiano de las infecciones de las heridas accidentales y quirúrgicas y estableció los llamados postulados de Koch. Estos sirvieron como guía para establecer el método científico, y suponen su mayor contribución a la microbiología, ya que permitían descubrir los agentes causales de las enfermedades. Él fue el artífice de la idea de impedir la entrada de gérmenes, en lugar de desinfectar la herida cuando ya estaba contaminada.

Estos postulados decían los siguiente:

1. La bacteria patógena debe aislarse siempre de animales enfermos y nunca de animales sanos.
2. Cuando un animal está enfermo la bacteria debe aislarse en cultivo puro.
3. Si la bacteria se inocula a otro individuo debe reproducirse la enfermedad.
4. La bacteria debe aislarse nuevamente en cultivo puro.

En 1882 consiguió aislar el agente etiológico de la tuberculosis, el *Mycobacterium tuberculosis*, hecho que le sirvió para ganar el premio Nobel (27).





*Ilustración 11 Robert Koch en su laboratorio (28)*

Otro acontecimiento importante en la historia de la asepsia fue la introducción por parte de William Halsted (1852-1922) de la práctica de usar guantes de goma esterilizados durante las intervenciones. Halsted introdujo inicialmente los guantes, únicamente para proteger las manos de la jefa de enfermería de quirófano, Caroline Hampton, del Hospital Jonh Hopkins donde trabajaban juntos, y que más adelante se convirtió en su esposa. Posteriormente, vió la utilidad en sus estudios de su uso, y antes de cada intervención todo el personal que iba a intervenir en la cirugía sumergía sus manos en permanganato de potasio y posteriormente en una solución de ácido oxálico.

También gracias a él se comenzó a usar la bata blanca y los cabellos de la cabeza cubiertos (29).



*Ilustración 12 Caroline Hampton y William Halsted en el Hospital Jonh Hopkings (30)*

Jan Mikulicz (1850-1905) fue un importante cirujano, discípulo predilecto del gran Theodor Billroth. Trabajó en la Universidad de Breslau, donde creó una escuela quirúrgica muy famosa. En ella se utilizaban, batas, guantes y lavado quirúrgico. Demostró la utilidad de las mascarillas quirúrgicas, ya que estableció la teoría de las gotas de Flugge e instauró su uso en todas las intervenciones (31).

Gracias a estas aportaciones, la cirugía de hoy en día ha heredado estos métodos de asepsia que han hecho disminuir en alto grado, la mortalidad.

A comienzos del siglo XX, varios autores estudiaron las propiedades antibióticas de algunos mohos, lo cual supuso un antes y un después en la historia de las infecciones.

El primer descubrimiento importante lo llevó a cabo Paul Erlich, físico y químico alemán, que descubrió en 1909, el único tratamiento selectivo contra la sífilis. La época de oro en el mundo de los antibióticos la desarrolló Alexander Fleming (1881-1995), quién dió a conocer las propiedades bactericidas de la lisozima y el “jugo del moho”, lo

que le impulsó en 1929 al desarrollo de la penicilina. Este descubrimiento lo dejó reflejado en su obra *“On the antibacterial actino of cultures of a Penicillium”*.

En 1940, en un laboratorio de Oxford, en colaboración con el ucraniano Ernst Boris Chain y el australiano Howard Walter Florey, se realizó la tarea de convertir la penicilina en un medicamento utilizable suponiendo así un hito de gran importancia en la historia de los antibióticos (32).

Como conclusión gracias al trabajo de investigación realizado desde milenios, hoy en día cumplimos con unas medidas de asepsia en todas las intervenciones que tienen riesgo de infección. Se han establecido medidas preventivas y de tratamiento de las infecciones. Tenemos la capacidad de conocer, como se comportan muchos de los microorganismos presentes en nuestro entorno, su forma de contagio y hemos desarrollado las herramientas para hacer frente a muchos de ellos.

En el futuro más inmediato deberemos hacer frente al tratamiento de nuevos microorganismos y al desarrollo de nuevas medidas de prevención para evitarlos. Deberemos tener un uso racional de estos tratamientos para evitar las resistencias a antibióticos, ya que existe riesgo real de que se conviertan en la pandemia del siglo XXI.

## **1.2 Historia de las radiaciones ultravioletas en el tratamiento de infecciones**

Desde la época griega, la luz solar ha sido utilizada para el tratamiento de diversas afecciones, como edema, artritis, ictericia y diversos trastornos cutáneos. A finales del siglo XV comenzó la difusión de los efectos beneficiosos del aire puro y la luz solar para el tratamiento de úlceras, raquitismo, tuberculosis, depresión y edema (33).

En 1801 el físico y fisiólogo alemán Ritter, descubrió las radiaciones ultravioletas (UV) mientras investigaba la descomposición del cloruro de plata por la luz, exploró la franja cercana al violeta y observó que el efecto fotoquímico buscado se producía, incluso con más intensidad. Otro de sus descubrimientos fue que, los rayos invisibles justo más allá del extremo violeta del espectro, eran incluso más eficaces para oscurecer el papel empapado en cloruro de plata. Él llamó a estos "rayos desoxidantes" para

enfatar su reactividad química y para distinguirlos de los "rayos de calor" en el otro extremo del espectro visible. Con el tiempo, el término más simple "rayos químicos" fue adoptado para describir estos rayos invisibles junto con los adyacentes "rayos azul violeta". Los términos rayos químicos y de calor fueron la nomenclatura popular utilizada a lo largo del siglo XIX, pero finalmente esta desapareció a favor de los términos más restrictivos ultravioleta y radiación infrarroja, respectivamente (34).

La radiación ultravioleta (UV) es por tanto definida como aquella que pertenece a la franja del espectro electromagnético con longitudes de onda entre 400 y 100 nm; esta se extiende entre la el espectro visible y la zona que conocemos como de rayos X.

Las radiaciones ultravioletas se clasifican según su longitud de onda en tres tipos:

- Radiaciones ultravioletas A (UVA) abarcan longitudes de onda entre 320 y 400 nm.
- Radiaciones ultravioletas B (UVB) abarcan longitudes de onda entre 290 y 320 nm.
- Radiaciones ultravioletas C (UVC) abarcan longitudes de onda entre 200 y 290 nm.

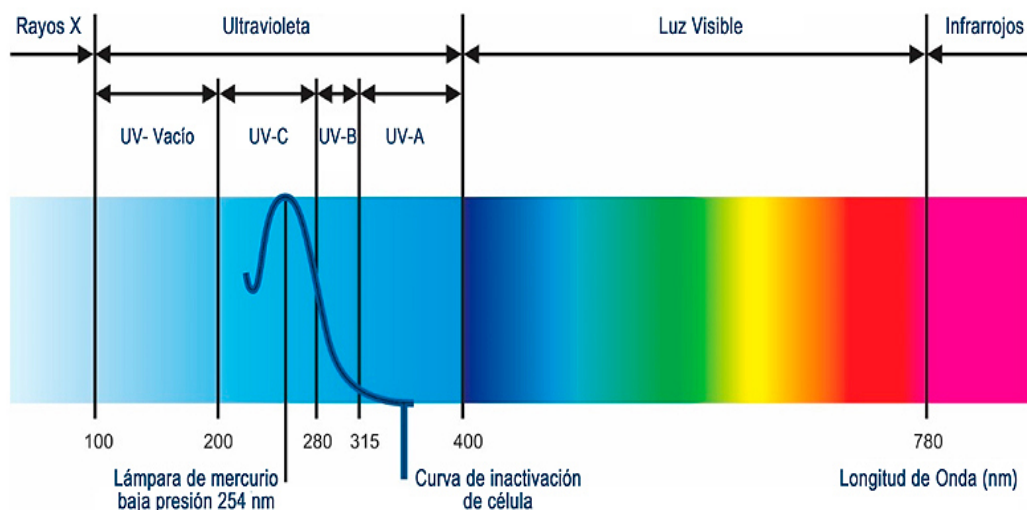


Ilustración 13 Espectro radiaciones (35)

Posteriormente Ward demostró que la máxima acción bactericida se encontraba en la franja ultravioleta del espectro solar.

En 1878, los científicos Arthur Downes y Thomas P. Blunt descubrieron que los microorganismos dejaban de multiplicarse al ser sometidos a intensas radiaciones solares en su obra "On the influence of light upon protoplasm" (36).

Niels Ryberg Finsen (1860-1904) fue un médico danés que utilizó un dispositivo de producción artificial de radiaciones UV, basado en el arco de carbón, con el que consiguió tratar diversas afecciones de tuberculosis cutánea, gracias a lo cual le fue concedido en 1903 el premio Nobel de Medicina. Se ganó el título de creador de la terapia UV, e ideó una lámpara eléctrica de arco voltaico, conocida como *luz de Finsen* o *lámpara de Finsen*, para el tratamiento de varias afecciones cutáneas. En sus trabajos comprobó que, con la luz del sol o la que obtenía mediante concentración de luces eléctricas, tenía la capacidad de eliminar tanto a las bacterias en cultivo como las que se desarrollaban sobre la piel. Estableció que este mecanismo se debía a la luz misma y no a sus efectos térmicos. Halló así las propiedades bactericidas y estimulantes de los rayos actínicos (azul, violeta y ultravioleta). Sus trabajos consiguieron, que la indicaciones terapéuticas de la radiación UV aumentaran significativamente (37).



*Ilustración 14 Paciente con lupus sometido a fototerapia, antes y después del tratamiento. Die Bekämpfung des Lupus vulgaris (Jena, 1903) (38)*

En el año 1919, Hulshisky demostró las propiedades antirraquíticas de la luz ultravioleta, haciendo que estos pacientes se expusiesen a las radiaciones solares.

Por tanto, todos estos descubrimientos supusieron la introducción en la medicina, de la terapia mediante energía ultravioleta para tratar tanto infecciones, como mejorar diversas patologías no infecciosas.

### **1.3 Historia de las radiaciones UVC**

En lo referente a las radiaciones UVC, fue a principios del siglo XIX cuando fue posible su producción artificial gracias a la lámpara de mercurio. Pero sólo con la invención de los tubos catódicos fríos a partir de 1930, se crearon fuentes de radiación UVC potentes y rentables.

En 1933 Wells presentó el concepto de la infección de vía aérea a través del núcleo de las gotas que eran expulsadas por el enfermo, y observó que estas quedaban suspendidas en el aire durante un tiempo. En 1935, demostró la eficacia de las UVC para inactivar los microorganismos suspendidos en estas partículas aéreas, y en 1937 utilizó con éxito una lámpara de emisión de radiaciones UVC que se dispuso en el techo de las aulas en una escuela en los suburbios de Filadelfia donde había una epidemia de sarampión (39).

Un momento importante en el desarrollo de la tecnología de las radiaciones UVC fue el estallido de la Segunda Guerra Mundial, donde hubo un gran interés por conocer cómo se propagaban las infecciones respiratorias, así como la mejora del aire ambiental en los hospitales y edificios públicos.

Dentro de Europa se impuso el método de esterilización en la fabricación y almacenamiento de productos de carnicería y charcutería. Las radiaciones UVC fueron utilizadas con mayor frecuencia para la esterilización del agua potable y sanitaria.

Entre los años 1956 hasta 1962 el científico Riley desarrollo diversos estudios en cerdos que demostraron que la tuberculosis se contagiaba por vía aérea. Observó que aquellos que estaban expuestos a un ambiente con tuberculosis se infectaban menos si en la sala existía un equipo de radiación UVC.

A partir de 1960 se expandió el uso de radiaciones UVC en combinación con cloro en plantas potabilizadoras.

Entre 1970 y 1980 hubo un fuerte desarrollo de la terapia antibiótica, aparecieron nuevos conservantes y medios de limpieza, así como nuevos sistemas de climatización y filtrado para microorganismos suspendidos en el aire, que hicieron que disminuyera el interés por el desarrollo de las UVC. Pero a partir de 1990 los gérmenes resistentes a antibióticos aumentaron, apareció el llamado “Síndrome del edificio enfermo” donde se observó que la tecnología de la climatización tenía fallos, provocando un nuevo interés por la tecnología UVC.

En nuestros días, el principal uso de la esterilización con UVC es en el campo de la esterilización de aguas, siendo considerado un sistema fiable y respetuoso con el medio ambiente. También se utiliza en productos de alimentación y embalaje.

Su uso en sistemas de climatización y en el ámbito hospitalario son los nuevos campos donde se quieren potenciar las investigaciones, y donde ha adquirido un papel de mayor envergadura en los últimos años. La pandemia SARS-Covid 19 (síndrome respiratorio agudo grave por enfermedad del coronavirus 2019) ha elevado a este tipo de energía, a ser fuente de esperanza para combatir este tipo de microorganismos.

#### 1.4 Características físicas de las radiaciones UV

Su principal característica es que producen la excitación en los átomos produciendo reacciones químicas. Es por ello, que sus efectos se basan en la energía que producen y en encontrar una longitud de onda adecuada para ejercer su función.

Los aspectos físicos que intervienen en las radiaciones que se aplican de forma artificial son:

- **Ley del inverso del cuadrado de la distancia:** la intensidad de la luz decrece proporcionalmente a  $d^2$ . Un ejemplo sería que, si reducimos la distancia de la fuente a la mitad, aumenta la dosis cuatro veces más.
- **Ley del coseno de Lambert:** la máxima intensidad se obtiene con la incidencia perpendicular, y conforme más oblicua sea la incidencia de la radiación, su intensidad disminuirá en función del coseno del grado de desviación.

- **La capacidad de penetración** de la radiación UV en la piel es inversa a su energía o frecuencia.

Las UVA tienen una energía que oscila entre los 3,1-3,9 eV. Esto les da la capacidad de producir bronceado, con un mínimo eritema cutáneo. Son utilizadas para el tratamiento de la psoriasis y, con fines estéticos para el bronceado de la piel, donde alcanza la dermis profunda en un 16 %.

Las UVB tienen una energía que oscila entre los 3,9-4,3 eV. Es casi totalmente absorbida por el ozono, quedándose en la ozonoesfera y llegando muy poca cantidad a la superficie del planeta. Sus usos son como tratamiento de Goeckerman para la psoriasis y el prurito urémico. Alcanza la dermis profunda en un 11 %.

Las UVC tienen una energía que oscila entre 4,3-6,2 eV. Es la porción del espectro con una mayor capacidad energética, y tiene una importante acción bactericida. En el medioambiente la mayor parte de la radiación UVC es absorbida por la atmósfera superior, sin alcanzar la capa terrestre y para su uso se obtiene de forma artificial. No alcanzan la dermis profunda, son absorbidas en la capa córnea de la piel (33).

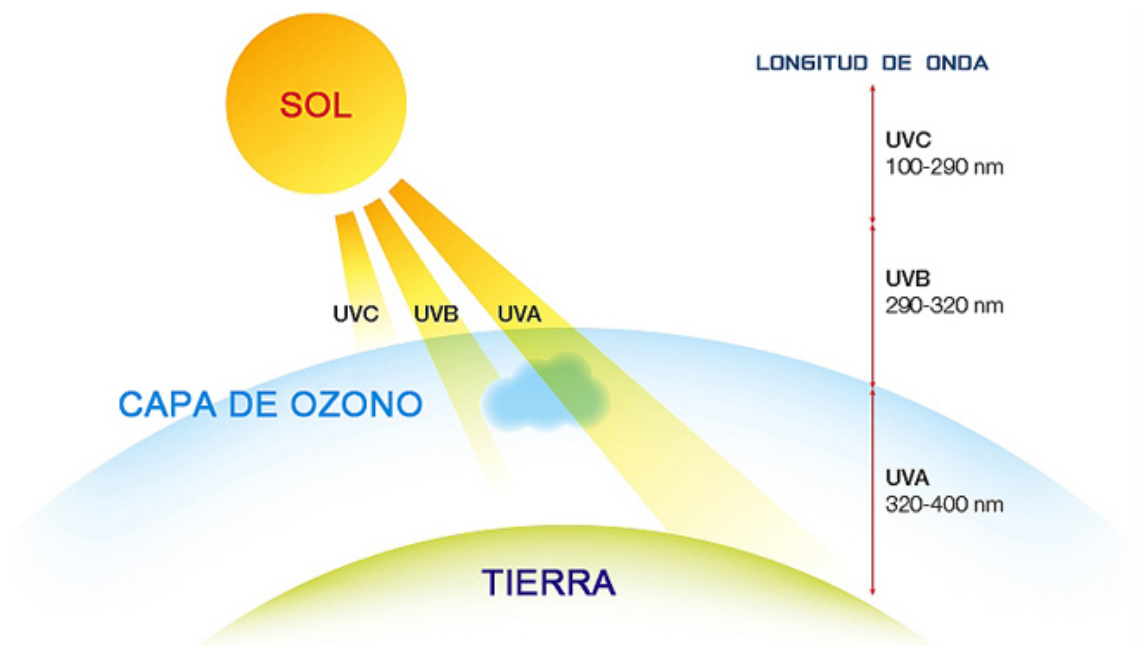


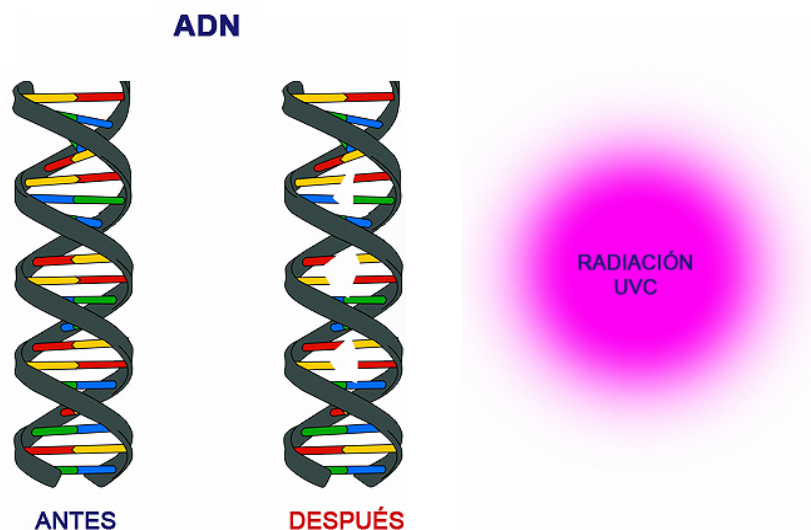
Ilustración 15 Penetración en la atmósfera de los distintos tipos de radiaciones (40)



El mecanismo de acción de las radiaciones UVC se basa en su actuación sobre el ADN (ácido desoxirribonucleico) formado por las bases adenina, timina, guanina y citosina, y ARN (ácido ribonucleico) (formado por las bases adenina, uracilo, citosina y guanina). La radiación UVC con una longitud de onda que oscila entre 250-270 nm produce un efecto fotoquímico sobre estas bases (en especial sobre la timina) que impide la transcripción celular y la replicación (dimerización) y como consecuencia se produce la muerte celular. Por tanto, actúan como un mecanismo inhibitorio (41).

Podemos resumir los efectos de las radiaciones UVC en los siguientes:

- ADN: formación de dímeros de ciclobutano que impiden la replicación.



*Ilustración 16 Efecto de las radiaciones UVC sobre el ADN (42)*

- ARN: modificación fotoquímica, reticulación y daño oxidativo.

Como hemos referido en el inicio de este apartado, la dosis necesaria para producir la muerte de los microorganismos dependerá de:

- Tipo de microorganismo y su pared celular.
- Composición del microorganismo.
- Espesor del microorganismo.
- Intensidad de la radiación.
- Distancia a la fuente emisora.
- Tiempo de exposición.

Dosis aplicada ( $\mu \text{ W*s/ cm}^2$ ) = Tiempo de exposición  $\times$  E irradiada/  
superficie.

Es por ello, que las células procariotas, que forman virus o bacterias, constituyen microorganismos más simples y se destruyen con más facilidad que levaduras y hongos vegetativos los cuales están formados por células eucariotas. En el caso de las esporas de los hongos, constan de una pared celular pigmentada que protege el ADN y por tanto las radiaciones UVC no son tan accesibles.

### **1.5 Sistemas de desinfección**

Debemos definir una serie de términos antes de hablar de los sistemas de desinfección para ello, nos basaremos en la “Guía de uso de desinfectantes en el ámbito sanitario de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene” (43):

- Asepsia: serie de procedimientos o actuaciones dirigidas a limitar la entrada de microorganismos patógenos a un medio aséptico (libre de microorganismos). Se pretende impedir la contaminación microbiana.
- Desinfección: reducción del número de microorganismos en un producto o superficie a un nivel previamente especificado como apropiado en función del uso que se le va a dar. En general este método es eficaz contra la mayoría de los patógenos a excepción de las esporas bacterianas.

- Desinfección de bajo nivel: elimina la mayoría de formas vegetativas bacterianas, algún virus y hongos. No elimina esporas.
  - Desinfección de medio nivel: se eliminan todas las formas vegetativas bacterianas, la mayoría de virus y hongos. No asegura la destrucción de esporas bacterianas.
  - Desinfección de alto nivel: se eliminan todas las formas vegetativas bacterianas, virus, hongos y la mayoría de esporas bacterianas. Se lleva a cabo de forma manual (inmersión) o por máquinas.
- Esterilización: proceso físico o químico definido y validado, por el cual se destruyen todos los microorganismos viables de un objeto o superficie, incluidas las esporas.

A nivel hospitalario todos estos mecanismos son utilizados y constituyen una importante medida de prevención de infecciones nosocomiales. A continuación, vamos a ir hablando de los sistemas y productos más relevantes que cumplen esta función en el uso con fines sanitarios.

### 1.5.1 Antisépticos de uso hospitalario

#### 1.5.1.1 Alcohol etílico

**Mecanismo de acción:** es bactericida y actúa a nivel tópico en dos minutos, pero tiene poco efecto residual.

**Indicaciones:** se debe usar en su forma de presentación de 70%, previo a punciones venosas, inyecciones subcutáneas, intradérmicas, intramusculares, extracciones de sangre.

**Precauciones:** es inflamable y su utilización de forma prolongada, causa irritación y sequedad de piel. No se debe utilizar sobre heridas ya que puede crear un coágulo que protege a las bacterias supervivientes (44).

### 1.5.1.2 Clorhexidina

**Mecanismo de acción:** se utiliza en forma de sales y se debe comercializar como materia prima en solución acuosa 20%. Su uso es tópico, con actividad alta frente a *Streptococcus*, *Stafilococcus*, *Cándida albicans*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, y bacterias anaerobias. Las cepas de *Proteus*, *Pseudomonas*, *Klebsiella* y *cocos Gram* positivos, poseen baja susceptibilidad a la clorhexidina. Sólo es esporicida a altas temperaturas. Hay distintas formas de presentación, a alta concentración es bactericida y a baja bacterioestática. Actúa de forma rápida y con mínima absorción cutánea. Reacciona con los grupos aniónicos de la superficie bacteriana, alterando la permeabilidad. Se ha demostrado que su absorción ocurre por difusión pasiva a través de las membranas celulares, la que es muy rápida tanto en bacterias como en levaduras, consiguiéndose importante efecto en 20 segundos.

**Indicaciones:** desinfección de piel sana, heridas y quemaduras. Se utiliza previo a la inserción de catéteres y sondas vesicales. También se usa como irrigación ocular, pleural, vesical y peritoneal, en el lavado quirúrgicos de manos y en forma de colutorio para desinfección de la cavidad bucal.

**Precauciones:** se debe aplicar con una gasa y evitar el contacto con ojos, oídos y boca (salvo presentación para irrigación ocular o colutorio) (44) .

### 1.5.1.3 Povidona yodada

**Mecanismo de acción:** su uso es tópico y presenta actividad microbicida frente a bacterias Gram positivas, Gram negativas, hongos, virus, protozoos, y esporas. Es el yodo orgánico que libera, el que posee la actividad bactericida. Mantiene su actividad microbicida, en presencia de sangre, pus, suero y tejido necrótico.

**Indicaciones:** lavado quirúrgico de manos y de zonas con vello, lavado preoperatorio de pacientes y la desinfección de la piel sana antes de la cirugía. Se usa también en la antisepsia de la piel antes de inyecciones y extracciones de sangre y antes

de la inserción de catéteres. Además, se emplea en la limpieza y desinfección de genitales antes de un cateterismo urinario, en vaginosis y en la desinfección de pequeñas heridas, cortes superficiales y úlceras antes de la formación de costra.

**Precauciones:** no se debe aplicar en personas que presenten intolerancia al yodo. Y se debe tener precaución, en personas con problemas tiroideos (44).

#### 1.5.1.4 Peróxido de hidrógeno

**Mecanismo de acción:** antiséptico y desinfectante de uso externo de corta duración y amplio espectro de acción, incluyendo gérmenes anaerobios. Se utiliza en solución acuosa al 3 % sobre piel y heridas y al 1,5 % sobre la mucosa bucal. Su acción se puede ver disminuida en presencia de materia orgánica (proteínas, sangre, pus).

**Indicaciones:** es un buen desbridante de heridas. Debido a la formación de burbujas de oxígeno, produce efectos mecánicos de limpieza de restos de tejidos y es útil para levantar las curas y gasas que cubren heridas.

**Contraindicaciones:** no debe utilizarse en cavidades cerradas, ya que existe peligro de provocar lesiones tisulares y de producir embolia gaseosa. Su acción es bastante corta por lo que no se aconseja el empleo único del peróxido de hidrógeno como antiséptico. No se considera un desinfectante adecuado para el material quirúrgico (44) .

## 1.5.2 Desinfectantes químicos

### 1.5.2.1 Aldehídos

Los aldehídos que se han utilizado como desinfectantes son el formaldehído, glioxal, glutaraldehído y ortoftalaldehído. Su mecanismo de acción consiste en la alquilación de grupos químicos que forman parte de los microorganismos como : amino, hidroxilo, sulfhidrilo y carboxilo (44) .

- **Formaldehído:** es eficaz frente a todo tipo de gérmenes, pero su acción es muy lenta. Se utiliza a concentraciones del 2-8 % para desinfectar material quirúrgico y guantes. En forma de vapores y aerosoles se emplea para desinfección de habitaciones, camas, ropa, etc. Se debe manejar con cuidado ya que los vapores son altamente irritantes por inhalación.
- **Glutaraldehído:** es más activo que el formaldehído frente a bacterias, hongos, micobacterias, esporas y virus. También es menos irritante para la piel, y desprende menos vapores, por lo que resulta menos nocivo por inhalación. Es uno de los desinfectantes más ampliamente utilizados y efectivos para material quirúrgico. Se aplica en concentración del 2 %. La acción bactericida de la solución es óptima a pH 7,5-8,5 (45).

### 1.5.2.2 Derivados del cloro

- **Hipoclorito de sodio:** presenta una potente actividad frente a virus y bacterias, pero se inactiva rápidamente en presencia de materia orgánica. Su acción se basa en la liberación de cloro. Al 5 % es un buen desinfectante de material quirúrgico, biberones, envases de alimentos, etc. Se debe emplear con cuidado, ya que en contacto directo con la piel es muy irritante.
- **Cloramina T (cloramicina):** es un derivado clorado que contiene 25 % de cloro disponible. Pierde su acción en presencia de materia orgánica, pero su actividad

bactericida se mantiene más tiempo que en el caso de los hipocloritos. Se utiliza en la desinfección de agua de bebida.

- **Dióxido de cloro:** se encuentra en solución acuosa, para poder realizar su acción se añade ácido hasta una determinada concentración en la que se activa su capacidad desinfectante.
- **Dicloroisocianurato de sodio (NaDCC):** es un producto muy estable y de fácil preparación. Se presenta en pastillas de 2,5 g y 5 g y se emplea como desinfectante de uso hospitalario (46).

Por tanto, el espectro de acción de estos compuestos es amplio y podemos resumir que tienen capacidad, bactericida, virucida, fungicida y esporicida, pero con actividad variable frente a micobacterias, según la concentración en la que se utilicen.

Como precaución debemos saber que estos productos clorados son irritantes a nivel del sistema respiratorio, las mucosas y la piel, y esta es mayor al aumentar la concentración.

### 1.5.2.3 Amonios cuaternarios

**Clasificación:** su estructura básica es el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Son solubles en agua y alcohol, actúan en medio ácido, pero principalmente en medio alcalino. Su actividad se encuentra disminuida con la presencia de materia orgánica. Para realizar su acción desinfectante, son necesarias concentraciones de 0,25% o mayores. Su principal uso son las superficies de mobiliario clínico y plantas de centros hospitalarios. Para su ejercer un correcto efecto desinfectante se usan, junto con soluciones acuosas o mezclados con detergentes. Su acción biocida se potencia, cuando se mezclan con aminas terciarias.

Existen cinco generaciones de estos compuestos, los más utilizados son cloruro de benzalconio (primera generación), cloruro de etilbencilo (segunda generación), cloruro de alquil-dimetil-etil-bencil amonio (tercera generación),

cloruro de didecil-dimetil amonio (cuarto generación) este presenta una alta tolerancia a aguas duras y a las cargas de proteínas, y los de quinta generación (son mezcla de los de segunda y cuarta generación) los cuales presentan el mayor rendimiento germicida.

**Mecanismo de acción:** consiste, en la desorganización de la disposición normal de la membrana celular o la envoltura de los distintos agentes infecciosos, uniéndose en forma irreversible a los fosfolípidos y las proteínas de esta estructura.

En la tabla 1 presentamos el espectro de acción de los amonios cuaternarios.

*Tabla 1 Espectro de acción de los amonios cuaternarios*

| Espectro de acción de los amonios cuaternarios |        |                 |                    |               |        |         |
|--|--------|-----------------|--------------------|---------------|--------|---------|
| Gram -   | Gram + | Virus lipídicos | Virus no lipídicos | Micobacterias | Hongos | Esporas |
| +++  | ++     | +++             | +                  | +             | ++     | +/-     |

**Precauciones:** pueden producir irritación de piel y mucosas a altas concentraciones. Si se encuentran diluidas la irritación cutánea no suele aparecer. En personas alérgicas pueden producir dermatitis atópica con irritación nasal o cuadros bronquiales obstructivos, y en personas en contacto prolongado con el desinfectante pueden ocasionar dermatitis de contacto (47).



### **1.5.3 Desinfección mediante dispositivos de luz ultravioleta**

#### **1.5.3.1 Lámparas de descarga de vaporizador de mercurio**

Están formadas por bombillas que emiten vapor de mercurio, el cual produce una emisión de fotones situadas en el ultravioleta C normalmente con una longitud de onda de 254 nm, en el rango de luz visible emiten en color azul. Para el recubrimiento del tubo se utilizan elementos que filtran longitudes de onda inferiores a 240 nm, de modo que se evita la generación de ozono. Se pueden encontrar dos tipos de lámparas de mercurio, las que operan a baja presión (1 Pa) y las que operan a media-alta presión (100 kPa). En las lámparas de baja presión la emisión se realiza en unas longitudes de onda más limitadas, la más significativa es de 185 nm. Los modelos de media o alta presión de mercurio, generan unos mejores resultados, ya que permiten la posibilidad de emitir en la banda de UVC a potencias o flujos de emisión elevados.

#### **1.5.3.2 Lámparas LED- UVC**

Un LED (diodo emisor de luz) se compone de un dispositivo compacto de un material semiconductor como GaAS (arseniuro de galio), GaP (fosfuro de galio) o InP (fosfuro de indio), que puede emitir luz en el espectro ultravioleta.

Ofrece como ventajas un mayor rendimiento energético, los equipos son más compactos y de menores dimensiones que los de las lámparas de mercurio permitiendo que sean integrados con mayor facilidad en equipos de limpieza de aire.

#### **1.5.3.3 Tecnología Excimer**

Son lámparas libres de mercurio. En ellas se usan los exímeros, los cuales son dímeros excitados, que dan lugar a heterodímeros de un gas noble y un alógeno. La eficiencia de estos dispositivos es baja. Utilizan ondas UVC lejanas de entre 200-240 nm.

#### 1.5.3.4 Lámparas de Deuterio

Las lámparas de arco de deuterio molecular pueden emitir radiación en un espectro continuo. Tienen un gran poder radiante, son ligeras y compactas

#### 1.5.3.5 Dispositivo Medixair®

Medixair® de Pathogen Solutions Ltd, Reino Unido, es un dispositivo emisor de luz UVC germicida a una longitud de onda de 253,7 nm, creado para la esterilización del aire. Tiene como característica, que es un dispositivo móvil y seguro ya que, se encuentra encapsulado, evitando así la fuga de rayos UV y garantizando la protección de los pacientes y del personal sanitario. Está formado por cuatro tubos emisores de UVC, estos utilizan una envoltura de vidrio que incorpora un filtro para restringir la emisión de ozono, que hace que se emitan longitudes de onda entre 160 nm y 220 nm. El caudal de aire que emite es de de 25 m<sup>3</sup> por hora y no es ruidoso ya que produce menos de 33 dB (48) .

La unidad de potencia de este dispositivo se mide según el sistema internacional (SI), y se hace utilizando la irradiación que produce por unidad de superficie, midiéndose en vatios por metro cuadrado (W·m<sup>2</sup>)

En el diseño de este dispositivo se tuvo en cuenta una de las características de las radiaciones UV, que hemos citado anteriormente, y que hace referencia a que cumplen con la ley del inverso del cuadrado: si una fuente puntual irradia luz uniformemente en todas las direcciones, entonces la energía que emite disminuye en proporción a la distancia al cuadrado del objeto.

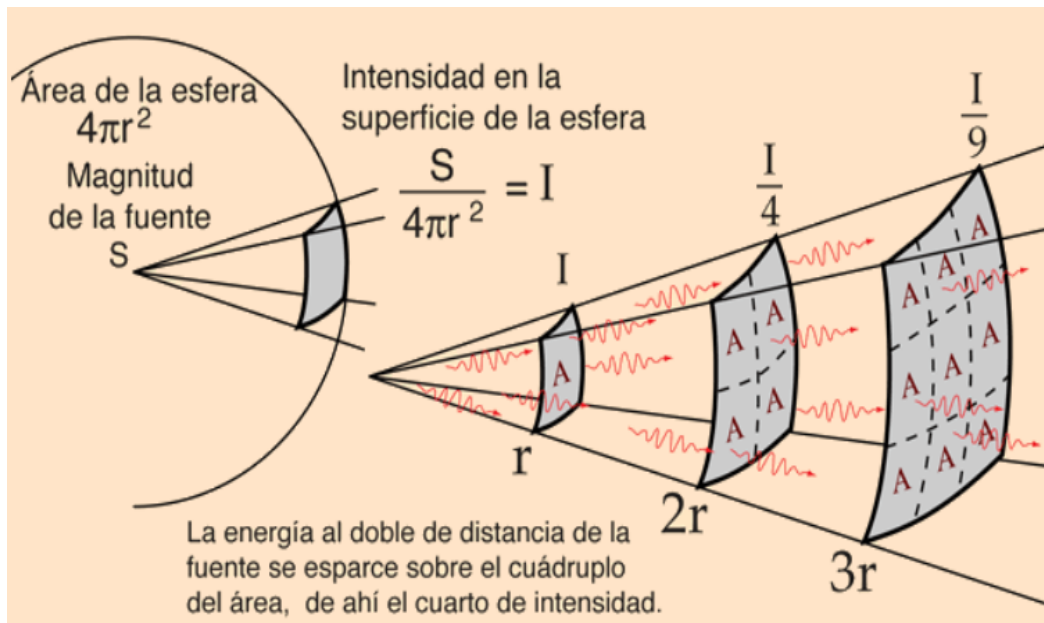


Ilustración 17 Ley del inverso del cuadrado (49)

En el caso de Medixair®, esta pérdida de energía se resolvió con su estructura formada por 4 tubos integrados en una matriz, que le confieren su alto poder energético. Y por tanto en su modelado se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones: parámetros propios de la lámpara, la ley del inverso del cuadrado, la reflectividad interna (es del 70 %) y un flujo de aire adecuado de (0,3 m/seg).

Riley ha demostrado que la instalación eficiente de luz ultravioleta equivale a 20 cambios de aire por hora y que la "irradiación del aire superior" brinda más protección contra las infecciones transmitidas por el aire que la irradiación de los conductos.



*Ilustración 18 Imágenes del dispositivo Medixair®(50)*

La cantidad de inactivación de patógenos en superficies es directamente proporcional a la dosis de radiación UVC, donde la dosis se define como el producto de la intensidad ( $W/m^2$ ) por la duración de la exposición (s) (2). La dosis de luz UV necesaria varía en función del patógeno que se quiera desinfectar, y también depende de las

condiciones ambientales como, por ejemplo, la humedad relativa, y el tipo de flujo del aire de la estancia. La eficacia óptima del dispositivo se estableció a través de la determinación analítica del campo de intensidad en tres dimensiones.

La tasa de muerte para una exposición al dispositivo UVC se puede determinar usando la siguiente ecuación:

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-kEt}$$

k = Constante de susceptibilidad del patógeno a las radiaciones UV(m<sup>2</sup>/J).

C<sub>t</sub> = Concentración contaminante en el tiempo t (cfu/m<sup>3</sup>).

C<sub>0</sub> = Concentración contaminante en el tiempo t = 0 s (cfu/m<sup>3</sup>).

E = Energía UV.

t = Duración de la exposición a la radiación.

Los microorganismos que pasan por el dispositivo UVC estarán expuestos durante 1,5 s a una energía mínima de 22 500 μW s cm<sup>-2</sup>. En las siguientes tablas (2, 3, 4, 5) se muestra la energía necesaria para hacer frente a los principales microorganismos con el sistema Medixair® según los datos del propio fabricante (50).

Tabla 2 Energía necesaria para eliminar a las siguientes bacterias con el dispositivo Medixair®

| Bacterias                         | $\mu\text{Ws.cm}^{-2}$ | Bacterias                       | $\mu\text{Ws.cm}^{-2}$ |
|-----------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|
| <i>Agrobacterium</i>              | 4,200                  | <i>Mycobacterium</i>            | 6,200                  |
| <i>Bacillus anthracis</i>         | 4,500                  | <i>Neisseria catarrhalis</i>    | 4,400                  |
| <i>Bacillus megaterium</i>        | 9,070                  | <i>Phytomonas tumefaciens</i>   | 4,400                  |
| <i>Bacillus megaterium</i>        | 3,750                  | <i>Proteus vulgaris</i>         | 3,000                  |
| <i>Bacillus subtilis (espora)</i> | 12,000                 | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>   | 5,500                  |
| <i>Bacillus subtilis</i>          | 7,100                  | <i>Pseudomonas fluorescens</i>  | 3,500                  |
| <i>Bacillus paratyphosus</i>      | 3,200                  | <i>Salmonella enteritidis</i>   | 7,600                  |
| <i>Bacillus enteritidis</i>       | 4,000                  | <i>Salmonella paratyphi</i>     | 6,100                  |
| <i>Corynebacterium</i>            | 3,750                  | <i>Salmonella typhimurium</i>   | 8,000                  |
| <i>Clostridium tetani</i>         | 4,900                  | <i>Salmonella typhosa</i>       | 6,000                  |
| <i>Clostridium botulinium</i>     | 12,000                 | <i>Sarcina lutea</i>            | 19,700                 |
| <i>Dysentery bacilli</i>          | 2,200                  | <i>Serratia marcesens</i>       | 2,420                  |
| <i>Eberthella typhosa</i>         | 2,140                  | <i>Shigella dysenteriae</i>     | 4,200                  |
| <i>E.coli</i>                     | 5,400                  | <i>Shigella paradysenterea</i>  | 1,680                  |
| <i>Leptospira spp</i>             | 3,000                  | <i>Shigella flexneri</i>        | 1,700                  |
| <i>Legionella pneumophila</i>     | 2,040                  | <i>Shigella sonnei</i>          | 2,100                  |
| <i>Legionella bozemanii</i>       | 1,800                  | <i>Spirillum rubsum</i>         | 4,400                  |
| <i>Legionella dumoffii</i>        | 3,000                  | <i>Staphylococcus albus</i>     | 1,840                  |
| <i>Legionella gormanii</i>        | 2,500                  | <i>Staphylococcus aureus</i>    | 2,600                  |
| <i>Legionella micdadei</i>        | 1,500                  | <i>Streptococcus</i>            | 6,700                  |
| <i>Legionella longbeachae</i>     | 1,500                  | <i>Streptococcus</i>            | 9,500                  |
| <i>Listeria monocytogenes</i>     | 3,400                  | <i>Streptococcus lactis</i>     | 6,150                  |
| <i>Micrococus candidus</i>        | 6,050                  | <i>Streptococcus viridans</i>   | 2,00                   |
| <i>Micrococus sphaeroides</i>     | 10,000                 | <i>Streptococcus pyrogenes</i>  | 2,160                  |
|                                   |                        | <i>Streptococcus salivarius</i> | 4,200                  |

Tabla 3 Energía necesaria para eliminar a los siguientes virus con el dispositivo Medixair®

| <b>Virus</b>                              | <b><math>\mu\text{Ws.cm}^{-2}</math></b> |
|---|--|
| <b><i>Adenovirus 3</i></b>                | 1,500                                    |
| <b><i>Bacterifago (E. coli virus)</i></b> | 3,000                                    |
| <b><i>Coxsackievirus A9</i></b>           | 12,000                                   |
| <b><i>Coxsackievirus B1</i></b>           | 15,500                                   |
| <b><i>Echovirus 1</i></b>                 | 11,000                                   |
| <b><i>Echovirus 2</i></b>                 | 12,000                                   |
| <b><i>Hepatitis A</i></b>                 | 11,000                                   |
| <b><i>Virus de la hepatitis</i></b>       | 8,000                                    |
| <b><i>Influenza</i></b>                   | 3,400                                    |
| <b><i>Poliovirus (poliomielitis)</i></b>  | 21,000                                   |
| <b><i>Poliovirus 1</i></b>                | 11,000                                   |
| <b><i>Poliovirus 2</i></b>                | 12,000                                   |
| <b><i>Poliovirus 3</i></b>                | 10,000                                   |
| <b><i>Reovirus 1</i></b>                  | 15,400                                   |
| <b><i>Rotavirus SA11</i></b>              | 24,000                                   |
| <b><i>Virus de la viruela</i></b>         | 23,000                                   |

Tabla 4 Energía necesaria para eliminar a las siguientes levaduras con el dispositivo Medixair®

| <b>Levaduras</b>                       | <b><math>\mu\text{Ws.cm}^{-2}</math></b> |
|--|--|
| <b><i>Saccharomyces cerevisiae</i></b> | 6,000                                    |
| <b><i>Saccharomyces ellipsoids</i></b> | 6,000                                    |
| <b><i>Levadura de cerveza</i></b>      | 3,300                                    |
| <b><i>Levaduras del pan</i></b>        | 3,900                                    |

Tabla 5 Energía necesaria para eliminar las siguientes esporas con el dispositivo Medixair®

| <b>Esporas del moho</b>      | <b>μWs.cm-2</b> |
|------------------------------|-----------------|
| <i>Aspergillus flavus</i>    | 99,000          |
| <i>Aspergillus glaucus</i>   | 88,000          |
| <i>Aspergillus niger</i>     | 100,000         |
| <i>Mucor racemosus</i>       | 35,200          |
| <i>Oospora lactis</i>        | 11,000          |
| <i>Penicilium digitatum</i>  | 88,000          |
| <i>Penicilium expansum</i>   | 22,000          |
| <i>Penicilium roqueforti</i> | 26,400          |
| <i>Rhizopus nigricans</i>    | 220,000         |

### 1.5.3.6 Xenón-UVC

La tecnología ultravioleta de xenón pulsado (PPX-UV) utiliza radiación UVC de amplio espectro y alta intensidad entre 200-320 nanómetros (51). En la actualidad existe el dispositivo Robot Xenex®. Está compuesto por una bombilla de xenón emisora de UVC que se encuentra montada en una columna, la cual se mueve hacia arriba o hacia abajo. Se ha empleado para desinfección de habitaciones de hospital donde se recomiendan dos ciclos alrededor de la cama del paciente, estos duran 5 minutos y cada ciclo emite 450 descargas. Es un dispositivo móvil, por tanto, hay que moverlo en cada ciclo y situarlo cerca de la superficie que se quiere desinfectar.

A diferencia de las lámparas de mercurio no tiene riesgos ambientales, es más potente ya que abarca todo el espectro de la luz UVC del Xn frente al de 253 nm de los dispositivos de mercurio. También tienen una mayor rapidez de acción y la intensidad de radiación es mayor que en otros dispositivos (52).





*Ilustración 19 Dispositivo Xenón pulsado (51)*

Este dispositivo mostró su eficacia en un estudio llevado a cabo durante dos meses en 120 camas hospitalarias de pacientes portadores de SAMR. Se observó que disminuía la carga microbiana de este microorganismo en la habitación, de manera más eficaz respecto a la limpieza manual (51).

#### **1.5.4 Desinfección con ozono**

El ozono ( $O_3$ ) es gas formado por tres átomos de oxígeno. Tiene una alta capacidad de producir oxidación, siendo es 1,5 veces más oxidante que el cloro. Se debe utilizar con extrema cautela, ya que si se inhala es mortal. Provoca quemaduras en la piel y daños oculares. El ozono es activo frente a bacterias gram negativas y positivas, hongos, levaduras, virus, protozoos, esporas fúngicas y bacterianas. Es más efectivo contra las bacterias celulares vegetativas que frente a esporas de bacterias y hongos.

Según el Reglamento Europeo Nº 528/2012 sobre productos biocidas, el ozono se encuentra dentro del grupo de desinfectantes, sus usos serían los siguientes:

- Desinfección de superficies, materiales, equipos, muebles y paredes.

- Desinfección de sistemas de aire acondicionado.
- Desinfección de suelos de lugares públicos y privados.
- Desinfección de zonas industriales y otras zonas destinadas a actividades profesionales.
- Desinfección del aire.

Según la FDA (Food and drug administration) la producción del ozono de los dispositivos médicos no debe superar las 0,05 ppm (partes por millón). Los trabajadores no deben exponerse a una concentración media mayor de 0,10 ppm durante 8 horas y según la OMS, el límite diario de exposición es de 0,10 mg/m<sup>3</sup> para una media máxima de 8 horas (53).

La pandemia del SARS-Covid 19, desencadenó un gran interés por el uso de este desinfectante en un estudio llevado a cabo en la Universidad de Tel Aviv en 2021, el uso de gas ozono se probó mediante un generador de ozono en condiciones de humedad y temperaturas controladas. Se utilizó un pseudovirus, que se usó como modelo para evaluar la desinfección con O<sub>3</sub> del coronavirus a concentraciones de 30, 100 y 1000 ppmv. Los resultados mostraron, que la tasa de desinfección con ozono de los pseudovirus fue similar a la del coronavirus 229E (HuCoV-229E) con tiempos de contacto por debajo de 30 min. La infección viral disminuyó en un 95 % después de la exposición al ozono durante 20 min a 1.000 ppmv, 30 min a 100 ppm, y unos 40 min a 30 ppm demostrando así que el O<sub>3</sub> es un poderoso desinfectante para el pseudovirus envuelto, incluso con baja exposición al O<sub>3</sub>. Otro hallazgo de estudio fue, que la desinfección viral era mayor a mayor hidrofiliidad de la superficie. Y respecto al material sobre el que actuaba el O<sub>3</sub>, las superficies infectadas hechas de aleación de aluminio, fueron mejor desinfectadas en comparación con las superficies de latón, cobre y níquel (54).

## **1.6 Infecciones nosocomiales**

### **1.6.1 Definición de infección nosocomial**

La infección nosocomial (IN) es aquella que aparece en el ingreso hospitalario, y se manifiesta transcurridas 72 horas o más del ingreso del paciente en el hospital. También debe cumplir como criterio que en el momento de ingreso del paciente en el hospital no estaba presente, ni tampoco en período de incubación. Hoy en día también se extiende a aquella infección que se relaciona con los cuidados sanitarios, abarcando de esta forma un amplio espectro (55) .

### **1.6.2 Datos epidemiológicos de las IN**

En España la vigilancia de las IN se lleva a cabo a través de diversos sistemas. Cabe destacar que la Sociedad Española de Medicina Intensiva y Unidades Coronarias (SEMICYUC) ha formado el Grupo de Trabajo de Enfermedades Infecciosas (GTEI), hoy GTEIS (para incorporar en sus competencias el estudio de la sepsis). Es el GTEI el organismo, que lleva acabo desde 1994 el Estudio Nacional de Vigilancia de la Infección Nosocomial(ENVIN) en UCI (unidad de cuidados críticos), consiste en un estudio de incidencia en el que participan más de 170 unidades cada año y tiene una base de datos de más de 70.000 pacientes.

En el informe ENVIN-UCI del año 2019, entre 1667 con IN destaca que la infección más frecuente fue la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAVM) (29,9 %), en segundo lugar fue la infección relacionada con sonda uretral (29,03 %), en tercer lugar la la bacteriemia secundaria a infección de otro foco (18,36 %), en cuarto lugar la bacteriemia asociada a infección por catéter (12,72 %) y en quinto lugar la bacteriemia de origen desconocido (9,90 %) (56) .

Este informe también recoge los microorganismos más frecuentes que se aislaron teniendo en cuenta de forma global todas las infecciones. A continuación, los mostramos en la siguiente tabla:

Tabla 6 Microorganismos Gram positivos más frecuentes causantes de IN en UCI según estudio ENVN-UCI 2019(56)

| Microorganismos Gram positivos           | n  | %    |
|--|----|------|
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>        | 99 | 7,95 |
| <i>Enterococcus faecalis</i>             | 82 | 6,58 |
| <i>Staphylococcus aureus</i>             | 69 | 5,54 |
| <i>Enterococcus faecium</i>              | 44 | 3,53 |
| <i>Staphylococcus coagulasa negativo</i> | 32 | 2,57 |
| <i>Staphylococcus otros</i>              | 13 | 1,04 |
| <i>Staphylococcus metilín resistente</i> | 11 | 0,88 |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>          | 8  | 0,64 |
| <b>OTROS</b>                             | 18 | 1,44 |

Tabla 7 Microorganismos Gram negativos más frecuentes, causantes de IN en UCI según estudio ENVN-UCI 2019(56)

| Microorganismos Gram negativos      | n   | %     |
|-------------------------------------|-----|-------|
| <i>Escherichia coli</i>             | 187 | 15,01 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>       | 170 | 13,64 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i>        | 93  | 7,46  |
| <i>Enterobacter cloacae</i>         | 40  | 3,21  |
| <i>Serratia marcescens</i>          | 30  | 2,41  |
| <i>Haemophilus influenzae</i>       | 25  | 2,01  |
| <i>Proteus mirabilis</i>            | 24  | 1,93  |
| <i>Enterobacter aerogenes</i>       | 24  | 1,93  |
| <i>Stenotrophomonas maltophilia</i> | 22  | 1,77  |
| <i>Klebsiella oxytoca</i>           | 21  | 1,69  |
| <i>Acinetobacter baumannii</i>      | 18  | 1,44  |

Tabla 8 Hongos más frecuentes, causantes de IN en UCI según estudio ENVN-UCI 2019 (56)

| Hongos                       | n  | %    |
|------------------------------|----|------|
| <i>Candida albicans</i>      | 76 | 6,1  |
| <i>Candida glabrata</i>      | 16 | 1,28 |
| <i>Candida parapsilosis</i>  | 12 | 0,96 |
| <i>Candida spp</i>           | 8  | 0,64 |
| <i>Candida tropicalis</i>    | 8  | 0,64 |
| <i>Candida auris</i>         | 8  | 0,64 |
| <i>Aspergillus fumigatus</i> | 7  | 0,56 |
| <i>Candida krusei</i>        | 7  | 0,56 |
| Otros                        | 4  | 0,32 |
| <b>Total</b>                 | 4  | 0,32 |

El estudio EPINE (estudio de la prevalencia de infecciones nosocomiales en España) de ese mismo año, estableció que la prevalencia de pacientes con infecciones nosocomiales era del 7,03 %. En este informe también se recoge, que el número de IN aumenta cuando el hospital tiene un mayor número de camas. Por tanto, cuanto más saturados están los hospitales mayor riesgo de adquirir este tipo de infecciones.

El estudio EPINE establece como factores de riesgo intrínseco de IN las siguientes patologías:

- Insuficiencia renal crónica.
- Coma.
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC).
- Inmunodeficiencia.
- Diabetes.
- Neoplasia.
- Neutropenia.
- Cirrosis.
- Hipoalbuminemia.

- Úlcera.

Y como factores de riesgo extrínseco los siguientes:

- Catéter vascular periférico
- Catéter vascular central
- Catéter urinario
- Intubación
- Cirugías que se encuentran dentro de la clasificación NHSN (National Healthcare Safety Network)(57).

Respecto a la morbilidad se puede afirmar que, las IN se asocian con una prolongación de la estancia hospitalaria que oscila entre los 5 y los 15 días de mediana, y que este aumento varía si se tiene en cuenta la localización de la infección (probablemente más en NAVM y bacteriemia secundaria y menos en infecciones urinarias, o bacteriemia por catéter). También influyen en la duración de la estancia hospitalaria la adecuación del tratamiento antibiótico empírico y el patógeno causante de estas IN (58).

### **1.6.3 Medidas generales para prevenir las infecciones nosocomiales**

#### **1.6.3.1 Lavado de manos**

La importancia de las manos en la transmisión de las infecciones nosocomiales, está ampliamente demostrada. Esta se puede reducir al mínimo con medidas apropiadas de higiene. Pero en ocasiones, el cumplimiento del lavado de las manos a menudo es subóptimo. Eso se debe a varias razones, tales como la escasez de equipos accesibles apropiados, una alta razón entre sanitarios-paciente, alergia a los productos empleados para el lavado de las manos, ausencia de un correcto conocimiento del personal sobre riesgos y procedimientos, y el tiempo requerido para hacerlo de forma correcta.

El lavado de manos se puede llevar a cabo con tres fines:

- **Cuidados ordinarios:** donde se realiza una desinfección higiénica rápida de las manos, mediante soluciones con alcohol o mediante fricción con jabón no antiséptico.
- **Limpieza antiséptica:** a través de ella se llevan a cabo los cuidados asépticos de limpieza de pacientes infectados. Se requiere un lavado higiénico de las manos, con jabón antiséptico. Requiere una duración mínima de un minuto.
- **Desinfección quirúrgica:** implica un lavado quirúrgico tanto de las manos como del antebrazo. Se deben de usar jabones antisépticos durante unos 3-5 minutos.

### 1.6.3.2 Medidas de barrera

#### 1.6.3.2.1 Guantes

Impiden el contacto de la piel de las manos con fuentes contaminadas, tales como la piel de pacientes colonizados o infectados con microorganismos multirresistentes, sangre o fluidos corporales y evitar la colonización de las manos por flora microbiana de los pacientes. Los guantes pueden ser, estériles o no estériles; y también se clasifican según el material de fabricación (látex, nitrilo, vinilo), tamaño y largo (hasta la muñeca o hasta el antebrazo).

Funciones de los guantes:

- **Protección de los pacientes:** el personal sanitario debe utilizar guantes estériles para una intervención quirúrgica, el cuidado de pacientes con inmunodeficiencia y procedimientos invasivos de las cavidades del cuerpo. Siempre que hay posibilidad de contaminación de las manos al entrar en contacto con un

paciente, debemos usar guantes (no hace falta que sean estériles) y también, siempre que se entre en contacto con cualquier membrana mucosa.

Los guantes desechables no se pueden reutilizar, debemos lavarnos las manos siempre que nos quitemos o cambiemos de guantes.

#### 1.6.3.2.2 Mascarillas

Son dispositivos que cubren de manera no oclusiva la nariz y boca del personal de sanitario, cuyo fin consiste en disminuir la probabilidad de que se genere contacto entre la mucosa de esos territorios y los fluidos corporales potencialmente infecciosos de otro individuo.

- **Mascarillas higiénicas:** cumplen función barrera. Pueden ser reutilizables y no reutilizables. No protegen a la persona que la lleva, sí a las personas expuestas. Son menos eficaces que las quirúrgicas.



*Ilustración 20 Mascarilla higiénica (59)*

- **Mascarillas quirúrgicas:** protegen a las personas expuestas, pero no a quién la lleva. Todas, son no reutilizables. No deben ser utilizadas más de cuatro horas. Las hay tipo I, II Y IIR (que protegen frente a salpicaduras a diferencia de las otras).





*Ilustración 21 Mascarilla quirúrgica (60)*

- **Mascarillas con filtro de partículas:** a diferencia de las otras dos mascarillas, filtran el aire disminuyendo la inhalación de partículas y protegen al personal de agentes patógenos que se transmiten por vía aérea. Por tanto, protegen al que la lleva, y a las personas expuestas. Para lograr su función, requieren generar un cierre oclusivo alrededor de la nariz y la boca. Pueden actuar como filtros de aire inspirado (con o sin válvulas que facilitan la inspiración y espiración del aire por la persona que la porta) o como proveedores artificiales de aire limpio a un individuo que se encuentra aislado del exterior, como son los sistemas autónomos. Este tipo de mascarilla son las que, en el año 2020, con la pandemia del SARS-CoV-2 se consideran equipos EPI (equipos de protección individual).

Dentro de la nomenclatura de estos dispositivos se mira la eficacia para filtrar partículas entre 0,1 y 0,3  $\mu\text{m}$ , 95 si eliminan 95 % (N95) de tales partículas, 99 si eliminan 99 % (N99) y 100 si eliminan 100 % (N100).

Otra forma de denominarlas es utilizando las iniciales FFP, estas provienen del del inglés *filtering facepiece*, es por ello que se clasifican de esta forma:

- **FFP1:** con un 78 % de eficacia de filtración mínima. Se suelen emplear frente a partículas de material inerte.

- **FFP2:** con un 92 % de eficacia de filtración mínima. Su uso fundamental es en pacientes en aislamiento aéreo.
- **FFP3:** 98 % de eficacia de filtración mínima. Su indicación es frente a la exposición a aerosoles.



*Ilustración 22 Mascarillas FFP1,FFP2,FFP3.(61)*

### 1.6.3.2.3 Protectores oculares

Las gafas de seguridad a diferencia de las gafas ópticas impiden el contacto de aerosoles, salpicaduras y gotas con la mucosa conjuntival, por lo que no pueden sustituirse con anteojos comunes, ya que ellos no tienen efecto de barrera en su contorno alrededor de la mucosa conjuntival.

### 1.6.3.3 Mecanismos de desinfección de superficies

Ya hemos hablado anteriormente sobre esto, y los distintos mecanismos de desinfección y limpieza. Es fundamental la correcta limpieza tanto del material empleado con los pacientes, como de la habitación donde se encuentran alojados, y todo el mobiliario que se encuentre en la zona, así como picaportes, ventanas, ect.

La renovación del aire de estas habitaciones también es de alta importancia para evitar la sobrecarga de microorganismos en el aire ambiente.

#### **1.6.4 Medidas específicas para prevenir las principales infecciones nosocomiales y su importancia epidemiológica**

##### **1.6.4.1 Medidas para prevenir la infección asociada a catéter**

La infección relacionada a catéter central, es de carácter yatrogénico con una incidencia de 80.000 episodios al año, y alcanza una mortalidad de 20.000 muertes al año, con un coste asociado que puede llegar hasta 2 billones de dólares al año en EE. UU.

En España existe un protocolo de actuación llamado “Bacteriemia ZERO” cuyo fin es tomar medidas para disminuir este tipo de patologías. Según este protocolo las medidas más importantes son:

- Higiene adecuada de manos.
- Uso de clorhexidina para preparar la piel.
- Uso de medidas de barrera total durante la inserción de los catéteres venosos centrales.
- Utilizar la vena subclavia como lugar de preferencia para la inserción del dispositivo.
- Retirada de los catéteres venosos centrales innecesarios.
- Manejo higiénico de los catéteres (62).

##### **1.6.4.2 Medidas para prevenir la NAVM**

La NAVM es la complicación infecciosa más importante en la UCI, y se corresponde con cerca de un 25 % de las infecciones producidas en estas unidades.

En España se lleva a cabo desde el año 2011, en las unidades de cuidados críticos el “Proyecto Neumonía ZERO”, este se inició, tras analizar que la mortalidad global de esta patología se encuentra entre el 24 % y el 76 %, la mortalidad atribuible entre el 13,5

% y el 17,5 %, y que la NAVM se asocia con un incremento de la estancia en UCI de 9,6 días. En EEUU esta patología supone un incremento del coste medio hospitalario de 228.754 \$ (63, 64). Lo que propone este documento son una serie de medidas que se han visto que son efectivas y se dividen en dos fases:

- **Medidas de obligado cumplimiento:**

- Debe existir un nivel apropiado de formación y entrenamiento en la manipulación de la vía aérea. En este apartado tiene gran relevancia la correcta aspiración de las secreciones bronquiales, no utilizar de forma sistemática suero salino fisiológico a través de los tubos endotraqueales y, utilizar material de un solo uso.
- Se debe realizar una higiene estricta de manos con productos de base alcohólica antes de manipular la vía aérea.
- Se recomienda realizar lavado de la cavidad bucal, con clorhexidina a una concentración entre el 0,12% y el 0,2% cada 8 horas.
- La presión del neumotaponamiento de tubo endotraqueal no debe ser inferior a 20 cm H<sub>2</sub>O.
- La posición recomendada es una posición semiincorporada (30º-45º) excepto si existe contraindicación. No se recomienda utilizar la posición de decúbito supino a 0º, y aún menos si el paciente está recibiendo nutrición enteral.
- Se deben favorecer todas las medidas que faciliten una agilización del proceso de extubación (realizar periodos de desconexión de la ventilación mecánica).
- No se recomienda el cambio rutinario de tubuladuras e intercambiadores de calor y humedad, salvo mal funcionamiento de las mismas. Si se realiza el cambio éste no debe ser inferior a cada 7 días en el caso de tubuladuras ni a 48 horas en el caso de humidificadores.

- **Medidas optativas**

- Existen evidencias de que la aspiración continua de secreciones subglóticas es efectiva.
- Descontaminación selectiva del tubo digestivo (completa u orofaríngea). Es la medida asociada con más evidencias en la prevención de NAVM y la única que ha demostrado impacto en la mortalidad.
- Antibióticos sistémicos (dos días) durante la intubación en pacientes con disminución del nivel de consciencia. Esta medida se utiliza, sólo en neumonías precoces en un grupo seleccionado de pacientes en el que existe disminución del nivel de consciencia. Los antibióticos que se recomiendan son la administración de cefuroxima o amoxicilina clavulánico en las primeras 48 horas después de la intubación.

#### **1.6.4.3 Medidas para prevenir las infecciones del tracto urinario (ITU)**

En el caso de la ITU asociadas al sondaje vesical ocurren en un 2,6 % de los pacientes que permanecen ingresados en las UCI europeas (65). Destaca que hasta en el 65-70 % de los casos, estas infecciones serían evitables, si se llevasen a cabo medidas de prevención (66). En España desde el año 2017 se han implementado estas medidas a través del “Proyecto ITU – ZERO”, y consisten (67), en las siguientes recomendaciones:

- Sólo se debe sondar cuando es necesario, se deben utilizar sondas de sistema de circuito cerrado y con un puerto para tomar muestras. La sonda, debe ser retirada en el primer momento en que no sea necesaria.
- Se debe realizar higiene de manos antes y después de la inserción de la sonda, y siempre que se vaya a manipular.
- La inserción se debe realizar mediante una técnica estéril.
- El sistema colector se debe mantener cerrado y el flujo de orina libre sin obstáculos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El medio ambiente desempeña un papel importante en la transmisión de patógenos al actuar como un depósito de muchas bacterias resistentes a múltiples fármacos y por lo tanto se convierte en un importante factor de riesgo para el desarrollo de posibles infecciones (68). Desafortunadamente, varios estudios han demostrado que los métodos de limpieza estándar son actualmente ineficaces (69–71). Nuevas tecnologías de desinfección a base de vapor de peróxido de hidrógeno, ozono, prendas con ultra-microfibras (con biocida de cobre) o la luz ultravioleta han surgido para tratar de resolver este problema.

La radiación UV puede dividirse en tres grupos: A, B y C; todas con diferentes propiedades y aplicaciones (72,73). La eficacia de la luz ultravioleta de onda corta C para eliminar bacterias, virus, y esporas persistentes ha sido bien documentada, y se basa en la inducción de la inactivación de los fragmentos de ARN / ADN a través de la absorción de fotones que da lugar a la formación de dímeros de pirimidina de timina y citosina incapacitando al organismo para reproducirse de manera efectiva (74–76). Los microorganismos son vulnerables a los efectos de la UVC específicamente, a la longitud de onda exacta de 253,7 nm.

Las infecciones nosocomiales causan una morbilidad y mortalidad considerables, y representan las complicaciones postoperatorias más comunes en una unidad de reanimación (REA) (66) (77). Los patógenos involucrados en estas infecciones se transmiten por contacto directo de persona a persona con la piel, ropa o cuando se manipulan instrumentos y dispositivos médicos (catéteres, líneas intravenosas) y a través del aire (respiración de partículas, contaminación de heridas quirúrgicas) (78) (79). La NAVM es una de las infecciones hospitalarias más frecuentes asociadas a una alta mortalidad, que afecta entorno al 9-27 % de todos los pacientes intubados (80) (81). Se desarrolla cuando patógenos bacterianos oportunistas, como *Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Enterobacteriaceae*, *Streptococci* spp., *Haemophilus* spp., y cepas

resistentes a meticilina de *Staphylococcus Aureus*, alcanzan el sistema pulmonar de un paciente bajo ventilación mecánica (82). La NAVM se asocia con una estancia hospitalaria más prolongada, mayores tasas de mortalidad y, por lo tanto, con el aumento de los costes de atención del paciente (83) (84).

Medixair® (Pathogen Solutions Ltd, West Midlands, Reino Unido) es un nuevo e innovador esterilizador portátil de radiaciones ultravioleta, diseñado específicamente para descontaminar los entornos de cuidados críticos (85). A pesar de la existencia de una serie de estudios evaluando el uso de dispositivos de luz UVC para su uso en la desinfección en el hospital y salas de REA, (86–91) hasta la fecha hay poca información sobre su impacto final en los pacientes. Es por ello que creemos que es importante evaluar si dispositivos de este tipo podrían ser útiles para obtener mejores resultados clínicos postoperatorios, en nuestro caso en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

### **3. HIPÓTESIS**

El uso del sistema Medixair®, debido a que produce una radiación ultravioleta tipo C, ocasionará una reducción de las infecciones en pacientes postoperados de cirugía cardíaca, frente a la no utilización de este sistema, y esto influirá en los resultados clínicos de estos pacientes.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo principal**

Valorar el impacto del dispositivo Medixair®, en la mejora de la tasa de infección global en el postoperatorio de pacientes sometidos a cirugía cardíaca en la unidad de reanimación.

### **4.2 Objetivos secundarios**

- a) Determinar las tasas de infecciones en distintas localizaciones.
- b) Valorar si el uso del dispositivo Medixair® afecta a la duración de la estancia hospitalaria.
- c) Valorar si el dispositivo Medixair® influye en la tasa de mortalidad a 30 días.
- d) Cuantificar si el uso del dispositivo Medixair® reduce el número de microorganismos aislados en distintas localizaciones: pulmones, orina, sangre, sitio quirúrgico, catéter, áreas de piel distintas al sitio quirúrgico, áreas de colonización (axila, recto, faringe).

## **5. MATERIAL Y MÉTODO**

### **5.1 Diseño del estudio**

El presente trabajo constituye un estudio prospectivo, de asignación aleatoria, no intervencionista.

El protocolo de estudio fue aprobado previamente por la Comisión de Investigación del Hospital Clínico Universitario de Valladolid (Código PI 14-1769 España). Centro médico de tercer nivel que cuenta con un total de 800 camas. Se cumplieron los principios de la declaración de Helsinki y fue aprobado por la comisión de ética con el siguiente número de registro nº NAC 07 y CEIm PI-14-176. El estudio se encuentra registrado en Clinical Trial con el siguiente número #NCT02492919. Para su realización se siguieron las recomendaciones CONSORT (ver Anexos).

### **5.2 Población de estudio**

Se incluyeron un total de 1.097 pacientes intervenidos de cirugía cardíaca de forma consecutiva, entre enero de 2011 y enero de 2016, en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid.

Posteriormente a la cirugía, los pacientes fueron ingresados en la REA cardíaca, con una capacidad de diez camas, dedicadas exclusivamente a los cuidados postoperatorios de cirugía cardíaca.

### **5.3 Criterios de inclusión**

Pacientes mayores de 18 años de edad, que habían sido sometidos a cirugía cardíaca (con circulación extracorpórea), ingresado en la REA y firmado el consentimiento informado.

#### **5.4 Criterios de exclusión**

Se excluyeron aquellos pacientes menores de 18 años, pacientes fallecidos en quirófano y en las primeras 24 horas tras la intervención quirúrgica, pacientes trasplantados, pacientes con infección activa previa a la intervención quirúrgica, y pacientes intervenidos sin circulación extracorpórea (CEC).

#### **5.5 Clasificación de los pacientes**

Se incluyeron 1.097 pacientes, 522 estuvieron bajo la exposición de radiaciones UVC, mediante el sistema Medixair® durante su ingreso en REA y 575 no estuvieron expuestos. La asignación se realizó de forma randomizada, según los boxes disponibles en el momento del ingreso.

#### **5.6 Dispositivo Medixair ®**

Medixair ® es un esterilizador portátil de aire que emplea el efecto de la luz UVC a una frecuencia de 253,7 nm con el objetivo de lograr la descontaminación del aire. Consiste en 4 lámparas fluorescentes de luz ultravioleta de 25 W, completamente encapsuladas para evitar la fuga de radiaciones UV. El dispositivo produce un flujo continuo de aire de 25 m<sup>3</sup> por hora. Los microorganismos que pasan a través del haz de radiaciones UV están expuestos a una energía de 22,500 μWs/cm<sup>2</sup>. El ruido que produce el dispositivo es menor de 33 dB (85).

#### **5.7 Anestesia y cuidados intraoperatorios:**

Antes de su traslado a quirófano se realizó ansiólisis con 3 mg de morfina (Morfina B. Braun 10mg/1ml ®) por vía subcutánea. A su llegada a quirófano todos los pacientes fueron monitorizados con electrocardiografía de cinco derivaciones, pulsioximetría y manguito de presión arterial no invasiva y presión arterial invasiva antes o después de la inducción anestésica según las características de cada paciente para realizar controles gasométricos y de coagulación.

Todos los pacientes recibieron profilaxis antibiótica entre 20 y 30 minutos tras la inducción anestésica mediante cefazolina 2 g intravenosos (Cefazolina Normon®. Laboratorios Normon) o teicoplanina 400 mg intravenosos (Targocid®. Aventis Pharma)) en los pacientes alérgicos. En las intervenciones que duraban más de 3 horas se repetía 1g de cefazolina.

Todos fueron preoxigenados con mascarilla facial y oxígeno al 100%. Se realizó pre-inducción con midazolam (Midazolam B. Braun 1mg/ml®. Grupo B. Braun) y fentanilo (Fentanest®. Kern Pharma) vía intravenosa según la situación clínica de cada paciente.

La inducción anestésica se efectuó con fentanilo y etomidato (Hypnomidate®. Janssen). El bloqueo neuromuscular para llevar a cabo la intubación orotraqueal, se realizó con bromuro de rocuronio (Esmeron® N.V. Organon AB Oss).

Tras realizarse la intubación, la ventilación se llevó a cabo con una mezcla de oxígeno y aire en el respirador (Datex Ohmeda Aestiva 5. Datex Ohmeda) ajustando los valores para mantener una correcta oxemia y normocapnia. El mantenimiento de la anestesia se efectuó con una combinación de sevoflurano (Sevorane®. Abbvie), midazolam y fentanilo. La profundidad anestésica se monitorizó mediante sistema SedLine®(SedLine ® System™. Massimo). Se insertó un catéter venoso a través de la vena yugular interna o subclavia de tres luces (Arrow CVC Systems. Teleflex Medical), para la medición de la presión venosa central (PVC), administración de volumen y drogas vasopresoras e inotrópicas. En los casos necesarios también se insertó catéter de arteria pulmonar (catéter de arteria pulmonar Swan-Ganz CCombo Edwards Lifesciences LLC). La medición de la temperatura se hizo de forma continua a través de sonda de temperatura esofágica.

El control del a diuresis se llevó a cabo a través de sonda de Foley durante toda la intervención.

Antes de iniciar la CEC se administró heparina sistémica (Heparina Hospira 5%®.Hospira) según peso del paciente (350 U/Kg) con el objetivo de conseguir un TCA (tiempo de coagulación activada) > 400 s, y en caso necesario se inyectaron bolos adicionales. El flujo de la bomba se realizó a 45-55 mL/Kg/min. Se utilizó hipotermia sistémica o profunda según las características de la intervención quirúrgica, y se

administró cardioplejia fría intermitentemente para protección y mantenimiento del corazón en asistolia. Durante la CEC se mantuvo una PAM (presión arterial media) entre 60 a 80 mmHg y una saturación venosa de oxígeno  $\geq 60$  mmHg con el objetivo de mantener una correcta perfusión y aporte de oxígeno de todos los órganos y sistemas. Una vez finalizada la CEC, y tras la retirada de la cánula venosa se revirtió la acción anticoagulante de la heparina con sulfato de protamina en perfusión intravenosa (Protamina Hospira 50 mg®. Hospira).

### 5.8 Cuidados postoperatorios

Tras finalizar la cirugía, los pacientes fueron trasladados a la REA cardiaca. A su llegada se realizó monitorización estándar con electrocardiografía, pulsioximetría, presión arterial invasiva y no invasiva, medición de PVC, y de presiones de arteria pulmonar si era necesario. Aquellos en cuyo box existía el dispositivo Medixair® , se puso a funcionar durante toda su estancia en la unidad, de forma ininterrumpida y vigilando diariamente su correcto funcionamiento, prestando especial atención a que no fuese tapado o desplazado de su lugar durante el ingreso.

Los pacientes eran conectados a ventilación mecánica (Ventilador Evita 4 SW 4.n Dräger Medical AG &Co), manteniendo un volumen entre 6-8 ml/kg/min con FiO<sub>2</sub> (fracción inspirada de oxígeno) del 0,5%. En todos se realizaron los mismos cuidados respiratorios, higiene de manos, cambios en el circuito respiratorio cada 7 días o en el caso de estar contaminados u obstruidos antes, así como lavados de mucosa oral con clorhexidina 2 %, cada 6h mientras permanecían intubados. La posición corporal era semisentada a 40° y se comprobaba cada 4 horas. No se realizó descontaminación selectiva digestiva. El mantenimiento de la sedación se realizó con propofol en perfusión, con el objetivo de mantener un nivel de sedación de -3 según la escala en la escala RASS (*Richmond-Agitation Sedation Scale*) (92), la cual se corresponde con sedación moderada, en la que se produce movimiento o apertura ocular al llamado verbal. El control de la glucemia se mantuvo, mediante el protocolo de la unidad, manteniendo unos niveles inferiores a 180 mg/dl. Los objetivos hemodinámicos a conseguir fueron, un índice cardíaco  $\geq 2,5$  L/min/m<sup>2</sup>, FC (frecuencia cardíaca) entre 60-100 lpm, PAM entre 60-80 mmHg. Para ello, se emplearon vasopresores e inotrópicos

junto con fluidoterapia realizada con cristaloides como el suero glucosalino al 0,3 % (Glucosalino Braun Sol. 0,3%®. Grupo B. Braun) y, como relleno vascular ringer lactato (Ringer Lactato® B. Braun) y coloides como hidroxietilalmidón 130/0,4 (Voluven®.Grupo B. Braun) y gelafundina (Gelafundina®. B. Braun) en caso necesario. También se administraron fármacos antiarrítmicos si los pacientes lo precisaban. Cada hora se determinó: balance de líquidos, temperatura axilar y débito por drenajes. Se realizó radiografía de tórax para valorar la correcta colocación del catéter venoso central, así como del tubo endotraqueal. Como control analgésico se administraron bolos de cloruro mórfico intravenoso junto con AINES (antiinflamatorios no esteroideos).

Durante el primer día de ingreso en REA, se extrajeron muestras sanguíneas para control de hemograma, bioquímica y coagulación, al ingreso y a las 6 horas. En caso de inestabilidad hemodinámica con alto débito por drenajes o ante la aparición de otras complicaciones se realizaron analíticas adicionales según juicio del facultativo responsable del paciente. A partir del segundo día de ingreso el intervalo de extracción de analíticas fue cada 12 horas. Para la extubación, los pacientes tuvieron que reunir los siguientes criterios: valores en la escala Ramsay de entre 2 y 3 puntos, índice de Tobin (frecuencia respiratoria[espontánea]/volumen corriente[litros]) menor de 105 (93),  $PaO_2$  (presión arterial de oxígeno) > 60 mmHg;  $PaCO_2$  (presión arterial de dióxido de carbono) < 50mmHg; potencial de hidrógeno (pH)  $\geq 7,35$ ;  $FiO_2$  menor de 0,4; presión continua en la vía aérea menor de 5 mmHg,  $PaO_2/FiO_2$  mayor o igual a 200 y ausencia de sangrado significativo.

## **5.9 Variables resultados**

### **5.9.1 Variable principal**

Tasa de infección nosocomial en el postoperatorio de cirugía cardíaca en pacientes ingresados en REA cardíaca.

### 5.9.2 Variables secundarias

- La duración de la estancia hospitalaria.
- Tasa de mortalidad a los 30 días.
- Patógenos aislados en diferentes localizaciones como los pulmones, orina, sangre, catéter, herida quirúrgica, aéreas de piel distintas al sitio quirúrgico y áreas de colonización (axila, recto y faringe).

### 5.10 Recogida de datos

#### 5.10.1 Características preoperatorias

Edad, género, peso, talla, si eran o no fumadores. Condiciones o enfermedades coexistentes (hipertensión arterial sistémica, diabetes mellitus, enfermedad hepática, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, infarto cerebral, asma, endocarditis, neoplasia maligna, fallo crónico renal, si la cirugía cardíaca fue de urgencia, fracción de eyección del ventrículo izquierdo, puntuación EuroSCORE I (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation).

#### 5.10.2 Características intraoperatorias

Cirugía valvular aislada, cirugía de revascularización miocárdica aislada (CRMA), cirugía combinada valvular + CRMA, cirugía urgente o programada, tiempo de CEC y tiempo de pinzamiento aórtico.

#### 5.10.3 Características postoperatorias

Se recogieron las siguientes características:

- **Valor de ingreso de SOFA (Sequential organ failure assessment):** medición de fallo orgánico múltiple con una puntuación que oscila de 0 a 24 puntos. Se evalúa la

respiración ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ), Escala de coma de Glasgow, presión arterial (PA) y dosis de catecolaminas, hígado (bilirrubina mg/dl), coagulación (plaquetas  $\times 10^3$ ) y funcionamiento renal (creatinina o aclaramiento).(94)

- **Valor al ingreso de APACHE II (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation):**

sistema de valoración pronóstica, que consiste en detectar los trastornos fisiológicos agudos que atentan contra la vida del paciente, es una valoración estática. Recoge las siguientes variables: temperatura, presión arterial media, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, oxigenación, pH arterial, bicarbonato ( $\text{HCO}_3$ ) venoso, sodio (Na), potasio (K), creatinina (Cr), hematocrito, leucocitos (total/mm<sup>3</sup> en miles), escala de Glasgow, puntuación por edad, puntuación por enfermedad crónica. (95)

- **Duración de la ventilación mecánica**

- **Presencia de NAVM:** La NAVM fue diagnosticada como la presencia de infiltrados pulmonares nuevos o progresión de los existentes, junto con  $\geq 2$  de los siguientes criterios: fiebre ( $\geq 38,5$  °C) o hipotermia ( $<36^\circ\text{C}$ ), leucocitosis ( $\geq 12 \times 10^9/\text{l}$ ), secreciones traqueobronquiales purulentas, o descenso de  $\text{PaO}_2/\text{FIO}_2$  de al menos un 15% con respecto a las 48 horas previas (96) El diagnóstico también incluyó pacientes con una puntuación CPIS (Clinical Pulmonary Infection Score) mayor de 6. La confirmación del diagnóstico, incluyó el aislamiento de al menos un microorganismo patógeno en un recuento bacteriano significativo, por ejemplo  $\geq 10^3$  o  $10^4$  unidades formadoras de colonias (UFC)/ml obtenidas por telescopado, o por aspiración endotraqueal, respectivamente.

- **Fallo respiratorio:** Prolongación de la terapia ventilatoria durante más de 48 horas, reintubación o traqueostomía (81).

- **Fallo renal agudo:** Valores de creatinina superiores a 2 mg/dL o un incremento superior al 50 % de los niveles de creatinina respecto a su valor basal (97).



- **Shock séptico:** el diagnóstico de este cuadro se realizó siguiendo los criterios de las guías internacionales vigentes en el momento de la recogida. En aquel momento era definida, como situación de sepsis que se acompaña de hipotensión persistente a pesar de un adecuado tratamiento con fluidoterapia y que precisa fármacos vasoactivos para mantener valores de presión arterial normales (98). Durante su estancia hospitalaria el diagnóstico de infección se estableció por el médico responsable y confirmado por otro.
- **Reintervención por sangrado:** hemorragia brusca superior a 300 mL/hora o bien sangrado continuo y persistente, entendido como hemorragia superior a 400 mL en la primera hora después de la intervención; superior a 300 mL durante 2-3 horas o superior a 200 mL durante 4 horas (99).
- **Complicaciones cardíacas:** arritmias, infarto agudo de miocardio perioperatorio y shock cardiogénico. El IAM perioperatorio se definió como una nueva onda Q en el electrocardiograma según los criterios del código de Minnesota o niveles de creatina quinasa específicos del miocardio de al menos 100 ng/mL después de la cirugía (100). El shock cardiogénico se definió como un estado de TAS < 90 mmHg, con estado de volumen adecuado y signos de hipoperfusión clínicos (oliguria, confusión mental, extremidades frías y mareo) y de laboratorio (acidosis metabólica, aumento de ácido láctico y creatinina), y a nivel hemodinámico un índice cardiaco  $\leq 2,2$  l/min/m<sup>2</sup> (101).
- **Uso de antibióticos en el postoperatorio:** necesidad de terapia antibiótica en el postoperatorio descartando la de la profilaxis quirúrgica.
- **Infección de la herida quirúrgica:** se definió según las guías publicadas por el centro para el control de enfermedades(102).
  - **Infección superficial:** es aquella que aparece en el sitio de la incisión dentro de los 30 días posteriores a la cirugía, y afecta a la piel, el tejido

subcutáneo o el músculo ubicado por encima de la capa fascial. Y esto aparece con cualquiera de las siguientes características: drenaje purulento de la incisión o drenaje ubicado sobre la capa fascial, cultivo positivo de la herida, diagnóstico de infección por parte del médico que trata al paciente, necesidad de drenaje de la herida.

- **Infección profunda:** ocurre en el lugar de la operación dentro de los 30 días posteriores a la cirugía si no se deja ningún implante o dentro de 1 año si existe implante. La infección involucra tejidos o espacios situados debajo de la capa fascial, junto con cualquiera de las siguientes características: salida de contenido purulento por debajo de la capa fascial; la herida se abre de forma espontánea o por el cirujano, cuando el paciente tiene fiebre ( $>38^{\circ}\text{C}$ ) y/o dolor o sensibilidad localizados, a menos que la herida tenga un cultivo negativo; absceso u otra evidencia de infección observada en el examen directo, durante la cirugía o por examen histopatológico, o por último se diagnostique infección por su médico.
  
- **Infección nosocomial del tracto urinario:** definida como la presencia de cultivo de orina positivo ( $>10^4$  UFC/ml de no más de dos especies distintas) obtenidas al menos 48 horas después del ingreso hospitalario.
  
- **Infección asociada a catéter:** aislamiento del mismo microorganismo (idéntica especie y antibiograma) de un cultivo cuantitativo o semicuantitativo de un segmento de un catéter y de otro sanguíneo (este preferiblemente extraído de una vena periférica) en un paciente, que se acompaña de síntomas clínicos de sepsis y que no tiene aparentemente otra fuente de infección(96).
  
- **Número total de infectados.**

#### **5.10.4 Características referentes a la estancia hospitalaria**

Se recogieron las siguientes características:

- Tiempo de estancia en la planta antes de la cirugía.
- Tiempo de estancia en REA.
- Tiempo de hospitalización en planta tras su alta de REA.
- Tiempo de hospitalización total.
- Mortalidad a los 30 días.

#### **5.10.5 Parámetros de laboratorio recogidos en REA**

A su llegada a la REA, se recogieron los siguientes datos, tanto al ingreso como el pico máximo que alcanzaron: Troponina T (TnT), creatina fosfoquinasa (CPK), creatinina, quinasa mioglobina (CK-MB), glutámico oxalacético transaminasa (GOT), lactato deshidrogenasa (LDH). Los siguientes datos se recogieron sólo al ingreso: hemoglobina, hematocrito, leucocitos, monocitos, neutrófilos, magnesio, sodio, potasio, glucosa, urea, creatinina, lactato, bilirrubina, proteína C reactiva (PCR) y procalcitonina (PCT).

#### **5.10.6 Aislamiento y cultivo de microorganismos**

Las muestras microbiológicas obtenidas de la axila, recto faringe, nariz e ingle, fueron recogidas en el momento de ingreso en REA, y posteriormente cada 7 días durante su estancia en el hospital con el fin de determinar cualquier posibilidad de colonización bacteriana. Se siguieron las directrices de las guías internacionales, siendo las muestras de sangre y pulmones obtenidas en pacientes con sospecha de infección, antes de comenzar con la terapia antibiótica.

### 5.10.7 Análisis estadístico

Considerando un contraste unilateral (disminución de las infecciones cuando se usan radiaciones UVC) y a partir de una tasa de infección global del 16 % en cirugía cardíaca (aunque esta es muy variable) (103) y con el objetivo de una reducción de infecciones de hasta el 10 %, el tamaño de la muestra necesario considerando un IC del 95 % y un poder estadístico del 80 % fue de 388 pacientes por grupo. Incrementamos esta cantidad en un 10 %, para evitar la posible pérdida de pacientes y la variabilidad de los datos de infecciones en cirugía cardíaca.

Las variables categóricas fueron expresadas a través de frecuencias absolutas y relativas (%). Las variables continuas fueron expresadas como la media y la desviación estándar (DS).

Las diferencias entre los grupos (expuestos y no expuesto a radiaciones UVC mediante sistema Medixair®) fueron comparadas utilizando la prueba T de student para variables continuas y, usando el test Chi cuadrado o el test exacto de Fisher para las variables categóricas. Consideramos significativas las diferencias con una  $p \leq 0.05$ . El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa informático Statistical Package for Social Sciences (SPSS 21.0).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Características preoperatorias

De un total de 1.097 pacientes incluidos en el estudio, 522 y 575 estuvieron incluidos respectivamente en el grupo UVC y no UVC (Tabla 9). No se encontraron diferencias significativas, sin embargo, señalar que los pacientes fueron predominantemente hombres (67,6 % del total), con una edad media de 68,3 años, y sin hábito tabáquico (80,0 % del total). Las comorbilidades más comunes en los pacientes fueron la hipertensión (50,4 % del total) y la diabetes (21,3 % del total).

Tabla 9 Características demográficas y clínicas preoperatorias de los pacientes expuestos y no expuestos a UVC

| Variables                | UVC (n=522) | No UVC (N=575) | P- valor |
|--------------------------|-------------|----------------|----------|
| Edad (años)              | 68,6±10,9   | 67,9±11,1      | 0,26     |
| Sexo masculino           | 357 (68,4)  | 385 (66,9)     | 0,61     |
| Peso (kg)                | 72,7±13,3   | 74,3±16,1      | 0,11     |
| Altura (cm)              | 163,4±9,7   | 164,1±10,1     | 0,28     |
| Fumador                  | 104 (19,9)  | 115 (20,0)     | 0,97     |
| Hipertension             | 268 (51,3)  | 285 (46,6)     | 0,55     |
| <i>Diabetes mellitus</i> | 115 (22,0)  | 119 (20,7)     | 0,59     |
| Enfermedad respiratoria  | 48 (9,2)    | 40 (6,9)       | 0,17     |
| Ictus                    | 22 (4,2)    | 19 (3,3)       | 0,42     |
| Asma                     | 17 (3,3)    | 16 (2,8)       | 0,64     |
| Endocarditis             | 9 (1,7)     | 12 (2,1)       | 0,66     |
| Neoplasia maligna        | 2 (0,4)     | 7 (1,2)        | 0,12     |
| Enfermedad hepática      | 2 (0,4)     | 4 (0,7)        | 0,48     |
| Insuficiencia Renal      | 22 (4,2)    | 25 (4,3)       | 0,82     |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ .

## 6.2 Características de la cirugía

En la tabla 10 se muestran las características referentes a la cirugía, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de ellas. La puntuación de la escala EuroScore I fue de 6,90 (6,1) en el grupo de UVC y de 7,02 (3,8) en el de No UVC. La cirugía, fue emergente en un 8 % de los casos totales. Respecto al tipo de cirugía, la valvular (52,23 % del total) fue más frecuente que la de derivación coronaria (26,61 % del total) en ambos grupos. El tiempo de circulación extracorpórea fue similar,  $114,4 \pm 41,3$  minutos en el grupo de UVC y de  $117,2 \pm 51,1$  en el de No UVC. El tiempo de pinzamiento aórtico, también fue similar siendo de  $82,5 \pm 33,8$  minutos en el grupo UVC, y de  $85,6 \pm 39,03$  en el de No UVC.

Tabla 10 Características de la cirugía en pacientes con UVC y No UVC

| Variables                                  | UVC (n=522) | No UVC (n= 575) | P- valor |
|--|-------------|-----------------|----------|
| <b>Cirugía emergente</b>                   | 38 (7,3)    | 50 (8,7)        | 0,38     |
| <b>EuroSCORE I</b>                         | 6,90±6,1    | 7,02±3,8        | 0,78     |
| <b>TIPO DE CIRUGÍA</b>                     |             |                 | 0,37     |
| <b>Valvular</b>                            | 283 (54,2)  | 290 (50,4)      |          |
| <b>CDAC</b>                                | 140 (26,8)  | 152 (26,4)      |          |
| <b>Valvular + CDAC</b>                     | 87 (16,7)   | 114 (29,8)      |          |
| <b>Otras</b>                               | 12 (2,3)    | 19 (3,3)        |          |
| <b>Tiempo de CEC (min)</b>                 | 114,4±41,3  | 117,2±51,1      | 0,37     |
| <b>Tiempo de pinzamiento aórtico (min)</b> | 82,5±33,8   | 85,6±39,03      | 0,22     |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . EuroSCORE I, European system for cardiac operative risk evaluation; CDAC, cirugía de derivación aorto-coronaria; CEC, circulación extracorpórea.

### 6.3 Características postoperatorias y complicaciones

En la tabla 11 presentamos las complicaciones postoperatorias más frecuentes junto con la puntuación SOFA Y APACHE II en el momento de ingreso en REA. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas salvo en el fallo respiratorio, este fue más frecuente en el grupo de No UVC 73 (12,7 %), respecto a los expuestos a UVC 46 (8,8 %), ( $p=0,04$ ).

El fallo renal agudo fue la complicación postoperatoria más frecuente, presentándose en un 12,67 % del total, junto con la necesidad de terapia antibiótica la cual fue necesaria, en un 14,77 % del total.

*Tabla 11 Características postoperatorias y complicaciones de los pacientes con UVC y No UVC*

| Variables                                 | UVC (n=522) | No UVC (N=575) | P- Valor    |
|---|-------------|----------------|-------------|
| Puntuación SOFA                           | 5,6±1,5     | 5,9±1,9        | 0,20        |
| Puntuación APACHE II                      | 13,5±4,3    | 13,7±5,3       | 0,45        |
| Duración total de la VM (días)            | 1,2±4,8     | 1,6±5,6        | 0,24        |
| Fallo respiratorio                        | 46 (8,8)    | 73 (12,7)      | <b>0,04</b> |
| Shock séptico                             | 19 (3,6)    | 24 (4,17)      | 0,443       |
| Reintervención por sangrado               | 27 (5,17)   | 34 (5,91)      | 0,89        |
| Fallo renal agudo                         | 67 (12,8)   | 72 (12,5)      | 0,87        |
| Complicaciones cardíacas                  | 55 (10,5)   | 59 (10,3)      | 0,88        |
| Uso de antibióticos después de la cirugía | 79 (15,1)   | 83 (14,4)      | 0,74        |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . SOFA; Sequential Organ Failure Assessment; APACHE, Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II; VM ventilación mecánica.

#### 6.4 Características de las infecciones en el postoperatorio

En la tabla 12 se describen las infecciones que presentaron los pacientes en la unidad de reanimación. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de ellas. La infección más frecuente fue la NAVM, su presencia fue menor, en los pacientes con UVC (4,6 %), respecto a los no expuestos a UVC (5,0 %) sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p=0,77$ ). El número de infecciones de la herida quirúrgica fue menor en los expuestos a radiaciones UVC (2,8 %) que en los no expuestos (3,5 %) sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,56$ ). El número total de infecciones fue menor en el grupo de pacientes expuestos a radiaciones UVC (14 %) que en el de no expuestos (15,5 %) y tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,45$ ).

Tabla 12 Características de las infecciones en el postoperatorio

| VARIABLES                                | UVC<br>(n=522) | NO UVC<br>(N=575) | P-valor |
|--|----------------|-------------------|---------|
| <b>Pacientes con NAVM</b>                | 24 (4,6)       | 29 (5,0)          | 0,77    |
| <b>Infección del tracto urinario</b>     | 15 (2,9)       | 15 (2,6)          | 0,78    |
| <b>Infección asociada a catéter</b>      | 6 (1,4)        | 9 (1,6)           | 0,71    |
| <b>Hemocultivos positivos</b>            | 13 (2,4)       | 16 (2,8)          | 0,78    |
| <b>Infección de la herida quirúrgica</b> | 15 (2,8)       | 20 (3,5)          | 0,56    |
| • <b>Superficial</b>                     | 9 (1,7)        | 13 (2,3)          |         |
| • <b>Profunda</b>                        | 6 (1,1)        | 7 (1,2)           |         |
| <b>Total de infecciones</b>              | 73 (14,0)      | 89 (15,5)         | 0,45    |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . NAVM, neumonía asociada a ventilación mecánica.



### 6.5 Estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días en los pacientes con UVC y No UVC

La estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días en pacientes con y sin UVC se muestra en la tabla 13. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la estancia en planta, en REA, en la duración del tiempo de hospitalización, ni en la mortalidad a 30 días. Se observó, que la duración de la estancia en REA y en el hospital fue similar en los pacientes con UVC 4,6 días (8,2) y 18,3 días (5,5) si se comparaba con los pacientes No UVC 4,6 días (7,3) y 19,2 días (18,6). La tasa de mortalidad a los 30 días fue del 5,3 % teniendo en cuenta ambos grupos, en los pacientes con UVC esta fue del 3,8 % y sin UVC 6,4 %.

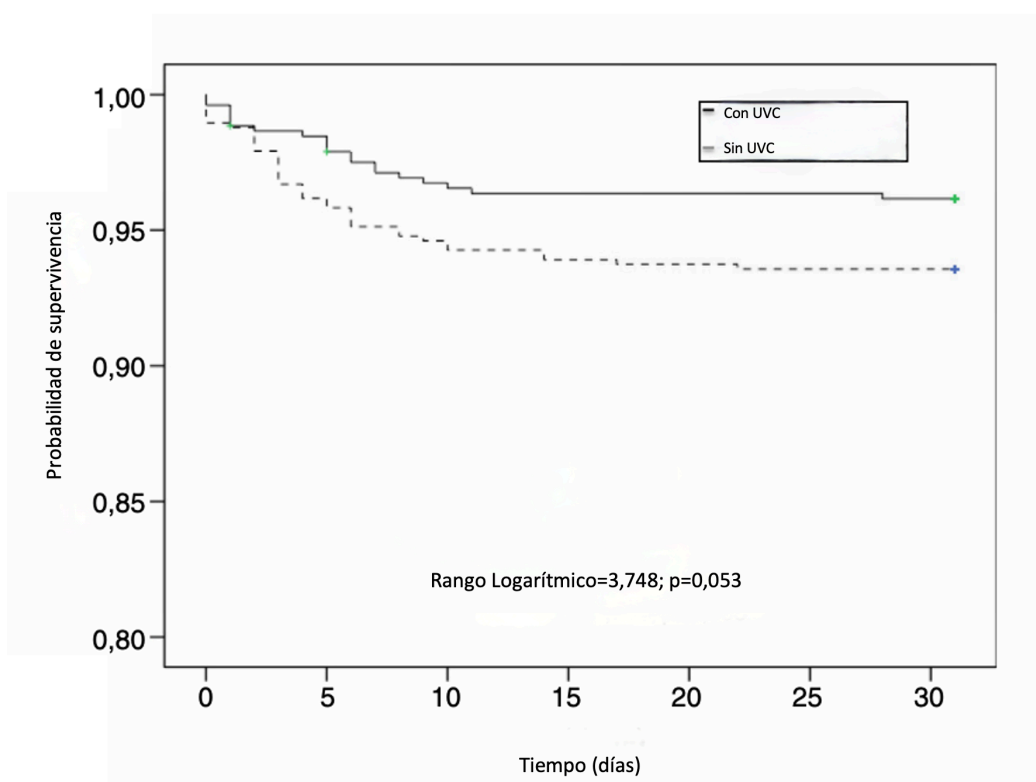
*Tabla 13 Estancia hospitalaria y mortalidad a los 30 días de pacientes expuestos y no expuestos a UVC*

| VARIABLES                                       | UVC (n=522) | NO UVC (N=575) | P- valor |
|---|-------------|----------------|----------|
| Estancia en planta antes de la cirugía (días)   | 5,7±7,7     | 5,5±7,8        | 0,75     |
| Estancia en REA (días)                          | 4,6±8,2     | 4,6±7,3        | 0,98     |
| Estancia en planta después de la cirugía (días) | 8,6±10,1    | 9,2±13,5       | 0,42     |
| Duración total de la hospitalización (días)     | 18,3±5,5    | 19,2±18,6      | 0,38     |
| Mortalidad a los 30 días                        | 20 (3,8)    | 37 (6,4)       | 0,053    |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ .

Este último resultado se observó también en las curvas de supervivencia de Kaplan- Meier, las cuales revelaron que no existían diferencias entre el porcentaje de supervivientes entre los expuestos a radiaciones UVC y los no expuestos (Log rank = 3,748;  $p=0,053$ ).

Ilustración 23 Curva Kaplan Meier



## 6.6 Resultados analíticos en el postoperatorio de expuestos y no expuestos a UVC

En la tabla 14 se muestran valores analíticos en el postoperatorio de la troponina T, CPK, GOT, LDH, siendo recogidos en el momento del ingreso en REA (1), y en el pico más alto que alcanzaron durante su estancia en esta (2), sin encontrarse diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Los siguientes valores analíticos sólo se recogieron al ingreso: niveles de hemoglobina, hematocrito, leucocitos, monocitos, neutrófilos, iones (Mg, Na, K), glucosa, urea creatinina, bilirrubina, PCR y PCT. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos salvo en los niveles de PCT que fueron mayores en el grupo de no expuestos a radiaciones UVC ( $0,4\text{ng/ml}\pm 1,0$ ) en comparación con el de expuestos ( $0,2\text{ng/ml}\pm 0,3$ ), ( $p=0,012$ ).

## Resultados

Tabla 14 Resultados analíticos de los pacientes en REA con UVC y No UVC

| VARIABLES               | UVC (n=522)   | No UVC (N=575) | P- Valor     |
|-------------------------|---------------|----------------|--------------|
| 1-Troponina T (µg/l)    | 842,9±1605,6  | 880,6±1276,4   | 0,988        |
| 2-Troponina T (µg/l)    | 945,2±1529,8  | 1074,0±2534,3  | 0,221        |
| 1-CPK (ng/ml)           | 711,0±2881,2  | 619,9±1051,5   | 0,465        |
| 2-CPK (ng/ml)           | 1036,0±1436,5 | 1042,7±1936,9  | 0,456        |
| 1-CK-MB (ng/ml)         | 55,1±62,1     | 58,7±89,8      | 0,667        |
| 2-CK-MB (ng/ml)         | 47,2±49,6     | 52,6±103,9     | 0,260        |
| 1-GOT (ng/ml)           | 78,5±159,8    | 74,4±227,5     | 0,759        |
| 2-GOT(ng/ml)            | 96,5±282,4    | 137,1±696,7    | 0,111        |
| 1-Hemoglobina (g/dl)    | 10,2±1,5      | 9,9±1,4        | 0,250        |
| 1-Hematocrito (%)       | 30,6±4,3      | 30,1±4,1       | 0,341        |
| 1-Leucocitos (×103/µl)  | 11,3±4,5      | 11,1±4,1       | 0,125        |
| 1-Monocitos (×103/µl)   | 5,3±2,6       | 5,6±2,5        | 0,203        |
| 1-Neutrófilos(%)        | 83,1±6,4      | 83,0±5,6       | 0,379        |
| 1-Mg (mmol/l)           | 1,6±0,2       | 1,6±0,3        | 0,123        |
| 1-Na (mmol/l)           | 140,4±3,2     | 140,3±3,1      | 0,983        |
| 1-K (mmol/l)            | 4,0±0,6       | 4,0±0,6        | 0,936        |
| 1-Glucosa (mg/dl)       | 104,8±3,7     | 105,1±3,4      | 0,843        |
| 1-Urea (mg/dl)          | 44,3±20       | 44,6±16,6      | 0,125        |
| 1-Creatinina (mg/dl)    | 1,0±0,4       | 1,1±0,6        | 0,821        |
| 1-Bilirrubina (mg/dl)   | 0,9±0,7       | 0,9±0,6        | 0,516        |
| 1-Glucosa (mg/dl)       | 176,3±45,6    | 181,3±55,2     | 0,060        |
| 1-LDH (ng/ml)           | 369,7±205,4   | 384,7±447,4    | 0,291        |
| 2-LDH (ng/ml)           | 392,0±252,4   | 443,4±769,3    | 0,071        |
| 1-PCR (mg/l)            | 13,0±23,3     | 14,8±26,1      | 0,223        |
| 1-Procalcitonina (ng/m) | 0,4±1         | 0,2±0,3        | <b>0,012</b> |

Los datos se han expresado como media ± DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . Resultados analíticos de los pacientes en el momento de admisión en REA (1) y el máximo pico alcanzado en su ingreso en Rea(2) en pacientes expuestos y no expuestos a radiaciones UVC. CPK creatinin fosfoquinasa; CK-MB creatinin quinasa-MB; GOT aspartato aminotransferasa; Mg magnesio; Na sodio; K potasio; LDH lactato deshidrogenasa; PCR proteína- C reactiva.

### 6.7 Microorganismos aislados en los diferentes lugares de infección en los pacientes expuestos y no expuestos a UVC

En la tabla 15 se muestran los microorganismos aislados en los pulmones de los pacientes con UVC y sin UVC, se aislaron más cocos Gram positivos en el grupo No UVC que en UVC, siendo el más frecuente dentro de este grupo el *Staphylococcus aureus*. Los bacilos Gram negativos fueron los microorganismos más aislados en pulmón, sin existir diferencias entre ambos grupos, dentro de estos el que se aisló con más frecuencia fue *Haemophilus influenzae*, y en segundo lugar las especies del género *Klebsiella*.

Tabla 15 Microorganismos aislados en pulmón en pacientes expuestos a UVC y no expuestos

| PULMONES                              |           |           |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
|                                       | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>           | <b>4</b>  | <b>12</b> |
| <i>Staphylococcus aureus</i>          | 4         | 8         |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente | 0         | 0         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>     | 0         | 1         |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>      | 0         | 0         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>       | 0         | 2         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>       | 0         | 0         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>          | 0         | 0         |
| <i>Enterococcus faecium</i>           | 0         | 1         |
| Otros cocos Gram-positivo             | 0         | 0         |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>          | <b>20</b> | <b>20</b> |
| <i>Escherichia coli</i>               | 0         | 3         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                | 4         | 6         |
| <i>Enterobacter spp.</i>              | 1         | 0         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>         | 11        | 6         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>         | 2         | 3         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>             | 1         | 2         |
| <i>Bacteroides spp.</i>               | 0         | 0         |
| Otros bacilos Gram-negativo           | 1         | 0         |
| <b>Hongos</b>                         | <b>6</b>  | <b>6</b>  |
| <i>Candida albicans</i>               | 4         | 5         |
| Otros <i>C. albicans spp.</i>         | 2         | 1         |

## Resultados

En la tabla 16, se muestran los microorganismos aislados en la orina de pacientes expuestos y no expuestos a UVC. Las infecciones por cocos Gram positivos fueron similares en ambos grupos y dentro de estas la más frecuente fue *Enterococcus faecium*. Los bacilos Gram negativos fueron los microorganismos con mayor prevalencia, siendo esta similar en ambos grupos, *Escherichia Coli* junto con las especies de *Klebsiella* fueron las más frecuentes. Respecto a los hongos *Candida Albicans* fue el único que se aisló en ambos grupos y con frecuencias similares.

Tabla 16 Microorganismos aislados en la orina de pacientes expuestos a UVC y no expuestos

| ORINA                                 |           |           |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
|                                       | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>           | <b>4</b>  | <b>3</b>  |
| <i>Staphylococcus aureus</i>          | 0         | 0         |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente | 0         | 0         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>     | 0         | 0         |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>      | 0         | 0         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>       | 0         | 0         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>       | 0         | 0         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>          | 1         | 0         |
| <i>Enterococcus faecium</i>           | 1         | 2         |
| Otros cocos Gram-positivo             | 2         | 0         |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>          | <b>18</b> | <b>18</b> |
| <i>Escherichia coli</i>               | 6         | 5         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                | 5         | 5         |
| <i>Enterobacter spp.</i>              | 1         | 3         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>         | 0         | 0         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>         | 3         | 2         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>             | 1         | 1         |
| <i>Bacteroides spp.</i>               | 0         | 0         |
| Otros bacilos Gram-negativo           | 2         | 2         |
| <b>Hongos</b>                         | <b>5</b>  | <b>1</b>  |
| <i>Candida albicans</i>               | 4         | 1         |
| Otros <i>C. albicans spp</i>          | 1         | 0         |

En la tabla 17 presentamos los microorganismos aislados en el catéter central en pacientes con UVC y No UVC, los cocos Gram positivos fueron los microorganismos que se aislaron con mayor frecuencia y dentro de estos, el más aislado fue *Staphylococcus epidermidis*. Dentro de los bacilos Gram negativos, tampoco se encontraron diferencias en el número de infecciones siendo las especies de *Enterobacter*, las más frecuentes en ambos grupos. Respecto a los hongos se encontraron únicamente *Candida albicans*.

Tabla 17 Microorganismos aislados en catéter central en expuestos a UVC y no expuestos

|                                       | CATÉTER   |           |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
|                                       | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>           | <b>10</b> | <b>14</b> |
| <i>Staphylococcus aureus</i>          | 2         | 0         |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente | 0         | 0         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>     | 7         | 9         |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>      | 1         | 2         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>       | 0         | 0         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>       | 0         | 1         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>          | 0         | 1         |
| <i>Enterococcus faecium</i>           | 0         | 0         |
| Otros cocos Gram-positivo             | 0         | 1         |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>          | <b>10</b> | <b>8</b>  |
| <i>Escherichia coli</i>               | 1         | 1         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                | 0         | 1         |
| <i>Enterobacter spp.</i>              | 3         | 2         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>         | 1         | 0         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>         | 1         | 1         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>             | 1         | 2         |
| <i>Bacteroides spp.</i>               | 0         | 0         |
| Otros bacilos Gram-negativo           | 3         | 0         |
| <b>Hongos</b>                         | <b>1</b>  | <b>2</b>  |
| <i>Candida albicans</i>               | 1         | 0         |
| Otros <i>C. albicans spp</i>          | 0         | 2         |

## Resultados

En la tabla 18 presentamos los microorganismos aislados en sangre en pacientes con UVC y No UVC. El número de infecciones fue similar en ambos grupos, siendo ligeramente mayor en los pacientes no expuestos a UVC. Los cocos Gram positivos fueron los más frecuentes, y dentro de los mismos *Staphylococcus epidermidis* fue el que se aisló un mayor número de veces en ambos grupos. Respecto a los hongos solo se encontraron *Candida Albicans* sin observarse diferencias entre grupos.

Tabla 18 Microorganismos aislados en sangre en expuestos a UVC y no expuestos

| SANGRE                                |           |           |
|---------------------------------------|-----------|-----------|
|                                       | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>           | <b>29</b> | <b>34</b> |
| <i>Staphylococcus aureus</i>          | 7         | 5         |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente | 0         | 1         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>     | 12        | 14        |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>      | 7         | 7         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>       | 0         | 0         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>       | 0         | 1         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>          | 0         | 3         |
| <i>Enterococcus faecium</i>           | 2         | 1         |
| Otros cocos Gram-positivo             | 1         | 2         |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>          | <b>11</b> | <b>13</b> |
| <i>Escherichia coli</i>               | 1         | 1         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                | 4         | 6         |
| <i>Enterobacter spp.</i>              | 3         | 3         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>         | 0         | 0         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>         | 0         | 1         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>             | 0         | 1         |
| <i>Bacteroides spp.</i>               | 0         | 0         |
| Otros bacilos Gram-negativo           | 3         | 1         |
| <b>Hongos</b>                         | <b>1</b>  | <b>0</b>  |
| <i>Candida albicans</i>               | 1         | 0         |
| Otros <i>C. albicans spp</i>          | 0         | 0         |

## Resultados

En la tabla 19, se muestran los microorganismos aislados en áreas de piel distintas a la herida quirúrgica en pacientes con UVC y No UVC. Es, en esta localización donde mayor número de microorganismos se aislaron en nuestro estudio. Los cocos Gram positivos fueron los más frecuentes, destacando entre ellos el *Staphylococcus epidermidis*. Dentro de los bacilos Gram negativos *Escherichia coli* y las especies de *Klebsiella* fueron las más frecuentes. Respecto a los hongos, *Candida albicans* fue la única que se aisló en ambos grupos.

Tabla 19 Microorganismos aislados en áreas de piel distinta a la herida quirúrgica en expuestos a UVC y no expuestos

| ÁREA DE PIEL DISTINTA A LA HERIDA QUIRÚRGICA |           |           |
|--|-----------|-----------|
|  | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>                  | <b>51</b> | <b>59</b> |
| <i>Staphylococcus aureus</i>                 | 10        | 7         |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente        | 0         | 0         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>            | 26        | 25        |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>             | 2         | 6         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>              | 0         | 0         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>              | 2         | 3         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>                 | 2         | 3         |
| <i>Enterococcus faecium</i>                  | 0         | 0         |
| Otros cocos Gram-positivo                    | 8         | 10        |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>                 | <b>17</b> | <b>19</b> |
| <i>Escherichia coli</i>                      | 3         | 7         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                       | 4         | 4         |
| <i>Enterobacter spp.</i>                     | 4         | 1         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>                | 0         | 0         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>                | 0         | 1         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>                    | 3         | 3         |
| <i>Bacteroides spp.</i>                      | 1         | 1         |
| Otros bacilos Gram-negativo                  | 2         | 2         |
| <i>Candida albicans</i>                      | 0         | 2         |
| Otros <i>C. albicans spp.</i>                | 1         | 1         |



En la tabla 20 presentamos los microorganismos que se encontraron como colonizaciones en axila, recto y faringe en pacientes con UVC y No UVC. Dentro de los cocos Gram positivos el *Staphylococcus aureus* fue el más frecuente. Los bacilos Gram negativos fueron los más aislados y dentro de estos las especies de *Klebsiella* en primer lugar y en segundo lugar *Echerichia coli*.

Tabla 20 Áreas colonizadas en pacientes expuestos a UVC y no expuestos a UVC

| ÁREAS COLONIZADAS (AXILA, RECTO, FARINGE) |           |           |
|---|-----------|-----------|
|   | UVC       | No UVC    |
| <b>Cocos Gram-positivos</b>               | <b>15</b> | <b>18</b> |
| <i>Staphylococcus aureus</i>              | 14        | 18        |
| <i>S. aureus</i> Meticilin resistente     | 0         | 0         |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i>         | 0         | 0         |
| Otros <i>Staphylococcus spp.</i>          | 1         | 0         |
| <i>Streptococcus pneumoniae</i>           | 0         | 0         |
| Otros <i>Streptococcus spp.</i>           | 0         | 0         |
| <i>Enterococcus faecalis</i>              | 0         | 0         |
| <i>Enterococcus faecium</i>               | 0         | 0         |
| Otros cocos Gram-positivo                 | 1         | 0         |
| <b>Bacilos Gram-negativo</b>              | <b>22</b> | <b>30</b> |
| <i>Escherichia coli</i>                   | 5         | 4         |
| <i>Klebsiella spp.</i>                    | 7         | 16        |
| <i>Enterobacter spp.</i>                  | 2         | 0         |
| <i>Haemophilus influenzae</i>             | 2         | 1         |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>             | 1         | 2         |
| <i>Acinetobacter spp.</i>                 | 3         | 4         |
| <i>Bacteroides spp.</i>                   | 0         | 0         |
| Otros bacilos Gram-negativo               | 2         | 3         |
| <i>Candida albicans</i>                   | 7         | 2         |
| Otros <i>C. albicans spp</i>              | 8         | 3         |

## 6.8 Características demográficas de los supervivientes y no supervivientes

En la tabla 21, se muestran las características demográficas y clínicas preoperatorias de los pacientes supervivientes y no supervivientes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el desarrollo de insuficiencia renal crónica, donde esta fue mayor en el grupo de supervivientes (3,5 % del total) que en el de no supervivientes (0,7 % del total) ( $p=0,0001$ ). Destacamos que no se observaron diferencias significativas en variables como el tabaquismo, la hipertensión arterial y la *diabetes mellitus*.

Tabla 21 Características demográficas y clínicas preoperatorias de supervivientes y no supervivientes

| VARIABLES                | Supervivientes | No supervivientes | P- valor      |
|--------------------------|----------------|-------------------|---------------|
| Edad (años)              | 68,1±11,1      | 70,3±11,2         | 0,13          |
| Peso (kg)                | 73,5±4,8       | 75,4±15,4         | 0,38          |
| Altura (cm)              | 163,7±9,9      | 165,1±9,5         | 0,41          |
| Fumador                  | 214 (20,5)     | 9 (15,7)          | 0,39          |
| Hipertensión             | 528 (50,7)     | 27(47,3)          | 0,642         |
| <i>Diabetes mellitus</i> | 222 (21,3)     | 13 (22,8)         | 0,77          |
| Enfermedad               | 83 (9,2)       | 5 (8,7)           | 0,82          |
| Ictus                    | 41 (3,9)       | 1 (1,7)           | 0,40          |
| Asma                     | 31 (2,9)       | 2 (2,4)           | 0,64          |
| Endocarditis             | 9 (1,7)        | 12 (2,1)          | 0,81          |
| Neoplasia maligna        | 10 (0,9)       | 0 (0,0)           | 0,45          |
| Enfermedad               | 6 (0,6)        | 1 (1,7)           | 0,27          |
| Insuficiencia Renal      | 39 (3,8)       | 8 (14,9)          | <b>0,0001</b> |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ .

### 6.9 Características perioperatorias y tipo de cirugía en supervivientes y no supervivientes

En la tabla 22, se presentan el tipo de cirugía, la puntuación EuroSCORE I, si fue de carácter emergente, así como el tiempo de circulación extracorpórea y de clampaje. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos, en la variable cirugía emergente, donde esta fue mayor en el grupo supervivientes 75 (7,2 %) que en el de no supervivientes 15 (26,3 %) ( $p=0,0001$ ). Respecto a la puntuación del EuroSCORE I las diferencias tuvieron significación estadística ( $p=0,0001$ ) ya que, la puntuación fue mayor en el grupo de no supervivientes  $12,1\pm 12,1$  que en el de supervivientes  $6,7\pm 4,3$ . También resultaron significativos, el tiempo de circulación extracorpórea y clampaje aórtico, siendo mayor en el grupo de no supervivientes ( $p=0,0001$ ).

Tabla 22 Características del tipo de cirugía en supervivientes y no supervivientes

| Variables                                     | Supervivientes<br>(n=1040) | No supervivientes<br>(n= 57) | P- valor      |
|---|----------------------------|------------------------------|---------------|
| <b>Cirugía emergente</b>                      | 75 (7,2)                   | 15 (26,3)                    | <b>0,0001</b> |
| <b>EuroSCORE I. Media <math>\pm</math> DS</b> | 6,7 $\pm$ 4,3              | 12,1 $\pm$ 12,1              | <b>0,0001</b> |
| <b>TIPO DE CIRUGÍA</b>                        |                            |                              | 0,47          |
| <b>Valvular</b>                               | 545 (52,42)                | 28 (49,12)                   |               |
| <b>CDAC</b>                                   | 280 (26,90)                | 12 (21,05)                   |               |
| <b>Valvular + CDAC</b>                        | 186 (17,88)                | 15 (26,31)                   |               |
| <b>Otras</b>                                  | 28 (2,69)                  | 3 (5,26)                     |               |
| <b>Tiempo de CEC (min)</b>                    | 113,9 $\pm$ 43,1           | 159,1 $\pm$ 84,3             | <b>0,0001</b> |
| <b>Tiempo de pinzamiento aórtico (min)</b>    | 83,2 $\pm$ 35,5            | 85,6 $\pm$ 55,4              | <b>0,0001</b> |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . EuroSCORE I, European system for cardiac operative risk evaluation; CDAC, cirugía de derivación aorto-coronaria; CEC, circulación extracorpórea.

### 6.10 Características postoperatorias de los supervivientes y no supervivientes

En la tabla 23 se presentan las características postoperatorias de supervivientes y no supervivientes. La puntuación SOFA y APACHE II fueron mayores en los pacientes no supervivientes, siendo estadísticamente significativas las diferencias entre ambos grupos ( $p=0,0001$ ). También se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el fallo renal agudo, fallo respiratorio, reintervención por sangrado, complicaciones cardíacas tras la cirugía y la necesidad de antibioterapia postoperatoria ( $p=0,001$ ), donde la aparición de estas características fue mayor en los pacientes no supervivientes.

Tabla 23 Características postoperatorias de los supervivientes y no supervivientes

| Variables  | Supervivientes<br>(n=1040) | No supervivientes<br>(n=57) | P- Valor      |
|--|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| <b>Puntuacion SOFA</b>                           | 5,5±1,7                    | 7,7±1,7                     | <b>0,0001</b> |
| <b>Puntuación APACHE II</b>                      | 13,3±3,8                   | 18,3±5,6                    | <b>0,0001</b> |
| <b>Fallo respiratorio</b>                        | 82 (5,8)                   | 37 (64,9)                   | <b>0,0001</b> |
| <b>Shock séptico</b>                             | 35 (4,13)                  | 8 (14,0)                    | 0,004         |
| <b>Reintervención por sangrado</b>               | 45 (4,3)                   | 16(28,0)                    | <b>0,0001</b> |
| <b>Fallo renal agudo</b>                         | 120 (9,0)                  | 19 (33,3)                   | <b>0,0001</b> |
| <b>Complicaciones cardíacas</b>                  | 97 (2,3)                   | 17 (29,0)                   | <b>0,0001</b> |
| <b>Uso de antibióticos después de la cirugía</b> | 144 (13,8)                 | 22 (38,6)                   | <b>0,0001</b> |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . SOFA; Sequential Organ Failure Assessment; APACHE, Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II; VM ventilación mecánica.

### 6.11 Resultados clínicos de los pacientes supervivientes y no supervivientes

En la tabla 24 se analizan las infecciones encontradas en el grupo supervivientes y no supervivientes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en las siguientes variables: NAVM ( $p=0,0001$ ), infección asociada a catéter ( $p=0,003$ ) y hemocultivos positivos ( $p=0,0001$ ), siendo mayor en el grupo de no

supervivientes. El número total de infecciones fue mayor en el grupo de no supervivientes y también las diferencias fueron significativas ( $p=0,0001$ ).

*Tabla 24 Características de las infecciones en el postoperatorio en pacientes supervivientes y no supervivientes*

| <b>VARIABLES</b>                      | <b>Supervivientes<br/>(n=1040)</b> | <b>No supervivientes<br/>(n=57)</b> | <b>P-valor</b> |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| <b>Pacientes con NAVM (%)</b>         | 41 (3,9)                           | 12 (21,0)                           | <b>0,0001</b>  |
| <b>Infeccion urinaria</b>             | 26 (2,5)                           | 4 (7,0)                             | 0,11           |
| <b>Infección asociada a catéter</b>   | 9 (0,8)                            | 6 (10,5)                            | <b>0,003</b>   |
| <b>Hemocultivos positivos</b>         | 21 (2,0)                           | 8 (14,0)                            | <b>0,0001</b>  |
| <b>Infección del sitio quirúrgico</b> | 30 (2,8)                           | 5 (0,5)                             | 0,063          |
| <b>Superficial</b>                    | 21 (2,0)                           | 1 (0,1)                             |                |
| <b>Profunda</b>                       | 9 (0,8)                            | 4 (0,4)                             |                |
| <b>Total de infecciones</b>           | 127 (12,2)                         | 35 (61,5)                           | <b>0,0001</b>  |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . NAVM; neumonía asociada a ventilación mecánica.

### **6.12 Estancia hospitalaria y mortalidad a 30 días en supervivientes y no supervivientes**

En la tabla 25 se recogen los datos de la estancia hospitalaria de pacientes supervivientes y no supervivientes. Cabe destacar que la duración de la estancia en planta postoperatoria, y el tiempo de hospitalización total, fue mayor en los supervivientes mostrando diferencias estadísticamente significativas ( $p=0,0001$ ). No se encontraron diferencias en la estancia en planta previa a la cirugía, ni en los días de ingreso en REA.

Tabla 25 Estancia hospitalaria y mortalidad a los 30 días de supervivientes y no supervivientes

| VARIABLES                                       | Supervivientes<br>(n=1040) | No supervivientes<br>(n=57) | P- valor      |
|---|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| Estancia en planta antes de la cirugía (días)   | 5,7(7,8)                   | 4,1(5,7)                    | 0,14          |
| Estancia en REA (días)                          | 4,6(7,9)                   | 4,4(4,1)                    | 0,83          |
| Estancia en planta después de la cirugía (días) | 9,4(12,1)                  | 0,9(3,5)                    | <b>0,0001</b> |
| Duración total de la hospitalización (días)     | 19,3(17,4)                 | 9,2(8,9)                    | <b>0,0001</b> |

Los datos se han expresado como media  $\pm$  DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . REA; reanimación.

### 6.13 Resultados analíticos de los pacientes supervivientes y no supervivientes

En la tabla 26 se muestran los resultados de las determinaciones analíticas de los pacientes supervivientes y no supervivientes. Se mostraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de ingreso (1) y pico más alto alcanzado durante el ingreso en REA (2) de las siguientes determinaciones: TnT, CK-MB, GOT y LDH siendo estos más altos en el grupo de no supervivientes. Los valores de leucocitos, Na, Cr, bilirrubina, glucosa, procalcitonina y lactato en el momento del ingreso en REA, fueron mayores en el grupo de no supervivientes, siendo las diferencias estadísticamente significativas. La variable CPK mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en el valor pico alcanzado en REA (2) ( $p=0,004$ ), sin embargo, esta significación estadística no se encontró en los valores obtenidos de la CPK de ingreso (1).

## Resultados

Tabla 26 Resultados analíticos de supervivientes y no supervivientes

| VARIABLES                           | Supervivientes | No supervivientes | P- Valor      |
|-------------------------------------|----------------|-------------------|---------------|
| 1-Troponina T (µg/l)                | 806,1±1282,8   | 2247,9±3487,1     | <b>0,0001</b> |
| 2-Troponina T (µg/l)                | 884,9±1455,3   | 3831,2±7061,1     | <b>0,0001</b> |
| 1-CPK (ng/ml)                       | 659,6±2214,8   | 826,3±854,8       | 0,702         |
| 2-CPK (ng/ml)                       | 1009,8±1651,3  | 1712,7±2568,1     | <b>0,041</b>  |
| 1-CK-MB (ng/ml)                     | 54,6±75,2      | 112,9±109,8       | <b>0,033</b>  |
| 2-CK-MB (ng/ml)                     | 46,1±70,0      | 129,6±188,5       | <b>0,0001</b> |
| 1-GOT (ng/ml)                       | 65,1±100,1     | 358,9±832,2       | <b>0,0001</b> |
| 2-GOT(ng/ml)                        | 84,2±251,8     | 853,6±2206,5      | <b>0,0001</b> |
| 1-Hemoglobina (g/dl)                | 10,1±1,4       | 9,5±1,8           | 0,164         |
| 1-Hematocrito (%)                   | 30,4±4,2       | 28,8±5,2          | 0,341         |
| 1-Leucocitos (×10 <sup>3</sup> /µl) | 11,1±4,2       | 12,8±6,7          | <b>0,007</b>  |
| 1-Monocitos (×10 <sup>3</sup> /µl)  | 5,4±2,5        | 5,9±2,5           | 0,598         |
| 1-Neutrófilos(%)                    | 83,1±6,0       | 83,0±6,5          | 0,517         |
| 1-Mg, mmol/l                        | 1,6±0,3        | 1,7±0,2           | 0,542         |
| 1-Na, mmol/l                        | 140,4±3,1      | 140,8±4,8         | <b>0,008</b>  |
| 1-K, mmol/l                         | 4,0±0,6        | 4,4±0,7           | 0,130         |
| 1-Glucosa (mg/dl)                   | 177,6±48,8     | 206,9±79,1        | 0,465         |
| 1-Urea (mg/dl)                      | 44,2±18,1      | 50,9±23,8         | 0,502         |
| 1-Creatinina (mg/dl)                | 1,0±0,5        | 1,3±0,6           | <b>0,020</b>  |
| 1-Bilirrubina (mg/dl)               | 0,9±0,6        | 1,3±0,9           | <b>0,006</b>  |
| 1-Glucosa (mg/dl)                   | 177,6±48,8     | 206,9±79,1        | <b>0,0001</b> |
| 1-LDH (ng/ml)                       | 358,1±182,0    | 847,0±1462,7      | <b>0,0001</b> |
| 2-LDH (ng/ml)                       | 377,4±278,5    | 1327,7±2309,6     | <b>0,0001</b> |
| 1-PCR (mg/l)                        | 13,4±24,0      | 27,4±35,6         | 0,002         |
| 1-Procalcitonina (ng/ml)            | 0,3±0,8        | 0,3±0,5           | 0,960         |
| 1-Lactato(mg/dl)                    | 0,3±0,2        | 0,6±0,6           | <b>0,0001</b> |

Los datos se han expresado como media ± DS y como número absoluto y porcentaje de la muestra. Se consideran significativas las diferencias con una  $p \leq 0,05$ . Resultados analíticos de los pacientes en el momento de admisión en REA (1) y el máximo pico alcanzado en su ingreso en REA(2) en pacientes supervivientes y no supervivientes. CPK, creatinin fosfoquinasa; CK-MB, creatinin quinasa-MB; GOT, aspartato aminotransferasa; Mg, magnesio; Na, sodio; K, potasio; LDH, lactato deshidrogenasa; PCR, proteína- C reactiva.

## 7. DISCUSIÓN

Se han realizado muchos estudios sobre la inactivación de microorganismos en el aire mediante el uso de radiación UV, en ellos se ha observado que la longitud de onda UV empleada es un parámetro más importante, ya que determina la eficiencia de la inactivación. Se ha comprobado que la máxima efectividad generalmente se observa alrededor de 254 nm la cual se corresponde con las radiaciones UVC (104). Además de las radiaciones UVC, estudios recientes, han investigado varias reacciones fotocatalíticas por UVD de 185 nm con tiempos de irradiación cortos, para inactivar los virus MS2 en el aire y también estos estudios investigaron los mecanismos de inactivación de virus a través de radiaciones UVA (105, 106).

Hasta la actualidad, se había analizado el efecto de desinfección en hospitales, de dispositivos emisores de radiaciones UVC, pero existía poca información sobre el impacto en los resultados clínicos de los pacientes. Es por ello, que se realizó este estudio prospectivo, comparativo, randomizado y no intervencionista en el que se quiso evaluar, estos resultados, dividiendo a los pacientes de forma aleatoria entre expuestos y no expuestos a radiaciones UVC, a través del dispositivo Medixair® cuando eran ingresados en la unidad de REA cardíaca, tras ser intervenidos de cirugía cardíaca.

Los resultados más importantes encontrados fueron los siguientes:

- Este estudio demostró que el uso de Medixair® no proporcionó beneficios clínicos asociados con una menor incidencia de infecciones nosocomiales



en el postoperatorio de cirugía cardíaca en pacientes ingresados en REA (Tabla 9).

- No hubo diferencias en el número de infecciones totales, NAVM, infecciones renales o del sitio quirúrgico, o casos de bacteriemia entre el grupo con UVC y el NO UVC (Tabla 12).
- Tampoco se encontraron diferencias entre ambos grupos, en la duración de la estancia en el hospital, en REA cardíaca, ni en la mortalidad a 30 días (Tabla 13).

### **7.1 UVC e infecciones**

Las infecciones nosocomiales son una de las patologías más prevalentes en las unidades de reanimación, además de ser un problema que genera un aumento del gasto hospitalario. En un estudio llevado a cabo en Estados Unidos sobre 778 pacientes ingresados en UCI el gasto individual por paciente con infección nosocomial fue de 10.350 \$, en comparación con un paciente sin infección nosocomial donde el gasto fue de 3.985 \$ (107). Llama la atención que las infecciones nosocomiales causadas por SAMR, causaron en el estudio de *Klein et col* un aumento del gasto médico de 9,7 billones de \$ (108). Es por ello que consideramos que nuestro trabajo podía ser de interés ya que si se demostraba que el uso del dispositivo Medixair® era efectivo, también tendría un impacto además de sobre los resultados clínicos sobre los costes económicos.

Aunque se han identificado numerosas fuentes que pueden ser el origen de estas infecciones nosocomiales incluida la flora respiratoria y gastrointestinal del propio individuo, las superficies contaminadas que están cerca del paciente son otra causa

importante de transmisión secundaria. Si comparamos, las concentraciones de estos microorganismos en estas superficies, estas son inferiores a las que encontramos en la piel o heces de los pacientes, sin embargo, el riesgo de transmisión es alto, incluso a bajas concentraciones. La limpieza de las superficies cercanas al paciente es realizada hoy en día, con agentes químicos como clorhexidina, hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno entre otros. El éxito de la desinfección depende del patógeno y del tipo, concentración, y duración de la exposición del agente químico. Además la desinfección efectiva por estos métodos dependen del cumplimiento y la capacitación del personal que los realiza (109). Se ha visto, utilizando diversas herramientas de evaluación (observación visual, bioluminiscencia de trifosfato de adenosina, recuentos de colonias) que, hasta la mitad de las superficies de las habitaciones se limpian de manera inapropiada mediante métodos manuales tradicionales de desinfección (110) (111–113).

En un estudio llevado a cabo en UCI, se evaluó la correcta limpieza de los boxes en una muestra de 50 pacientes, en él se vio que el 56 % de los objetos del box habían sido limpiados de una forma correcta después de que el paciente fuese dado de alta. Las partes del box que se limpiaban de forma incorrecta fueron los pomos de las puertas (45 %), las pantallas de los monitores (27 %) y las mesillas que se encontraban a la cabecera del paciente (16 %) (114).

Hay informes donde se refleja que aproximadamente 5–30 % de las superficies permanecen potencialmente contaminadas, debido a la incapacidad de formulaciones de detergentes y desinfectantes existentes para alterar las biopelículas (115,116).

En el año 2017, se llevó a cabo un estudio con el robot de desinfección: Hyper Light disinfection robot (modelo: Hyper Light P3 de Intertek Mediland ®), este actúa

emitiendo radiaciones UVC. El objetivo fue valorar la reducción, de la presencia de colonias multirresistentes de *Pseudomonas aeruginosa*, colonias multirresistentes de *Acinetobacter baumannii*, SAMR, *Enterococos resistente a la vancomicina* (ERV), *Mycobacterium abscessus* y *Aspergillus fumigatus*. Las muestras de estos microorganismos se tomaron de los boxes donde se encontraban los pacientes ingresados. También se evaluó el rendimiento de este dispositivo en la desinfección de habitaciones de hospital donde habían estado ingresados pacientes positivos a SAMR y ERV. En los resultados observaron una reducción mayor de  $3 \log^{10}$  de colonias de bacterias vegetativas después de la irradiación UVC durante 5 minutos, a una distancia de 3 m del dispositivo, con excepción de las colonias que presentaban resistencia a vancomina y *M.abscessus*. Con una distancia de 1 metro, se observó una reducción sustancial y comparable de las colonias en todos los microorganismos analizados, independientemente del tiempo de exposición. La capacidad para eliminar a *A.Fumigatus* fue menor, particularmente a una distancia de entre 2 y 3 m. También analizaron las habitaciones de hospital sin limpiar, dónde hubo una reducción significativa en el número de colonias de bacterias muestreadas de diferentes superficies después de la irradiación UVC durante 15 minutos. Es por ello que los autores concluyen que los resultados son esperanzadores en el uso de esta tecnología para este fin (117).

Con los datos que tenemos, podemos afirmar que los dispositivos UVC ofrecen varias ventajas en comparación con la desinfección estándar de las habitaciones e implementan los métodos de desinfección tradicionales, estas incluyen:

- Actividad germicida contra organismos de amplio espectro.

- Periodos de tiempo más cortos para acabar con la presencia de bacterias vegetativas.
- Es un método seguro y ecológico que no produce residuos peligrosos.
- Ahorro de costos como mano de obra y consumibles.
- Son sistemas que no precisan un sistema de instalación difícil (118, 119).

Los patógenos comunes en unidades de cuidados intensivos incluyen *Clostridium difficile*, ERV, SAMR, norovirus y numerosas bacilos gramnegativos resistentes a múltiples fármacos (120,121). Estos microorganismos pueden persistir en la superficie del hospital durante días, semanas y en el caso de *C.difficile*, incluso meses. En el caso de los virus, un ejemplo sería el norovirus, el cual se ha visto puede sobrevivir hasta una semana en las superficies hospitalarias. (72)

Un estudio multicéntrico retrospectivo de 20 meses de duración llevado a cabo en una UCI, analizó el riesgo de adquirir bacterias resistentes, procedentes de pacientes que habían ocupado el box previamente. Se observó que entre los ingresados cuyo box había sido ocupado por un paciente positivo para SAMR, el 3,9 % adquirió SAMR en comparación con el 2,9 % de los pacientes cuyo ocupante del box anterior fue SAMR negativo (OR 1,4,  $p=0,04$ ). Encontraron un 4,5 % de pacientes con ERV donde antes había un cultivo positivo de ERV respecto a un 2,8 % de pacientes donde estos habían sido negativos para ERV (OR 1,4,  $p=0,02$ ), (115).

En el año 2017 se llevó a cabo el estudio randomizado y multicéntrico BETR (Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection), el cual comparó por primera vez la eficacia de diferentes estrategias de desinfección en habitaciones previamente colonizadas o infectadas por pacientes. Los microorganismos que se estudiaron fueron

SAMR, ERV, *C.difficile*, o *Acinetobacter spp* multirresistentes. Las técnicas de desinfección fueron las siguientes:

- Desinfección estándar (con amonios cuaternarios excepto para *C.difficile* que se utilizó como método estándar el hipoclorito al 10 %).
- Desinfección estándar +radiación UVC.
- Desinfección con hipoclorito 10 %.
- Desinfección con hipoclorito 10 % + UVC.

El estudio se realizó durante 7 meses, y las conclusiones fueron las siguientes, se observó que, que la adición del tratamiento desinfectante con UVC en comparación con el protocolo estándar, tenía un efecto protector directo en el riesgo de adquirir infecciones por *C.difficile* y ERV (122).

Es por ello que la correcta limpieza y desinfección, de estas superficies tiene un impacto demostrado, en los resultados clínicos de los pacientes, por lo que el uso de Medixair® con este fin nos pareció una buena opción para intentar disminuir este problema.

En lo referente a los virus, la pandemia COVID 19, hizo realzar el papel de estos sistemas UVC en la prevención de las infecciones víricas. En términos generales, la inactivación de virus se puede realizar con método físicos y químicos y estos últimos se dividen en térmicos (pasteurización, calor seco...) y no térmicos. Estas técnicas de desinfección dependen en gran medida de la composición, la estructura y la función biológica del virus, ya que un mejor conocimiento de estos parámetros puede facilitar la desinfección de virus a nivel primario. En la naturaleza, los virus pueden desactivarse (incluidos los coronavirus) simplemente después de la exposición a la luz solar, es por

ello que la irradiación germicida ultravioleta UVC, puede emplearse para la inactivación de virus en entornos públicos, como entornos de atención médica, consultorios odontológicos y hospitales. Se sabe que la transmisión de coronavirus a través de superficies contaminadas y aerosoles ha demostrado ser de gran importancia en los brotes de coronavirus como el SARS, el síndrome respiratorio de oriente medio(MERS), y el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS CoV-2) causante de la pandemia en marzo de 2020.

También se ha evaluado la eficacia de longitudes de onda más cortas ( $UVC_{255}$ ) para la inactivación de virus en relación con longitudes de onda más largas ( $UVC_{288}$ ) en bacteriófagos. Actualmente, las longitudes de onda UVC lejanas (222 nm) se consideran las más eficaz para inactivar virus transmitidos por el aire, incluidos los coronavirus ya que su capacidad de penetración, a pesar de que es limitada en materiales biológicos es suficiente para este fin y además produce menos daño a nivel de piel y ojos (123).

Por lo tanto, los factores, según lo que conocemos sobre las radiaciones UVC, y con lo referido anteriormente en este texto podemos resumir que el poder de desinfección de estas radiaciones depende de:

- De la fuente de radiación UVC que se utiliza junto con su longitud de onda:
  - Lámparas de mercurio de presión media y baja: emiten picos de 254 nm.
  - Luz ultravioleta emitida por diodos (LED). No necesitan calentamiento previo, y emiten ondas entre 260-280 nm, incluso hasta 300 nm (124).
  - Ondas UVC lejanas (200-240 nm) emitidas a través de lámparas excimer (125).

- Lámparas de micro plasma (126).
- De la dosis aplicada de radiación UVC: irradiación suministrada al microorganismo ( $\text{mW cm}^{-2}$ ) multiplicada por el tiempo de exposición (s). Esta va a variar según la energía aplicada. Un flujo de radiación alto, va a proporcionar un proceso de inactivación de los distintos microorganismos más eficiente. Y también a menor distancia, la radiación produce un efecto destructivo más alto (127).
- Constante de la tasa de inactivación (k): una mayor constante significa una mayor sensibilidad del microorganismo a una longitud de onda particular. El valor de la k varía según la longitud de onda, utilizada para la inactivación de los distintos microorganismos (124).
- Características inherentes de cada microorganismo, como son el tamaño, peso molecular, características hidrofílicas, si existen mecanismos de reparación. Por ejemplo, en el caso de los virus aquellos no encapsulados son más resistentes al efecto de las radiaciones UVC, ya que las proteínas y lípidos que envuelven los virus se fragmentan con menor dificultad que otras partes de los virus (128).

## **7.2 Infección nosocomial asociada a la intubación orotraqueal**

La intubación orotraqueal es considerada uno de los mayores factores de riesgo de NAVM, ya que actúa como reservorio de bacterias oportunistas que permiten la formación de biofilms, que facilitan la invasión bacteriana estableciendo un acceso directo a través de la vía aérea para que los patógenos puedan alcanzar los pulmones. Se ha visto que existe una concordancia microbiológica, entre esta biopelícula y la

NAVM, ya que impiden que el efecto de los antibióticos sea óptimo. Se han diseñado tubos endotraqueales con cubiertas de plata, para evitar este efecto, pero según los estudios no han sido efectivos.

Además, esta situación impide que las defensas naturales del cuerpo, como el reflejo tusígeno puedan actuar, produciéndose también una alteración del aclaramiento mucociliar. Las secreciones procedentes de la orofaringe y tracto gastrointestinal tienden a acumularse en el espacio subglótico y esto favorece la colonización por bacterias. Es por ello que la eliminación, la disminución de su producción y la descontaminación, son las dianas para hacer frente a esta patología. Respecto a la eliminación, la aspiración de secreciones en el espacio subglótico, es una de las medidas preventivas de NAVM con mayor evidencia científica, y de forma concreta la aspiración subglótica continua o intermitente a través de tubos endotraqueales con canal de aspiración abierto a este espacio (129).

La descontaminación de las secreciones subglóticas ha sido realizada mediante el uso de antibióticos no absorbibles o mediante la utilización de desinfectantes. Las dos opciones han mostrado una disminución en la incidencia de NAVM y en concreto los antibióticos en la mortalidad, pero las dudas sobre sus efectos se deben a un posible efecto negativo ya que podrían aumentar la prevalencia de microorganismos meticilín resistentes. Otra medida que se lleva a cabo dentro del proyecto, Neumonía Zero es la administración de 2 o 3 dosis de antibiótico profiláctica en pacientes que deben de ser intubados en estado de coma, ya que disminuiría el inóculo de las secreciones subglóticas.

De acuerdo con los hallazgos obtenidos en estudios piloto, el uso del dispositivo Medixair® demostró que reduce la abundancia de patógenos que llegan a los pulmones



de los pacientes en la UCI. A pesar de no ser estudios clínicos, hay algunos estudios experimentales que evalúan la efectividad de dispositivos similares a Medixair® en la descontaminación de habitaciones de hospital.(74, 119, 130–132). En estos estudios se observó que las radiaciones UVC redujeron el número de bacterias vegetativas en las superficies en un 99,9 % en 15 minutos, y el 99,8 % de las esporas de *Clostridium difficile* se redujeron en 50 minutos. En general, la radiación UVC disminuyó la frecuencia de cultivos positivos de SAMR y *Enterococcus* resistente a vancomicina en aproximadamente 93% y en el 80% de los cultivos de *Clostridium difficile*. Además, hasta donde sabemos, sólo se ha realizado un ensayo clínico para evaluar el efecto de la irradiación UVC en las características clínicas y epidemiológicas de los pacientes. Este estudio, se realizó en una UCI neonatal, y en él se evaluó el efecto de la irradiación germicida ultravioleta, instalada en el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Se observó una reducción en los microbios ambientales, en el número de pacientes con colonización traqueal (de 74 % a 39 %), en el número de episodios de NAVM por paciente (de 1,2 % a 0,4 %), así como una disminución en el uso de antibióticos (62 %) (130).

Según la literatura actual, los aislamientos bacterianos más comunes que causan NAVM involucran bacilos Gram negativos aerobios (58 % de los aislamientos, específicamente *Pseudomonas aeruginosa* y *Enterobacteriaceae*, como *Escherichia coli*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* Y *Klebsiella spp.*) y cocos Gram positivos (hasta el 35 % de los aislamientos, principalmente *S. aureus*) (64). Los resultados que obtuvimos se corresponden con lo referido anteriormente ya que *S.aureus* seguido de *S. Epidermidis* fueron los microorganismos Gram positivos que se encontraron con una mayor

frecuencia en la NAMV, en el caso de los Gram negativos los más frecuentes fueron en primer lugar *H.influenzae*, seguidos de *Klebsiella spp* y *Pseudomonas aeruginosa*.

En nuestro estudio, a pesar de aislar menos *S.aureus* en pacientes con UVC, la incidencia de NAVM fue similar entre ambos grupos, lo que indica que la contribución de estas radiaciones en la prevención de esta patología fue mínima.

Además de los dispositivos de los que hablamos anteriormente emisores de UVC, existe uno nuevo cuyo fin es disminuir la NAVM, llamado VAP ZAP®. Este es un esterilizador portátil del tubo endotraqueal, en cuyo diseño se ha tenido en cuenta que la distribución de las radiaciones UVC se debe de realizar de forma uniforme. El dispositivo es reutilizable y emite UVC a través de una lámpara de mercurio, utilizando un material ópticamente transparente. Los primeros resultados de su uso indicaron, que a los 30 segundos se eliminaron el 99 % de las bacterias en la superficie interna del tubo endotraqueal. Sin embargo, sólo aproximadamente el 80 % de las células bacterianas en la superficie exterior del tubo endotraqueal fueron eliminadas. La explicación a este hecho, es debida según los investigadores a la atenuación de la radiación UVC, por el cloruro de polivinilo, que es el material del que están hechos los tubos endotraqueales. También observaron que cuanto mayor era el grosor del tubo endotraqueal, más se atenuaba la transmisión de las radiaciones UVC (133). Por lo tanto hoy en día continúan los estudios para mejorar los sistemas emisores de UVC, y que cada vez sean más accesibles y fáciles de utilizar.

El trabajo realizado, se centró únicamente en las radiaciones UVC, pero hoy en día se está estudiando el poder germicida de otro tipo de radiaciones como las UVD.

En la introducción de esta tesis hablamos de la importancia de la microbiología del aire, se ha visto que en la membrana celular de las bacterias Gram negativas, las

endotoxinas pueden liberarse durante la inactivación bacteriana y producir infección. En el año 2019 se llevó a cabo un estudio en el que establecían que era necesario medir el cambio en la concentración de endotoxinas de los microorganismos transportados por el aire durante el tratamiento con UV. En concreto estudiaron los bioaerosoles que se generaban en placas de cultivos de *E.Coli*. Definieron como bioaerosol la presencia de células microbianas en el aire junto con fragmentos y partículas de origen biológico (134). Estas pequeñas partículas afectan la salud humana al causar enfermedades infecciosas, reacciones tóxicas agudas y alergias y es por ello que decidieron estudiar como afectaban el efecto de las radiaciones UV a la cantidad de bioaerosoles que se encontraban después de ser expuestas a las mismas. Las concentraciones de endotoxinas en el aire se midieron antes y después del tratamiento con diferentes tipos de radiaciones UV. Se estudiaron las radiaciones UVA, UVC y UVD.

Se observó, que la concentración total de endotoxinas no cambió significativamente después del tratamiento con UVA o UVC porque la fotoenergía de la radiación UVA y UVC es demasiado débil para romper la estructura molecular de las endotoxinas. Sin embargo, la concentración total de endotoxinas mostró una disminución, al aumentar el tiempo de exposición bajo el tratamiento con UVD, posiblemente debido a la generación de ozono. Es por ello que la utilización de irradiación UVD presenta como novedad, que es capaz de esterilizar bioaerosoles al generar ozono a partir del oxígeno en el aire, y este efecto no se ha observado con las radiaciones UVC. Al igual que las UVC, las UVD también mostraron la capacidad de dañar el ADN de los microorganismos a través de la irradiación. El ozono inactiva las bacterias en el aire al oxidar su membrana celular. Además del ADN, la estructura celular de las bacterias se destruye, lo que aumenta la posibilidad de degradar las endotoxinas unidas

a la membrana celular. Por tanto debido a que el ozono puede oxidar las endotoxinas y descomponerlas en moléculas más pequeñas, la eliminación de las endotoxinas en el aire y las vías de degradación de las endotoxinas por el ozono deben estudiarse mediante ensayos adicionales, para valorar su utilidad en la disminución de la transmisión de infecciones (134).

### **7.3 Otros sistemas de desinfección**

En la actualidad las grandes pandemias de virus como el H1N1 y los cuadros severos agudos respiratorios causado por coronavirus (SARS-CoV), han aumentado la atención mundial sobre la limpieza del aire interior impulsando, el desarrollo de nuevas técnicas de purificación del aire.

Además de lo expuesto anteriormente, otras de las técnicas que se están desarrollando para este cometido es la utilización del O<sub>3</sub>. Este es un oxidante 1,5 veces más potente que el cloro, muy corrosivo y con capacidad letal para el hombre a concentraciones superiores a 4 ppm. Pese a esto, no se puede acumular en tejidos grasos, no se ha asociado con efectos crónicos, ni se le considera cancerígeno o mutagénico. Su acción más importante, es la de su capacidad de actuar como microbicida y esterilizante, con un espectro antimicrobiano más amplio que el cloro. El O<sub>3</sub> es activo contra bacterias Gram negativas y positivas, hongos, levaduras, virus, protozoos, esporas fúngicas y bacterianas, siendo más efectivo contra las bacterias celulares vegetativas que frente a esporas de bacterias y hongos (135).

Los usos para los que el ozono ha sido aprobado, en el ámbito del Reglamento (UE) nº 528/2012 son:

- TP 2: Desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales. Se incluyen en este tipo de producto, los biocidas utilizados en la desinfección de superficies, materiales, equipos, muebles, etc, que no estén destinados a entrar en contacto directo con los alimentos.

- TP 4: Alimentos y piensos: biocidas empleados para la desinfección de superficies, materiales y equipos destinados a entrar en contacto con los alimentos.

- TP 5: Agua potable: productos empleados para la desinfección del agua potable, tanto para personas como para animales.

-TP11: Protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales: productos utilizados para la conservación de estos líquidos.

Las técnicas de purificación del aire interior ampliamente utilizadas para la desinfección incluyen el tratamiento con plasma no térmico (NTP), tratamiento térmico, uso de filtros embebidos en material antimicrobiano, luz UV y fotocátalisis (136) (137). El NTP es un gas parcial o totalmente ionizado, que puede generarse mediante diversas descargas eléctricas, como la descarga corona, la descarga de microondas, la descarga de la barrera dieléctrica y la descarga incandescente (138) .

Otra de las opciones que se están llevado a cabo es mejorar los dispositivos emisores de UVC. Como ejemplo de ello tenemos el dispositivo PX-UVC (Xenex Disinfection Services®, San Antonio, TX, EE. UU.) Este, utiliza una lámpara de flash de xenón para generar luz ultravioleta visible de amplio espectro y alta energía (UVC 100–280 nm, visible 380–700 nm), y emite ráfagas con una duración de microsegundos (pulsos) a 67 Hz, por lo que la actividad microbiocida que se consigue es mucho mayor que las lámparas de mercurio. Este dispositivo sigue cumpliendo las reglas anteriormente descritas con otros dispositivos UVC, ya que su eficacia depende de la

distancia entre la lámpara y la superficie que se desinfecta. También cumple La ley del cuadrado inverso, ya que al duplicar la distancia entre la lámpara y la superficie que se desinfecta cuadruplicará el tiempo requerido para la desinfección. En las superficies de alto contacto, el dispositivo debe estar a una distancia de dos metros, para lograr una eficacia óptima. En las habitaciones se requiere un ciclo de desinfección de 5 minutos en cada lado de la cama del paciente y un ciclo en el baño. En los quirófanos el tiempo de actuación es de 10 minutos a cada lado de la mesa quirúrgica. A diferencia de Medixair®, debido a que se utiliza la luz ultravioleta de amplio espectro y de alta intensidad, se debe utilizar en habitaciones desocupadas. En un estudio realizado por la Universidad de Pisa en el año 2019, en que se evaluó este dispositivo con el fin de reducir el número total de bacterias que se encontraban en las superficies de las habitaciones de los pacientes y quirófanos. Se observó que PX-UVC mostró solo 18% de muestras positivas después del tratamiento en comparación con el 63 %, después del protocolo estándar de limpieza. La efectividad de PX-UVC también se observó en ausencia de limpieza manual y de la aplicación de un producto químico desinfectante. Otro resultado importante fue que, al aplicar la limpieza estándar junto con PX-UVC no se encontraron esporas de *C.difficile* ni *Klebsiella pneumoniae*, en cambio cuando se utilizó solo la limpieza estándar estas se encontraron en 11% de las superficies evaluadas (139).

Con lo citado anteriormente, exponemos que estos nuevos dispositivos de UVC y el ozono deben seguir siendo utilizados y mejorados ya que los estudios muestran datos de mejora de estas infecciones hospitalarias al lograr una limpieza mas eficaz de las mismas.

#### 7.4 UVC y complicaciones

Dentro de los efectos secundarios de las radiaciones UVC, cabe destacar que la sobreexposición, puede producir, efectos sobre dos órganos diana la piel y los ojos, estos efectos se dividen en agudos y tardíos. Entre los efectos agudos en la piel destacan la aparición de eritema. En el caso de los ojos los problemas agudos observados, son en forma de fotoqueratitis. Esta entidad, es debida a que el epitelio corneal sufre citotoxicidad directa por la energía ultravioleta.

En el examen ocular se puede observar según la gravedad:

- Queratitis punteada superficial.
- Queratitis total severa con descamación epitelial.

Los síntomas principales son:

- Dolor: este es debido al desprendimiento de células epiteliales y a la exposición del subepitelio del plexo nervioso.
- Fotosensibilidad.

Existen factores de riesgo para el desarrollo de esta patología como son el ojo seco y la cirugía refractiva y también influyen exposiciones de larga duración, la proximidad a la fuente de luz y usar longitudes de onda cortas (140).

Afortunadamente, estos efectos son transitorios, ya que solo se ven afectadas las células superficiales del ojo (el epitelio corneal) y la capa más superficial de la piel (la epidermis superficial) (141). La duración de estos cuadros no suele ser superior a 24-48 h ya que, la renovación normal de estas células pronto borra los signos y síntomas de estos efectos(142), (143).

Respecto a la fotocarcinogénesis, el riesgo que supone la exposición a UVC, es extremadamente pequeño, principalmente debido a que el poder de penetración de

esta longitud de onda (254 nm) es muy superficial en la capa basal del epitelio y además se produce una fuerte atenuación del estrato córneo y la epidermis y, al mismo tiempo, la fuerte absorción por los bioaerosoles (144). Hay estudios que comparan las propiedades cancerígenas de UVB en comparación con UVC, los cuales se han publicado desde el siglo XIX. Esos estudios han informado que la UVC tiene menos probabilidades de inducir cáncer de piel en comparación con la UVB, por lo tanto según estos datos es bastante seguro el uso de UVC, respecto al poder de carcinogénesis (145).

En este estudio, se aplicaron las medidas apropiadas definidas en las pautas específicas para la exposición humana a los rayos UV-C. Sin embargo, estas medidas deben optimizarse para evitar cualquier disminución en la eficacia germicida (141).

El dispositivo PX-UVC, del que hemos hablado anteriormente como la mayoría de las lámparas UVC, provoca reacciones químicas que aumentan la concentración de ozono en el aire. Cuando el robot actúa de forma normal, el ozono producido está muy por debajo de los límites de exposición a corto plazo que se consideran seguras, estas se corresponden con un máximo de 0.1 ppm cada 8 h. Es por ello, en estos sistemas, se recomienda su uso en habitaciones que puedan ser ventiladas y que haya un sistema de seguridad que nos indique cuando el ozono se ha disipado, en el caso de PX-UVC corresponde a una señal luminosa que nos indica que ya es seguro entrar a la habitación. Por tanto es indispensable, que para utilizar este tipo de nuevos dispositivos conozcamos, sus normas de uso para utilizarlos de forma segura y evitar complicaciones (139).

Vale la pena señalar que la exposición a la luz UVC contribuye a la degradación y al envejecimiento más rápido de los plásticos y otros objetos no metálicos (146). Por lo



que, si la desinfección con luz ultravioleta se va a emplear de manera regular, los materiales y muebles en dichas áreas deberían elegirse en función de la capacidad de resistir la degradación por la radiación ultravioleta. Existen pinturas y recubrimientos protectores contra los rayos UV, que podrían plantearse como opción para ciertos materiales (147).

Por lo anteriormente hablado, existe hoy en día legislación vigente para proteger a los seres humanos de los posibles efectos nocivos de estas radiaciones UVC. La norma ISO 15858 de 2016 especifica los requisitos mínimos de seguridad, para el uso de dispositivos con lámparas UVC en humanos, con un límite máximo de exposición de  $60 \text{ J/m}^2$  a 254 nm durante 8 h en un día. Esta norma sigue las recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. A nivel europeo existen pautas de seguridad de los efectos biológicos de los rayos UVA, UVB, UVC utilizados en la industria cosmética. Además, la Comisión Europea (Directiva 2006/25/EC) ha fijado el límite de exposición de la radiación UVC para los trabajadores en  $30 \text{ J m}^{-2}$ , como valor límite máximo, durante 8 h al día. También la “Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales” ha emitido pautas para proteger la piel y los ojos de la exposición a los rayos UVC, indican que no se pueden superar los  $6 \text{ mJ cm}^{-2}$  durante 8 h, mientras que el límite superior de radiación UVC se establece en  $0,2 \mu\text{W cm}^{-2}$  (123, 148).

### **7.5 UVC y mortalidad**

Nuestro estudio presenta una tasa de mortalidad hospitalaria a los 30 días del 5,3 %. En un estudio llevado a cabo en 2014, en los que se evaluó la mortalidad tras cirugía de sustitución mitral en 3 centros hospitalarios, y se analizaron 3.441 cirugías durante 6 años, obtuvieron una tasa de mortalidad hospitalaria del 3,4 %. Cabe destacar

que la tasa es menor que en nuestro estudio, pero que solo tuvieron en consideración un único tipo de cirugía cardíaca (149).

Sin embargo, esta tasa de mortalidad observada en nuestro trabajo, es comparable a los resultados reportados por la Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular Torácica.

En el análisis realizado por esta sociedad en el año 2018, se llevaron a cabo 23.008 intervenciones de cirugía cardíaca mayor con una mortalidad del 5,02 %. Respecto a la cirugía cardíaca mayor con CEC se realizaron 20.616 intervenciones con una mortalidad del 5,3 %.

Si analizamos por subgrupos, se intervinieron de cirugía cardíaca mayor por patología adquirida 21.082 pacientes con una mortalidad del 5,22 %. Por lo tanto, estos datos son muy similares a los obtenidos en nuestro estudio.

Respecto al tipo de cirugía cardíaca realizada en España en 2018, la cirugía valvular aislada fue la más frecuente (9.571 procedimientos), seguida de la cirugía de revascularización coronaria (5.085 procedimientos), tras ella se encuentra la cirugía de la aorta (2.397 procedimientos), en cuarto lugar la cirugía mixta valvular-coronaria (2.155 procedimientos), en quinto lugar otros procedimientos misceláneos con CEC (1.121 procedimientos) y por último la cirugía de complicaciones mecánicas del infarto (141 procedimientos) (150). Estos datos concuerdan también con los tipos de cirugía llevados a cabo en nuestro estudio.

En nuestros resultados, la mortalidad hospitalaria a los 30 días no mostró diferencias significativas en pacientes con UVC y sin UVC ( $p=0,053$ ) estos datos, podrían justificarse ya que, tampoco encontramos diferencia en la ratio de NAVM entre ambos

grupos (UVC 4,6 % No UVC 5 %  $p=0.779$ ), ni en el número total de infecciones (UVC 14 %, No UVC 15,5 %  $p=0,45$ ), los cuales son factores de riesgo de aumento de mortalidad.

### **7.6 Limitaciones del estudio**

Una limitación importante del estudio fue la falta de información relacionada con los microorganismos ambientales, incluida la información en áreas cercanas al paciente. Aunque estos datos nos podrían haber dado información útil, sobre los patógenos habituales en REA, preferimos examinar directamente el efecto que producían las radiaciones UVC, sobre los patógenos que finalmente llegaron al paciente. Otras limitaciones del estudio incluyeron el efecto Hawthorne, ya que el estudio fue abierto, y el diseño, ya que se llevó a cabo en un solo centro con una población limitada de pacientes de cirugía poscardíaca ingresados en una unidad de reanimación cardíaca de 10 camas. Por consiguiente, cualquier conclusión solo puede extraerse en este contexto.

## 8. CONCLUSIONES

- La utilización de la tecnología UVC mediante el dispositivo Medixair®, no proporcionó beneficios adicionales en la reducción de las infecciones nosocomiales de pacientes sometidos a cirugía cardíaca en REA.
- Respecto a la tasa de infecciones, la NAVM fue la infección nosocomial más frecuente. Aunque el porcentaje fue ligeramente menor entre los pacientes expuesto a UVC, no se observaron diferencias significativas entre estos, y los no expuestos. Respecto a las infecciones urinarias, asociadas al catéter, hemocultivos y herida quirúrgica tampoco hubo diferencias significativas en la tasa de infecciones.
- La duración de la estancia hospitalaria y de la estancia en REA, fue similar en pacientes expuestos a UVC y no expuestos.
- El uso de Medixair® tampoco contribuyó a disminuir la tasa de mortalidad a los 30 días.
- No hubo diferencias significativas en la colonización bacteriana, entre pacientes expuestos a UVC y no expuestos. Ni tampoco, se encontraron diferencias en las distintas localizaciones donde se tomaron las muestras, de la aparición de bacterias Gram negativas, Gram positivas y hongos (pulmones, orina, catéter, hemocultivo, zonas de piel distintas a la herida quirúrgica, áreas de colonización).
- Sobre la base de estos resultados, se requieren grandes ensayos clínicos prospectivos y aleatorizados para caracterizar aún más los efectos de los dispositivos UVC, en la desinfección de las instalaciones de cuidados intensivos y, para evaluar su efecto sobre los resultados de los pacientes críticos en su ingreso en este tipo de unidades.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Hojas informativas ambisalud octubre de el número de microorganismos de la atm<sup>3</sup>; Sfera Cambia Segn. [pdf document] [Internet]. fdocuments.ec. [Citado 9 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://fdocuments.ec/document/hojas-informativas-ambisalud-octubre-de-el-numero-de-microorganismos-de-la.html>
2. Levítico capítulo 13 - La Biblia reina valera - speedbible - johnhurt.com [Internet]. [Citado 10 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.freesoft.org/biblia/b03c013.htm>
3. Calonge Ruiz J, Torres Esbarranch JJ. Thucydides.Historia de la guerra del peloponeso: libros i-viii. Madrid: Editorial Gredos; 1990. 4 p. (Biblioteca clásica gredos).
4. Hernández-Mesa N, Hernández Llanes J, Llanes Betancourt C. Las grandes epidemias de la Historia. De la peste de Atenas a la COVID 19. Rev Haban Cienc Méd. 2020;19 ( 5 ): e3687.
5. Imagen. Peste atenas [Internet]. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3a%2f%2fes.wikipedia.org%2fwiki%2fplaga\\_de\\_atenas&psig=aovvaw05rpna9x9cgou5\\_ulz-v4q&ust=1646303732803000&source=images&cd=vfe&ved=0casqjrxqfwotcoik0uedp\\_ycfqaaaaadaaaaabad](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3a%2f%2fes.wikipedia.org%2fwiki%2fplaga_de_atenas&psig=aovvaw05rpna9x9cgou5_ulz-v4q&ust=1646303732803000&source=images&cd=vfe&ved=0casqjrxqfwotcoik0uedp_ycfqaaaaadaaaaabad).
6. Hipócrates, «Airs, Waters, Places» W. H. S. Jones (ed.). Cambridge, Harvard University Press, 1948.
7. Giovanni Boccaccio.Traducción y notas. El Decamerón. Esther Benítez 2ª ed. Alianza; 2016. (894):13-20.
8. Imbert palafox, Jose Luis. Historia de la infección y del contagio. Elementos,20. 1994 pp 37-44.
9. Imagen. Girolano [Internet]. Disponible en: <https://eldiariodesalud.com/sites/default/files/inline-images/la-sifilis-el-mal-frances.jpg>
10. Miranda C, Marcelo. Johannes Vermeer y Anthon van Leeuwenhoek: El arte y la ciencia de Delft unidos en su máxima expresión en el siglo de oro holandés. Rev Med Chile. Abril de 2009;137(4):567-74.

11. Masalladelatierra. Microscopio de anton van leeuwenhoek - Todo lo que debes saber –postposmo- [Internet]. 2020 [Citado 2 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.postposmo.com/microscopio-de-anton-van-leeuwenhoek/>.
12. Marten Benjamin. A new theory of consumptions: more especially of a phtthisis, or consumption of the lungs. ... by benjamin marten, M.D. Gale EccO, Print Editions; 2010.
13. Major Rh. Agostino bassi and the parasitic theory of disease. Bull hist med. 24 de diciembre de 1944;16(2):97-107.
14. Aragón JJ. Un recorrido por el nacimiento de la enzimología y los orígenes de la Bioquímica actual. Encuentros Multidisciplinares. 2009; 11(33):15-24.
15. Pereira Marinelli Natália. Contribuciones de la Teoría Ambiental de Florence Nightingale a la prevención de la pandemia de COVID-19. Rev Cubana Enfermer, 2020; 36(2).
16. Martín A. Florence nightingale: La mujer que salvó a miles de militares sin pisar las trincheras [Internet]. Hipertextual. 2019. [Citado 2 de marzo de 2022] Disponible en: <http://hipertextual.com/2019/05/florence-nightingale>.
17. Cerda LJ, Valdivia CG. John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. Rev Chil infectol. Agosto de 2007;24(4):331-4.
18. El mapa del cólera de john snow [Internet]. Cuaderno de cultura científica. 2019. [Citado 2 de marzo de 2022] Disponible en: <https://culturacientifica.com/2019/04/11/el-mapa-del-colera-de-john-snow/>.
19. Rodríguez FJA, Barrios CE, O`reilly FJA, Torres MA, Martínez MVC. Asepsia y antisepsia. Visión histórica desde un cuadro. Apunt cienc. 2011;(2):61-4.
20. El doctor al que metieron al manicomio por insistir en la importancia de lavarse las manos - [Internet]. 2019[Citado 3 de marzo de 2022] Disponible en: <https://www.radioworld.com.sv/el-doctor-al-que-metieron-al-manicomio-por-insistir-en-la-importancia-de-lavarse-las-manos/>.
21. Miranda CM, Navarrete TL. Semmelweis y su aporte científico a la medicina: un lavado de manos salva vidas. Rev chil infectol. Febrero de 2008;25(1):54-7.

22. Ignaz Semmelweis, el médico que descubrió que lavarse las manos salva vidas [Internet]. *Historia.nationalgeographic.com.es*. 2020 [Citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/ignaz-semmelweis-medico-que-descubrio-que-lavarse-manos-salva-vidas\\_15184](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/ignaz-semmelweis-medico-que-descubrio-que-lavarse-manos-salva-vidas_15184).
23. Cuando Semmelweis salvó a cientos de madres [Internet]. *Naukas*. 2018 [Citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://naukas.com/2018/01/24/cuando-semmelweis-salvo-a-cientos-de-madres/>.
24. Charles chamberland. en: wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2021. 2018 [Citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=charles\\_chamberland&oldid=138459782](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=charles_chamberland&oldid=138459782).
25. País Ee. El apellido que dio nombre a la listeriosis [Internet]. Verne. Ediciones el país; 2019. [Citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: [https://verne.elpais.com/verne/2019/08/26/articulo/1566832791\\_136583.html](https://verne.elpais.com/verne/2019/08/26/articulo/1566832791_136583.html)
26. Laval RE. El método antiséptico de Lister y su introducción en Chile. *Rev chil infectol*. 2003; (20):118-20.
27. Fuentes castillo C. Los postulados de Koch: revisión histórica y perspectiva actual. *Rccv*. 2007;1(2).
28. Robert Koch, el cazador de bacterias [Internet]. *historia.nationalgeographic.com.es*. 2021. [Citado 3 de marzo de 2022] Disponible en: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/robert-koch-el-cazador-de-bacterias\\_16068](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/robert-koch-el-cazador-de-bacterias_16068).
29. Osborne MP. William Stewart Halsted: his life and contributions to surgery. *Lancet oncol*. Marzo de 2007;8(3):256-65.
30. Francisco Javier Tostado. La historia de amor que originó los guantes quirúrgicos [internet]. 2020. [Citado 3 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://franciscojaviertostado.com/2020/03/30/la-historia-de-amor-que-origino-los-guantes-quirurgicos/>.
31. Lozano Sánchez, Francisco S. Una aportación al origen de las mascarillas. *Rev Med Cine*. Junio de 2021;17(2):155-9.
32. Hutchings M.I, Truman A.W, Wilkinson B. Antibiotics: past, present and future. *Curr Opin Microbiol*. Octubre de 2019; (51):72-80.

33. Radiación ultravioleta. F. Sendra portero -[Internet]. [Citado 26 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/16351665-radiacion-ultravioleta-f-sendra-portero.html>.
34. Hockberger, philip E. "A history of ultraviolet photobiology for humans, animals and microorganisms. Photochem Photobiol. 2002;76.6:561-9.
35. Espectro germicida [Internet]. Disponible en: [https://uvc.zone/images/espectro\\_germicida.jpg](https://uvc.zone/images/espectro_germicida.jpg).
36. Downes A, Blunt T, Marshall J. IV. On the influence of light upon protoplasm. Proc R Soc Lond. 1 de enero de 1879; 28(190-195):199-212.
37. Niels ryberg finsen (1860-1904) [Internet]. [Citado 26 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.historiadelamedicina.org/finsen.html>.
38. Niels ryberg finsen – Fundador de la fototerapia [Internet]. Hidden nature. 2018. [Citado 3 de marzo de 2022] Disponible en: <https://www.hidden-nature.com/niels-ryberg-finsen-fundador-de-la-fototerapia/>
39. Rosa M.C, Mosso M.A, Ullán C. El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. Obs Medioambient. Enero de 2002;(5):375-402.
40. Imagen atmósfera [Internet]. Disponible en: <https://uvc.zone/images/radiacion.jpg>
41. UVC zone. ¿Qué es la luz ultravioleta? [Internet]. [Citado 2 de enero de 2022]. Disponible en: [https://uvc.zone/que\\_es\\_la\\_luz\\_uv.html](https://uvc.zone/que_es_la_luz_uv.html)
42. ADN antes después [Internet]. Disponible en: [https://uvc.zone/images/adn\\_antesdespues.jpg](https://uvc.zone/images/adn_antesdespues.jpg)
43. Revista-sempsph-2015-xxi.pdf [Internet]. [Citado 2 de enero de 2022]. Disponible en: <https://elautoclave.files.wordpress.com/2017/06/revista-sempsph-2015-xxi.pdf>
44. Guía de antisépticos y desinfectantes.pdf [Internet]. [Citado 11 de enero de 2022]. Disponible en: [https://ingesa.sanidad.gob.es/bibliotecapublicaciones/publicaciones/internet/docs/guia\\_antisepticos\\_desinfectantes.pdf](https://ingesa.sanidad.gob.es/bibliotecapublicaciones/publicaciones/internet/docs/guia_antisepticos_desinfectantes.pdf).
45. Bilbao n. Antisépticos y desinfectantes. Farm prof. 1 de julio de 2009;23(4):37-9.



46. Diomedi A, chacón E, del piano L, hervé B, jemenao M.I, Medel M, et al. Antiseptics and disinfectants: aiming at rational use. Recommendations of the advisory committee on healthcare associated infections. Sociedad chilena de infectología. Rev Chil Infectol. Abril de 2017;34(2):156-74.
47. Lipińska-Ojrzanowska A, Walusiak-Skorupa J. [Quaternary ammonium compounds. New occupational hazards]. Med Pr. 2014;65(5):675-82.
48. Nielsen P.B, Rangaiah JS, Burrows J, Eng C. The efficacy of a new mobile air sterilisation device on the airborne spread of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. 8th Congress of the International Federation of Infection Control; Budapest, Hungary; October 18 – 21, 2007 (Abstract P46).
49. Imagen inverso del cuadrado [Internet]. Disponible en: <https://nanotek.com.co/wp-content/uploads/2020/07/intensidad-en-la-superficie-de-la-esfera.png>
50. Ge\_m1184336\_medixair\_\_2\_.pdf [internet]. [Citado 1 de marzo de 2022]. Disponible en: [http://www.zaft.com.br/cms/upload/hemocat/ge\\_m1184336\\_medixair\\_\\_2\\_.pdf](http://www.zaft.com.br/cms/upload/hemocat/ge_m1184336_medixair__2_.pdf)
51. Jinadatha C, Quezada R, Huber TW, Williams JB, Zeber JE, Copeland LA. Evaluation of a pulsed-xenon ultraviolet room disinfection device for impact on contamination levels of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. BMC infect dis. 7 de abril de 2014;(14):187.
52. Desinfección mediante luz UVC pulsada de lámpara de xenox, es la tecnología pionera a nivel mundial. [Internet]. Hospitecnia. [Citado 2 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://hospitecnia.com/gestion/desinfeccion-mediante-luz-uvc-pulsada-de-lampara-de-xenox-es-la-tecnologia-pionera-a-nivel-mundial/>
53. El ozono como desinfectante frente al coronavirus Sars-cov-2 [Internet]. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo; 2020. Disponible en: [https://www.insst.es/documents/94886/712877/el+ozono+como+desinfectante+frente+al+sars-cov-2+%2802\\_07\\_20%29.pdf/0bc228eb-718d-490f-932d-088d46be701c](https://www.insst.es/documents/94886/712877/el+ozono+como+desinfectante+frente+al+sars-cov-2+%2802_07_20%29.pdf/0bc228eb-718d-490f-932d-088d46be701c)
54. Zucker, I., Lester, Y., Alter, J., Werbner, M., Yechezkel, Y., Gal-Tanamy, M., & Dessau, M. Pseudoviruses for the assessment of coronavirus disinfection by ozone. Environ chem let.2021;19(2)1779-1785.

55. Zaragoza, R., Ramírez, P., & López-Pueyo, M. J. Infección nosocomial en las unidades de cuidados intensivos. *Enferm Infecc y microbiol clin.* 2014; 32(5), 320–327.
56. Informe Envin-Uci 2019.pdf [Internet]. [Citado 1 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://hws.vhebron.net/envin-helics/help/informe%20envin-uci%202019.pdf>
57. Reports-esp.pdf [Internet]. [Citado 15 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://epine.es/api/documento-publico/2019%20epine%20informe%20espa%c3%b1a%2027112019.pdf/reports-esp>.
58. Olaechea PM, Insausti J, Blanco A, Luque P. Epidemiología e impacto de las infecciones nosocomiales. *Med Intensiva.* 1 de mayo de 2010;34(4):256-67.
59. Mascarilla higiénica [internet]. Disponible en: [https://publimitos.com/5029-large\\_default/mascarilla-higienica-reutilizable.jpg](https://publimitos.com/5029-large_default/mascarilla-higienica-reutilizable.jpg)
60. Mascarilla quirúrgica [internet]. Disponible en: <https://www.desul.es/wp-content/uploads/mascarilla-alta-filtraci%c3%b3n-1200x1200.jpg>
61. Mascarillas filtrantes [Internet]. Disponible en: [https://static.wixstatic.com/media/2c2318\\_e35e3a75b79f4b5c82d0a633ce6dc7f9~mv2.jpg/v1/fill/w\\_900,h\\_335,al\\_c,q\\_90/2c2318\\_e35e3a75b79f4b5c82d0a633ce6dc7f9~mv2.jpg](https://static.wixstatic.com/media/2c2318_e35e3a75b79f4b5c82d0a633ce6dc7f9~mv2.jpg/v1/fill/w_900,h_335,al_c,q_90/2c2318_e35e3a75b79f4b5c82d0a633ce6dc7f9~mv2.jpg)
62. Protocolo bacteriemia zero.pdf [Internet]. [Citado 25 de febrero de 2022]. Disponible en: [https://seguridaddelpaciente.es/resources/documentos/2015/protocolo\\_bacteriemia\\_zero.pdf](https://seguridaddelpaciente.es/resources/documentos/2015/protocolo_bacteriemia_zero.pdf)
63. Protocolo de prevención de las neumonías relacionadas con ventilación mecánica en las UCI españolas Neumonía Zero. Versión 4 Marzo 2011.
64. Chastre J, Fagon JY. Ventilator-associated pneumonia. *Am J Respir Crit Care Med.* 1 de abril de 2002;165(7):867-903.
65. Healthcare-associated infections in intensive care units. Annual epidemiological report for 2017 [Internet]. European centre for disease prevention and control. 2019 [Citado 25 de febrero de 2022]. Disponible en:

<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/healthcare-associated-infections-intensive-care-units-annual-epidemiological-1>.

66. Klevens RM, Edwards JR, Richards CL, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DA, et al. Estimating health care-associated infections and deaths in U.S. hospitals, 2002. *public health rep wash dc* 1974. Abril de 2007;122(2):160-6.

67. Modulo de formación itu Zero-2018.pdf [Internet]. [Citado 25 de febrero de 2022]. Disponible en:

<https://seguridaddelpaciente.es/resources/documentos/2018/04/itu-zero/definitivo/modulo-de-formacion-itu-zero-2018.pdf>.

68. Weber DJ, Anderson D, Rutala WA. The role of the surface environment in healthcare-associated infections. *Curr Opin Infect Dis*. Agosto de 2013;26(4):338-44.

69. French GL, Otter JA, Shannon KP, Adams MNT, Watling D, Parks MJ. Tackling contamination of the hospital environment by Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA): a comparison between conventional terminal cleaning and hydrogen peroxide vapour decontamination. *J Hosp Infect*. 1 de mayo de 2004;57(1):31-7.

70. Hardy KJ, Oppenheim BA, Oossain S, Gao F, Hawkey PM. A study of the relationship between environmental contamination with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) and patients' acquisition of MRSA. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Febrero de 2006;27(2):127-32.

71. Boyce JM, Havill NL, Otter JA, Adams NMT. Widespread environmental contamination associated with patients with diarrhea and methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* colonization of the gastrointestinal tract. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Octubre de 2007;28(10):1142-7.

72. Wilson APR, Smyth D, Moore G, Singleton J, Jackson R, Gant V, et al. The impact of enhanced cleaning within the intensive care unit on contamination of the near-patient environment with hospital pathogens: a randomized crossover study in critical care units in two hospitals. *Crit Care Med*. Abril de 2011;39(4):651-8.

73. Blazejewski C, Guerry MJ, Preau S, Durocher A, Nseir S. New methods to clean ICU rooms. *Infect Disord Drug Targets*. Agosto de 2011;11(4):365-75.

74. Nerandzic NM, Fisher CW, Donskey CJ. Sorting through the wealth of

options: comparative evaluation of two ultraviolet disinfection systems. Plos one. Septiembre de 2014;9(9): e107444.

75. Conner-Kerr TA, Sullivan PK, Gaillard J, Franklin ME, Jones RM. The effects of ultraviolet radiation on antibiotic-resistant bacteria in vitro. *Ostomy wound manage.* Octubre de 1998;44(10):50-6.

76. Owens MU, Deal DR, Shoemaker MO, Knudson GB, Meszaros JE, Deal JL. High-dose ultraviolet C light inactivates spores of bacillus atrophaeus and bacillus anthracis Sterne on nonreflective surfaces. *Appl Biosaf.* 1 de diciembre de 2005;10(4):240-7.

77. Hu H, Johani K, Gosbell IB, Jacombs ASW, Almatroudi A, Whiteley GS, et al. Intensive care unit environmental surfaces are contaminated by multidrug-resistant bacteria in biofilms: combined results of conventional culture, pyrosequencing, scanning electron microscopy, and confocal laser microscopy. *J Hosp Infect.* 1 de septiembre de 2015;91(1):35-44.

78. World Health Organization. Prevention of hospital acquired infections: a practical guide [Internet]. World health organization; 2002 [Citado 8 de diciembre de 2021]. Report no: who/cds/csr/eph/2002.12. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67350>.

79. Eames I, Tang JW, Li Y, Wilson P. Airborne transmission of disease in hospitals. *J R Soc Interface.* 6 de diciembre de 2009;6(suppl\_6): s697-702.

80. Hotterbeekx A, Xavier BB, Bielen K, Lammens C, Moons P, Schepens T, et al. The endotracheal tube microbiome associated with pseudomonas aeruginosa or staphylococcus epidermidis. *Sci Rep.* 4 de noviembre de 2016;6(1):36507.

81. Tamayo E, Álvarez FJ, Martínez-Rafael B, Bustamante J, Bermejo-Martin JF, Fierro I, et al. Ventilator associated pneumonia is an important risk factor for mortality after major cardiac surgery. *J Crit Care.* febrero de 2012;27(1):18-25.

82. Park DR. The microbiology of ventilator associated pneumonia. *Respir Care.* Junio de 2005;50(6):742-63; discussion 763-765.

83. The direct medical costs of healthcare-associated infections in u.s. hospitals and the benefits of prevention [Internet]. [Citado 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/11550>

84. Craven DE, Hudcova J, Lei Y, Craven KA, Waqas A. Pre-emptive antibiotic therapy to reduce ventilator-associated pneumonia: “thinking outside the box”. *Crit care*. 29 de septiembre de 2016;20(1):300.
85. UV air purifier steriliser [Internet]. Medixair. [Citado 8 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://medixair.com/>.
86. Carling PC, Von Beheren S, Kim P, Woods C, Healthcare environmental hygiene study group. Intensive care unit environmental cleaning: an evaluation in sixteen hospitals using a novel assessment tool. *J Hosp Infect*. Enero de 2008;68(1):39-44.
87. Meckes MC. Effect of UV light disinfection on antibiotic-resistant coliforms in wastewater effluents. *Appl Environ Microbiol*. Febrero de 1982;43(2):371-7.
88. Triassi M, Di Popolo A, Ribera d’Alcalà G, Albanese Z, Cuccurullo S, Montegrosso S, et al. Clinical and environmental distribution of legionella pneumophila in a university hospital in Italy: efficacy of ultraviolet disinfection. *J Hosp Infect*. Abril de 2006;62(4):494-501.
89. Martin ET, Qin X, Baden H, Migita R, Zerr DM. Randomized double-blind crossover trial of ultraviolet light-sanitized keyboards in a pediatric hospital. *Am J Infect Control*. Junio de 2011;39(5):433-5.
90. Munoz-Price LS, Ariza-Heredia E, Adams S, Olivier M, Francois L, Socarras M, et al. Use of uv powder for surveillance to improve environmental cleaning. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Marzo de 2011;32(3):283-5.
91. Kujundzic E, Hernandez M, Miller SL. Ultraviolet germicidal irradiation inactivation of airborne fungal spores and bacteria in upper-room air and hvac in-duct configurations. *J Environ Eng Sci*. 1 de enero de 2007;6(1):1-9.
92. Sessler CN, Gosnell MS, Grap MJ, Brophy GM, O’neal PV, Keane KA, et al. The richmond agitation-sedation scale: validity and reliability in adult intensive care unit patients. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 de noviembre de 2002;166(10):1338-44.
93. Tobin MJ. Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 28 de junio de 2001;344(26):1986-96.
94. Lambden S, Laterre PF, Levy MM, Francois B. The SOFA score—

development, utility and challenges of accurate assessment in clinical trials. *Crit Care*. 27 de noviembre de 2019;23(1):374.

95. Tang, W., Zha, M. L., Zhang, W. Q., Hu, S. Q., & Chen, H. L. Apache scoring system and pressure injury risk for intensive care patients: A systematic review and meta-analysis. *Wound repair and regeneration: official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*;30(4).

96. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *Am J Infect Control*. junio de 1988;16(3):128-40.

97. Jorge-Monjas P, Bustamante-Munguira J, Lorenzo M, Heredia-Rodríguez M, Fierro I, Gómez-Sánchez E, et al. Predicting cardiac surgery-associated acute kidney injury: The crate score. *J Crit Care*. Febrero de 2016;31(1):130-8.

98. Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, Annane D, Gerlach H, Opal SM, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock, 2012. *Intensive Care Med*. Febrero de 2013;39(2):165-228.

99. Parolari A, Antona C, Gerometta P, Alamanni F, Spirito R, Arena V, et al. The effect of «high dose» aprotinin and other factors on bleeding and revisions for bleeding in adult coronary and valve operations: an analysis of 2190 patients during a five-year period (1987-1991). *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. 1995;9(2):77-82.

100. El-Hamamsy I, Cartier R, Demers P, Bouchard D, Pellerin M. Long-term results after systematic off-pump coronary artery bypass graft surgery in 1000 consecutive patients. *Circulation*. 4 de julio de 2006;114(1\_supplement):i-486.

101. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the european society of cardiology (ESC) developed with the special contribution of the heart failure association (HFA) of the ESC. *Eur Heart j*. 14 de julio de 2016;37(27):2129-200.

102. Horan TC, Gaynes RP, Martone WJ, Jarvis WR, Emori TG. CDC definitions of nosocomial surgical site infections, 1992: A modification of CDC definitions of surgical wound infections. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Octubre de 1992;13(10):606-8.

103. Bouza, E., Hortal, J., Muñoz, P., Pascau, J., Pérez, M. J., Hiesmayr, M., European Study Group on Nosocomial Infections, & European Workgroup of Cardiothoracic Intensivists. Postoperative infections after major heart surgery and prevention of ventilator-associated pneumonia: a one-day european prevalence study (ESGNI-008). *J Hosp Infect.* 2006; 64(3):224-230.
104. Lewis R. Koller. Ultraviolet radiation. Published by John Wiley and Sons;1952.
105. Araud E, Shisler JL, Nguyen TH. Inactivation mechanisms of human and animal rotaviruses by solar UVA and Visible Light. *Environ Sci Technol.* 15 de mayo de 2018;52(10):5682-90.
106. Kim J, Jang J. Inactivation of airborne viruses using vacuum ultraviolet photocatalysis for a flow-through indoor air purifier with short irradiation time. *Aerosol Sci Technol.* 4 de mayo de 2018;52(5):557-66.
107. Chen YY, Chou YC, Chou P. Impact of nosocomial infection on cost of illness and length of stay in intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol.* Marzo de 2005;26(3):281-7.
108. Klein E, Smith DL, Laxminarayan R. Hospitalizations and deaths caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, United States, 1999-2005. *Emerg Infect Dis.* Diciembre de 2007;13(12):1840-6.
109. Gebel J, Exner M, French G, Chartier Y, Christiansen B, Gemein S, et al. The role of surface disinfection in infection prevention. *Gms Hyg Infect Control.* 29 de abril de 2013;8(1):doc10.
110. Carling PC, Briggs J, Hylander D, Perkins J. An evaluation of patient area cleaning in 3 hospitals using a novel targeting methodology. *Am J Infect Control.* Octubre de 2006;34(8):513-9.
111. Blue, J. O'Neill, C. Speziale, P. Revill, J. Ramage, L. & Ballantyne, L. Use of a fluorescent chemical as a quality indicator for a hospital cleaning program. *Can J Infect Control off J Community Hosp Infect Control Assoc-Can Rev Can Prev Infect.* 2008; 23(4):216-219.
112. Carling PC, Parry MF, Bruno-Murtha LA, Dick B. Improving environmental hygiene in 27 intensive care units to decrease multidrug-resistant bacterial transmission.

Crit Care Med. Abril de 2010;38(4):1054-9.

113. Carling PC, Parry MM, Rupp ME, Po JL, Dick B, Von Behren S, et al. Improving cleaning of the environment surrounding patients in 36 acute care hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Noviembre de 2008;29(11):1035-41.

114. Nseir S, Blazejewski C, Lubret R, Wallet F, Courcol R, Durocher A. Risk of acquiring multidrug-resistant Gram-negative bacilli from prior room occupants in the intensive care unit. *Clin Microbiol Infect off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis*. Agosto de 2011;17(8):1201-8.

115. Huang SS, Datta R, Platt R. Risk of acquiring antibiotic-resistant bacteria from prior room occupants. *Arch Intern Med*. Octubre de 2006;166(18):1945-51.

116. Blue J, O'Neill C, Speziale P, Revill J, Ramage L, Ballantyne L. Use of a fluorescent chemical as a quality indicator for a hospital cleaning program. *Can J Infect Control Off J Community Hosp Infect Control Assoc-Can Rev Can Prev Infect*. 2008;23(4):216-9.

117. Yang JH, Wu UI, Tai HM, Sheng WH. Effectiveness of an Ultraviolet-C disinfection system for reduction of healthcare-associated pathogens. *J Microbiol Immunol Infect Wei Mian Yu Gan Ran Za Zhi*. Junio de 2019;52(3):487-93.

118. Rutala WA, Weber DJ. Disinfectants used for environmental disinfection and new room decontamination technology. *Am J Infect Control*. Mayo de 2013;41(5 suppl): s36-41.

119. Nerandzic MM, Cadnum JL, Pultz MJ, Donskey CJ. Evaluation of an automated ultraviolet radiation device for decontamination of clostridium difficile and other healthcare-associated pathogens in hospital rooms. *Bmc Infect Dis*. 8 de julio de 2010;10(1):197.

120. Boyce JM. Environmental contamination makes an important contribution to hospital infection. *J Hosp Infect*. 1 de junio de 2007;(65):50-4.

121. Otter JA, Yezli S, French GL. The role played by contaminated surfaces in the transmission of nosocomial pathogens. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Julio de 2011;32(7):687-99.

122. Anderson DJ, Moehring RW, Weber DJ, Lewis SS, Chen LF, Schwab JC, et al. Effectiveness of targeted enhanced terminal room disinfection on hospital-wide



acquisition and infection with multidrug-resistant organisms and *clostridium difficile*: a secondary analysis of a multicentre cluster randomised controlled trial with crossover design (BETR disinfection). Lancet Infect Dis. Agosto de 2018;18(8):845-53.

123. Bhardwaj SK, Singh H, Deep A, Khatri M, Bhaumik J, Kim KH, et al. UVC-based photoinactivation as an efficient tool to control the transmission of coronaviruses. Sci Total Environ. 20 de octubre de 2021;792:148548.

124. Rattanukul S, Oguma K. Inactivation kinetics and efficiencies of UV-leds against *pseudomonas aeruginosa*, *legionella pneumophila*, and surrogate microorganisms. Water Res. 1 de marzo de 2018;(130):31-7.

125. Rarnard IRM, Eadie E, Wood K. Further evidence that far-UVC for disinfection is unlikely to cause erythema or pre-mutagenic dna lesions in skin. Photodermatol Photoimmunol Photomed. Noviembre de 2020;36(6):476-7.

126. Eickmann M, Gravemann U, Handke W, Tolksdorf F, Reichenberg S, Müller TH, et al. 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 Sang. Abril de 2020;115(3):146-51.

127. Heßling M, Hönes K, Vatter P, Lingenfelder C. Ultraviolet irradiation doses for coronavirus inactivation - review and analysis of coronavirus photoinactivation studies. Gms Hyg Infect Control. 2020;15:doc08.

128. Raeiszadeh M, Adeli B. A critical review on ultraviolet disinfection systems against covid-19 outbreak: applicability, validation, and safety considerations. acs photonics. 18 de noviembre de 2020;7(11):2941-51.

129. Ramirez P, Bassi GL, Torres A. Measures to prevent nosocomial infections during mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care. Febrero de 2012;18(1):86-92.

130. Ryan RM, Wilding GE, Wynn RJ, Welliver RC, Holm BA, Leach CL. Effect of enhanced ultraviolet germicidal irradiation in the heating ventilation and air conditioning system on ventilator-associated pneumonia in a neonatal intensive care Unit. J Perinatol off J Calif Perinat Assoc. Septiembre de 2011;31(9):607-14.

131. Pneumatikos IA, Dragoumanis CK, Bouros DE. Ventilator-associated pneumonia or endotracheal tube-associated pneumonia an approach to the

pathogenesis and preventive strategies emphasizing the importance of endotracheal tube. *Anesthesiology*. Marzo de 2009;110(3):673-80.

132. Rutala WA, Gergen MF, Weber DJ. Room decontamination with UV radiation. *Infect Control Hosp Epidemiol*. Octubre de 2010;31(10):1025-9.

133. Vap-zap.pdf [Internet]. [Citado 28 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.glenatlasmd.com/dentistry/wp-content/uploads/2016/04/vap-zap.pdf>

134. Wang C, Lu S, Zhang Z. Inactivation of airborne bacteria using different UV sources: performance modeling, energy utilization, and endotoxin degradation. *Sci Total Environ*. 10 de marzo de 2019;(655):787-95.

135. Lara-Fernández GE, Ariosa- Acuña CM, Borroto-Rodríguez V, Puerta- armas A, Ortiz-Hernández R, Villalobos-Morales C, et al. Ozono como método de desinfección del ambiente hospitalario. *Acta Médica Costarric*. Junio de 2020;62(2):72-8.

136. Xu Z, Shen F, Chen Q, Tan M, Yao M. Bioaerosol science, technology, and engineering: past, present, and future. *Aerosol Sci Technol*. 1 de noviembre de 2011;(45):1337-49.

137. Yu BF, Hu ZB, Liu M, Yang HL, Kong QX, Liu YH. Review of research on air-conditioning systems and indoor air quality control for human health. *Int J Refrig*. 1 de enero de 2009;32(1):3-20.

138. Liang Y, Wu Y, Sun K, Chen Q, Shen F, Zhang J, et al. Rapid inactivation of biological species in the air using atmospheric pressure nonthermal plasma. *Environ Sci Technol*. 20 de marzo de 2012;46(6):3360-8.

139. Casini B, Tuvo B, Cristina ML, Spagnolo A, Totaro M, Baggiani A, et al. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *Int J Environ Res Public Health*. 24 de septiembre de 2019;(16):3572.

140. Sengillo JD, Kunkler AL, Medert C, Fowler B, Shoji M, Pirakitikulr N, et al. UV-photokeratitis associated with germicidal lamps purchased during the Covid-19 pandemic. *Ocul Immunol Inflamm*. 2 de enero de 2021;29(1):76-80.

141. Sliney D. Balancing the risk of eye irritation from UVC with infection from bioaerosols. *Photochem Photobiol*. 2013;89(4):770-6.

142. CFR - code of federal regulations title 21 [Internet]. [Citado 8 de diciembre de 2021]. Disponible en:  
<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=1040.10>
143. Recommended Practice for Photobiological Safety fot Lamps and Lamp Systems- General Requirements. Robert E. Levin, et al. Copyright 2005 by the Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).
144. Sterenborg HJ, Van Der Putte SC, Van Der Leun JC. The dose-response relationship of tumorigenesis by ultraviolet radiation of 254 nm. *Photochem Photobiol.* Febrero de 1988;47(2):245-53.
145. Ploydaeng M, Rajatanavin N, Rattanakaemakorn P. UVC light: a powerful technique for inactivating microorganisms and the related side effects to the skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed.* 2021;37(1):12-9.
146. Yousif E, Haddad R. Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. *Springerplus.* 2013; 2:398.
147. Kovach CR, Taneli Y, Neiman T, Dyer EM, Arzaga AJA, Kelber ST. Evaluation of an ultraviolet room disinfection protocol to decrease nursing home microbial burden, infection and hospitalization rates. *Bmc infect dis.* 3 de marzo de 2017;17(1):186.
148. Nardell EA, Bucher SJ, Brickner PW, Wang C, Vincent RL, Becan-mcbride K, et al. Safety of upper-room ultraviolet germicidal air disinfection for room occupants: results from the tuberculosis ultraviolet shelter study. *Public health rep wash dc* 1974. 2008;123(1):52-60.
149. Barili F, Pacini D, Grossi C, di Bartolomeo R, Alamanni F, Parolari A. Reliability of new scores in predicting perioperative mortality after mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* Marzo de 2014;147(3):1008-12.
150. Cuerpo G, Carnero M, Hornero sos F, Polo López L, Centella Hernández T, Gascón P, et al. Cirugía cardiovascular en españa en el año 2018. Registro de intervenciones de la Sociedad Española de Cirugía Torácica-Cardiovascular. *Cir Cardiovasc.* 1 de noviembre de 2019;26(6):248-64.

## 10. ANEXOS

Los resultados de la tesis han sido parcialmente difundidos en el siguiente texto:

Heredia-Rodríguez, M., Álvarez-Fuente, E., Bustamante-Munguira, J., Poves-Alvarez, R., Fierro, I., Gómez-Sánchez, E., Gómez-Pesquera, E., Lorenzo-López, M., Eiros, J. M., Álvarez, F. J., & Tamayo, E. (2018). Impact of an ultraviolet air sterilizer on cardiac surgery patients, a randomized clinical trial. *Medicina clinica*, *151*(8), 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2018.04.015>

Para la elaboración de este trabajo se siguieron las recomendaciones Consort 2010 (\*ver pág. 124).

Acta CEIm Junio 2014

|                  |   |   |  |
|------------------|---|---|--|
| <p>PI 14-176</p> | <p>IMPACTO DEL SISTEMA MEDIXAIR® SOBRE LA TASA DE INFECCIONES EN PACIENTES INGRESADOS EN REANIMACIÓN CARDIACA (1ª PLANTA)</p> | <p>I.P.:DRA. Mª HEREDIA RODRIGUEZ<br/>EQUIPO:<br/>DR. EDUARDO TAMAYO. DR. JOSE IGNACIO GOMEZ HERRERAS, DRA. CARMEN LAJO RIVERA, DRA. SUSANA SORIA GARCIA, DR. FRANCISCO RUIZ DE TEMIÑO, DR. JOSE IGNACION ANDRES VILORIA, DR. ANGEL MARTINEZ MARTINEZ, DRA. Mª JOSE COBRECES, DRA. ICIAR MARTINEZ ALMEIDA.<br/>ANESTESIOLOGÍA Y REANIMACIÓN.<br/>RECIBIDO: 06-06-2014</p> | <p>Este CEIC considera (en base a la información disponible), que el estudio es una investigación clínica, pero que no es un ensayo clínico con medicamento ni con producto sanitario. La investigación se realiza con un procedimiento que no es invasivo, en base a lo cual no le aplicaría lo considerado en la Ley de Investigación en Biomedicina, Ley 14/2007. Esta consideración se realiza simplemente de modo interno en este CEIC. No procede emisión de dictamen.</p> |
|------------------|---|---|--|



**Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos (CEIm)**

**Prof. F. Javier Álvarez González**  
 Comité Ético de Investigación con Medicamentos Área de Salud Valladolid Este  
 Hospital Clínico Universitario de Valladolid  
 Farmacología, Facultad de Medicina  
 C/ Ramón y Cajal, 7, 47005 Valladolid, España  
 983 42 30 77 (contactar de 13 a 14 horas)  
 e-mail: alvarez@med.uva.es, jalvarezgo@saludcastillayleon.es

[www.icscyl.com/hcuv/ceimvalladolideste/](http://www.icscyl.com/hcuv/ceimvalladolideste/)





## CONSORT 2010 checklist of information to include when reporting a randomised trial\*

| Section/Topic             | Item No | Checklist item  | Reported on page No |
|---------------------------|---------|---|---------------------|
| <b>Title and abstract</b> |         |   |                     |
|                           | 1a      | Identification as a randomised trial in the title   | 1                   |
|                           | 1b      | Structured summary of trial design, methods, results, and conclusions (for specific guidance see CONSORT for abstracts) | 2                   |
| <b>Introduction</b>       |         |   |                     |
| Background and objectives | 2a      | Scientific background and explanation of rationale  | 3                   |
|                           | 2b      | Specific objectives or hypotheses   | 3                   |
| <b>Methods</b>            |         |   |                     |
| Trial design              | 3a      | Description of trial design (such as parallel, factorial) including allocation ratio                                    | 4                   |
|                           | 3b      | Important changes to methods after trial commencement (such as eligibility criteria), with reasons                      | NO                  |

|                                  |    |   |    |
|----------------------------------|----|---|----|
| Participants                     | 4a | Eligibility criteria for participants   | 4  |
|                                  | 4b | Settings and locations where the data were collected  | 4  |
| Interventions                    | 5  | The interventions for each group with sufficient details to allow replication, including how and when they were actually administered   | 4  |
| Outcomes                         | 6a | Completely defined pre-specified primary and secondary outcome measures, including how and when they were assessed  | 4  |
|                                  | 6b | Any changes to trial outcomes after the trial commenced, with reasons   | NO |
| Sample size                      | 7a | How sample size was determined  | 7  |
|                                  | 7b | When applicable, explanation of any interim analyses and stopping guidelines  | NO |
| Randomisation:                   |    |   |    |
| Sequence generation              | 8a | Method used to generate the random allocation sequence  | 4  |
|                                  | 8b | Type of randomisation; details of any restriction (such as blocking and block size)   | 4  |
| Allocation concealment mechanism | 9  | Mechanism used to implement the random allocation sequence (such as sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until interventions were assigned | 4  |
| Implementation                   | 10 | Who generated the random allocation sequence, who enrolled participants, and who assigned participants to interventions   | 4  |

|  |     |  |     |
|--|-----|--|-----|
| Blinding   | 11a | If done, who was blinded after assignment to interventions (for example, participants, care providers, those assessing outcomes) and how       | NO  |
|  | 11b | If relevant, description of the similarity of interventions  | NO  |
| Statistical methods                                  | 12a | Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes  | 7,8 |
|  | 12b | Methods for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analyses   | NO  |
| <b>Results</b>                                       |     |  |     |
| Participant flow (a diagram is strongly recommended) | 13a | For each group, the numbers of participants who were randomly assigned, received intended treatment, and were analysed for the primary outcome | SI  |
|  | 13b | For each group, losses and exclusions after randomisation, together with reasons   | SI  |
| Recruitment  | 14a | Dates defining the periods of recruitment and follow-up  | SI  |
|  | 14b | Why the trial ended or was stopped   | NO  |
| Baseline data  | 15  | A table showing baseline demographic and clinical characteristics for each group   | SI  |
| Numbers analysed                                     | 16  | For each group, number of participants (denominator) included in each analysis and whether the analysis was by original assigned groups        | SI  |



|                          |     |   |    |
|--------------------------|-----|---|----|
| Outcomes and estimation  | 17a | For each primary and secondary outcome, results for each group, and the estimated effect size and its precision (such as 95% confidence interval) | SI |
|                          | 17b | For binary outcomes, presentation of both absolute and relative effect sizes is recommended   | SI |
| Ancillary analyses       | 18  | Results of any other analyses performed, including subgroup analyses and adjusted analyses, distinguishing pre-specified from exploratory         | NO |
| Harms                    | 19  | All important harms or unintended effects in each group (for specific guidance see CONSORT for harms)   | NO |
| <b>Discussion</b>        |     |   |    |
| Limitations              | 20  | Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and, if relevant, multiplicity of analyses                                  | 11 |
| Generalisability         | 21  | Generalisability (external validity, applicability) of the trial findings   | 11 |
| Interpretation           | 22  | Interpretation consistent with results, balancing benefits and harms, and considering other relevant evidence                                     | 11 |
| <b>Other information</b> |     |   |    |
| Registration             | 23  | Registration number and name of trial registry  | SI |
| Protocol                 | 24  | Where the full trial protocol can be accessed, if available   | 4  |
| Funding                  | 25  | Sources of funding and other support (such as supply of drugs), role of funders   | NO |

\*We strongly recommend reading this statement in conjunction with the CONSORT 2010 Explanation and Elaboration for important clarifications on all the items. If relevant, we also recommend reading CONSORT extensions for cluster randomised trials, non-inferiority and equivalence trials, non-pharmacological treatments, herbal interventions, and pragmatic trials. Additional extensions are forthcoming: for those and for up to date references relevant to this checklist, see [www.consort-statement.org](http://www.consort-statement.org).