

## APÉNDICE 5. PROCEDIMIENTOS DE DESCONTAMINACIÓN

### INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de los procedimientos de descontaminación de materiales, objetos, instrumentos, superficies o ambientes es eliminar la posibilidad de transmisión de agentes biológicos patógenos a un huésped susceptible, ya sea personal expuesto, resto de personal o la población general.

Esta medida actúa directamente sobre las primeras etapas de la cadena de transmisión, al destruir los agentes patógenos y, por lo tanto, evitar su presencia o, dependiendo del método, limitar su número hasta niveles que no supongan un peligro para las personas.

En este apéndice se revisan los aspectos más relevantes de los procesos y los productos que con mayor frecuencia son utilizados para la descontaminación. Pero antes, y dada la multiplicidad de términos en uso, es conveniente incluir algunas definiciones que permitan clarificar conceptos y ayuden a definir los procedimientos de actuación para maximizar la eficacia de la intervención.

- *Descontaminación*: eliminación, inactivación o destrucción de microorganismos mediante métodos físicos o químicos, de superficies u objetos, con el objetivo de evitar la transmisión y dispersión de microorganismos patógenos, haciéndolos seguros para su manipulación, uso o eliminación. La descontaminación se puede realizar mediante una limpieza, una desinfección o una esterilización, en función del grado perseguido.
  - *Limpieza*: proceso de eliminación mecánica por arrastre de restos orgánicos e inorgánicos de una superficie o de un objeto por medio de detergentes o limpiadores enzimáticos. Su objetivo es eliminar el reservorio, biocapa y sustrato que permite la supervivencia y multiplicación de los microorganismos. La limpieza es esencial para garantizar la eficacia de la desinfección o la esterilización.
  - *Desinfección*: proceso físico o químico de destrucción de microorganismos, pero no de las esporas bacterianas. El proceso destruye los microorganismos o bien los inactiva impidiendo su multiplicación.
  - *Esterilización*: proceso físico, químico o mixto que destruye todas las formas de microorganismos viables, incluidas las esporas. La presencia residual de microorganismos en cualquier objeto esterilizado se expresa en forma de probabilidad y, aunque esa probabilidad se reduce mucho, nunca se puede asegurar que sea cero. Un producto se considera estéril, tal y como indican los

CDC, cuando la probabilidad de encontrar unidades contaminadas es menor o igual a  $10^{-6}$ , esto es, una unidad contaminada por cada millón de unidades idénticas procesadas.

- *Biocida*: sustancias o mezclas que están compuestas por, o generan, una o más sustancias activas (incluidos los microorganismos) cuyo objetivo es destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica.
- *Germicida*: todo agente capaz de destruir microorganismos. El término germicida incluye tanto a los antisépticos como a los desinfectantes.
- *Antiséptico*: sustancia que destruye los microorganismos o que inhibe su crecimiento y desarrollo, y que está indicada para ser aplicada en tejidos vivos sin causar lesiones corporales.
- *Desinfectante*: agente físico o químico que destruye o inhibe el crecimiento de microorganismos en fase vegetativa pero no en forma de esporas y que se aplica de forma exclusiva sobre superficies u objetos inanimados. Se pueden clasificar en:
  - *Desinfectante de nivel alto*: agente que es capaz de destruir todas las formas vegetativas de microorganismos, pero no las esporas bacterianas. El uso de una sustancia como desinfectante de nivel alto requiere tiempos de contacto relativamente cortos (10 a 30 minutos, según los CDC -Centros para el Control y Prevención de Enfermedades-). Estas sustancias pueden tener capacidad esterilizante cuando se utilizan en concentraciones adecuadas y se dejan actuar durante un tiempo suficiente. Están formulados para su uso en dispositivos (por ejemplo, dispositivos semicríticos, como endoscopios de fibra óptica sensibles) pero no para superficies (suelos, superficies de trabajo, etc.).
  - *Desinfectante de nivel medio*: agente que es capaz de destruir todas las formas vegetativas bacterianas, incluidos los bacilos de la tuberculosis, los virus lipídicos y algunos de los no lipídicos y la mayoría de los hongos, pero no las esporas bacterianas. Su uso está indicado para la desinfección de superficies de trabajo y como parte de los desinfectantes germicidas usados en la limpieza.
  - *Desinfectante de nivel bajo*: agente que es capaz de destruir todas las formas vegetativas bacterianas (excepto los bacilos de la tuberculosis), los virus lipídicos y algunos de los no lipídicos y algunos hongos, pero no las esporas bacterianas.

- *Detergente*: agente limpiador sin actividad específicamente antimicrobiana, con componentes hidrófilos y lipófilos. Se pueden dividir en: aniónicos, catiónicos, anfóteros y no iónicos.

## MÉTODOS DE DESCONTAMINACIÓN

En la elección del método de descontaminación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- uso al que está destinado el material u objeto, es decir, si son críticos (equipos que normalmente contactan con tejidos estériles o en los cuales fluye sangre), semicríticos (material que entra en contacto con mucosas), o no críticos (que toman contacto con la piel intacta);
- la resistencia de los microorganismos al método de descontaminación;
- composición del material u objeto (incompatibilidad al método elegido);
- la peligrosidad del agente descontaminante para el personal y el medioambiente.

A continuación, se describen los principales métodos de descontaminación, así como sus características.

### Limpieza

Eliminación de suciedad y materia orgánica de los elementos utilizados. Además de eliminar una parte de los microorganismos, la limpieza va a retirar sangre u otra materia orgánica cuya presencia reduce la eficacia de los agentes desinfectantes, bien porque provocan su inactivación, o bien porque protegen (encapsulan o aíslan) a los microorganismos, incrementando así el tiempo necesario de contacto con el desinfectante para la destrucción de estos. En numerosas ocasiones, un buen programa de limpieza puede ser suficiente para evitar que se den las condiciones que permiten el desarrollo de microorganismos. La limpieza de materiales u objetos siempre va a ser un requisito previo e imprescindible a los métodos específicamente establecidos para destruir los microorganismos: la desinfección y la esterilización.

Los principales procedimientos de limpieza son los siguientes.

#### *Limpieza manual por inmersión*

Consiste en la inmersión completa de los objetos en la solución limpiadora de forma que se garantice que tanto el agente limpiador como los instrumentos de limpieza alcanzan la suciedad presente. Para ello, puede ser necesario desmontar algunos elementos del objeto. La limpieza propiamente dicha con cepillos, chorro de agua, etc., debe realizarse por debajo de la superficie de la solución limpiadora. El proceso se completa con el escurrido de la solución limpiadora y un completo aclarado y secado de los elementos lavados.

#### *Limpieza manual sin inmersión*

Consiste en la limpieza de los elementos que no pueden sumergirse. El proceso implica el uso de paños impregnados en la solución limpiadora, cuidando de que esta no penetre en el dispositivo y posterior aclarado y completo secado (manual o en cámaras de secado).

#### *Limpieza mecánica (lavadoras)*

Uno de los aspectos más importantes es la colocación de los dispositivos en la lavadora de forma que permitan la máxima exposición y una adecuada circulación de agua y detergente durante el ciclo de lavado en el que se suceden distintas etapas a diferentes temperaturas, incluido un aclarado desinfectante con agua caliente (mínimo 71 °C durante 3 minutos) y el secado completo de las piezas.

#### *Limpieza mecánica (ultrasonidos)*

La limpieza por ultrasonidos consiste en la cavitación debida a las burbujas de aire que se forman por la acción de ondas sonoras de alta frecuencia y elevada intensidad que provocan la rotura de la adherencia de la suciedad a las superficies.

En la tabla 1 se resumen algunas de las características de estos métodos.

| <b>Limpieza manual (por inmersión)</b>             |  |
|--|--|
| Usos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando no se dispone de unidades mecánicas de limpieza.</li> <li>• Para elementos frágiles o difíciles de limpiar.</li> </ul>   |
| Agentes  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua. Detergentes. Limpiadores enzimáticos.</li> </ul>  |
| Precauciones de seguridad                          | <p>Las operaciones de limpieza deben ser realizadas por personal formado y siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante.</li> <li>• Disponer de la ficha de datos de seguridad.</li> <li>• Uso de EPI: prendas de protección impermeables, guantes impermeables y resistentes a cortes y protección ocular.</li> <li>• Lavar las manos tras quitarse los EPI.</li> <li>• Evitar las salpicaduras.</li> <li>• Disponer de neutralizante químico, botella lavajos, botiquín.</li> </ul>  |
| Observaciones                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remojar los elementos en los que se haya podido secar o incrustar la suciedad.</li> <li>• Algunas enzimas pueden ser inactivadas por el uso de germicidas.</li> <li>• El uso de limpiadores enzimáticos puede provocar asma u otros efectos alérgicos en los usuarios.</li> </ul>   |
| <b>Limpieza manual sin inmersión</b>               |  |
| Usos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos electrónicos.</li> <li>• Fregado de paredes, suelos, mobiliario, etc.</li> </ul>  |
| Agentes  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua. Detergentes. Alcohol.</li> </ul>  |
| Precauciones de seguridad                          | <p>Las operaciones de limpieza deben ser realizadas por personal formado y siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante.</li> <li>• Disponer de ficha de datos de seguridad.</li> <li>• Uso de EPI: guantes de protección química y frente a microorganismos, resistentes al corte y protección ocular. Lavar las manos tras quitarse los EPI.</li> <li>• Evitar las salpicaduras.</li> <li>• Disponer de neutralizante químico, botella lavajos, botiquín.</li> <li>• Precauciones de uso con el alcohol (inflamable).</li> </ul> |
| Observaciones                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• El uso de alcohol confiere un cierto grado de desinfección.</li> </ul>  |
| <b>Limpieza mecánica (lavadoras, ultrasonidos)</b> |  |
| Usos   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cualquier elemento que soporte estas condiciones de lavado.</li> </ul>  |
| Agentes  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua. Detergentes. Limpiadores ultrasonidos.</li> </ul>   |
| Precauciones de seguridad                          | <p>Las operaciones de limpieza deben ser realizadas por personal formado y siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante.</li> <li>• Disponer de ficha de datos de seguridad.</li> <li>• Uso de EPI: prendas de protección química y biológica, guantes resistentes al corte y protección ocular. Lavar las manos tras quitarse los EPI.</li> <li>• Disponer de neutralizante químico, botella lavajos, botiquín, para salpicaduras con el detergente.</li> <li>• Valorar exposición a ultrasonidos.</li> </ul>                     |
| Observaciones                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• En los baños por ultrasonidos es posible la contaminación bacteriana (bacterias gramnegativas), por lo que unas deficientes condiciones en el mantenimiento de estos hacen posible la exposición a endotoxinas.</li> </ul>  |

Tabla 1. Características de los métodos de limpieza.

## Desinfección

La desinfección supone la destrucción de microorganismos, pero no necesariamente de las formas de resistencia como las esporas bacterianas o los agentes biológicos enquistados.

Los procedimientos de desinfección más comunes son: los procesos térmicos, la radiación y el uso de productos químicos. La desinfección se lleva a cabo cuando la limpieza, por sí misma, no permite garantizar la inocuidad en el uso previsto de un elemento. El nivel de desinfección obtenido depende de diversos factores entre los que se pueden destacar los siguientes:

- La cantidad y localización de los microorganismos, sobre todo aquellos que forman o sobreviven en biocapas que se adhieren a las superficies.
- La resistencia de los microorganismos al método empleado.
- El tipo y cantidad de materia (orgánica e inorgánica) presente en el elemento que se va a desinfectar.
- La concentración del desinfectante (primer uso y tras aplicaciones repetidas).

- La temperatura y el tiempo de contacto entre el elemento contaminado y el desinfectante.
- El pH de la solución y la dureza del agua empleada como diluyente.

#### *Desinfección por agentes físicos*

Se pueden distinguir varios métodos:

- Desinfección térmica. Tiene como fin la destrucción de los microorganismos patógenos por calor, aunque no sus esporas. Se consigue mediante la exposición de los objetos a desinfectar (por ejemplo, equipos de terapia respiratoria o anestesia) a agua caliente a 70 °C durante un período de 30 minutos.
- Radiación ultravioleta (UV). Su máximo efecto bactericida se produce a las longitudes de onda comprendidas entre 240-280 nm. La inactivación de los microorganismos resulta de la destrucción del ácido nucleico mediante la inducción de dímeros de timina. Debido a su bajo poder de penetración su uso se limita a microorganismos no envueltos (virus, bacterias y hongos). Este método es particularmente útil contra los microorganismos presentes en el aire y, en menor medida, contra los microorganismos presentes en superficies o en materiales que no resisten la acción de otros métodos.

La radiación ultravioleta tiene diversas aplicaciones potenciales, pero su efectividad germicida y su uso se ve influenciado por la materia orgánica, la longitud de onda, la temperatura, el tipo de microorganismo y la intensidad, la cual, a su vez, se ve afectada por la distancia y la suciedad de las lámparas.

- Microondas. La frecuencia de la radiación utilizada son 2.450 MHz. El calor es el factor crítico para la eliminación de microorganismos viables. Otros aspectos que afectan al tratamiento por microondas incluyen la duración de la exposición, la intensidad de la radiación, el contenido de agua del material y su uso con productos que sean compatibles.

#### *Desinfección por inmersión en productos químicos*

Es uno de los métodos más utilizados debido, entre otros motivos, a su relativo bajo coste, su eficacia y su rapidez.

El proceso de desinfección consiste en tres pasos básicos: la limpieza previa del material que se va a desinfectar, el uso de un desinfectante, asegurándose de que la cantidad y las condiciones de uso de este son las recomendadas (concentración, temperatura, tiempo de contacto) y el aclarado completo para la eliminación de todo residuo de desinfectante.

Es conveniente considerar varios aspectos a la hora de seleccionar este método de descontaminación:

- La desinfección química debe usarse con un objetivo concreto y no como un procedimiento de rutina.
- No es un sustituto de la esterilización. La desinfección, por definición, no garantiza la esterilidad de los productos.
- Los desinfectantes químicos pueden ser tóxicos, inflamables o corrosivos, y pueden producir efectos perjudiciales para la salud de las personas que los manipulan. Se deben escoger desinfectantes que, cumpliendo el objetivo previsto, sean lo menos peligrosos posible.
- El proceso de desinfección puede fallar y permitir la supervivencia de los microorganismos debido a varios factores, entre los que cabe destacar: la resistencia innata de los microorganismos, la inactivación del desinfectante (materia orgánica, gomas, plástico, agua, etc.), su preparación y un almacenamiento inadecuado, etc.
- Se debe disponer de un método para la verificación de la eficacia de la desinfección.

Los agentes desinfectantes son compuestos químicos o mezclas de estos que, bajo determinadas condiciones, son capaces de destruir los microorganismos. Los desinfectantes se pueden presentar listos para su uso o bien precisar de dilución para conseguir la concentración adecuada al objetivo planteado. Cada agente desinfectante tiene características distintas y usos definidos, por lo que su selección y utilización deben ajustarse lo máximo posible al tipo de microorganismos presentes y al nivel de desinfección deseada.

En la tabla 2 se resumen las principales características de uso de los germicidas (desinfectantes y antisépticos) químicos utilizados con mayor frecuencia.

| Agente                | Espectro |    |    |   |     |     | Concentración       | Tiempo               | Usos   | Incompatibilidad/<br>Estabilidad   | Efectos<br>adversos   | Observaciones / Precauciones (1)  |
|-----------------------|----------|----|----|---|-----|-----|---------------------|----------------------|--|--|---|---|
|                       | VL       | G+ | G- | H | Myc | VnL |                     |                      |  |  |   |   |
| Ácido peracético      | B        | B  | B  | B | B   | B   | 0,35 %              | 5 min<br>10 min (4)  | Desinfección manual de nivel alto.<br>Esterilizante químico.   | Las soluciones diluidas son inestables (duración aproximada 24 horas).   | Irritante respiratorio y ocular.<br>En contacto con la piel produce quemaduras. | Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular.<br>Aclarar abundantemente el detergente utilizado previamente en la limpieza, en particular si se usan limpiadores enzimáticos. El pH ácido interfiere en la desinfección posterior.<br>Existen diversos productos con formulaciones y concentraciones diferentes y con eficacias finales distintas. |
|                       | B        | B  | B  | B | B   | B   | 0,09 %              | 10 min<br>30 min (4) | Esterilizante químico.   |  |   |   |
| Peróxido de hidrógeno | B        | B  | B  | B | B   | B   | 6-7,5 %             | 30 min               | Desinfección manual de nivel alto.<br>Esterilizante químico.   | Materia orgánica (riesgo combustión).  | Irritante respiratorio.<br>Daño ocular.   | Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular.<br>Posible agresión a metales, gomas, plásticos.   |
| Alcohol etílico       | B        | B  | B  | B | M   | N   | 60-95 %             | 2 min                | Antiséptico.<br>Desinfección de superficies de equipos.<br>Desinfección de instrumentos en contacto con la piel intacta.                     | Se inactiva con materia orgánica.<br>Detergentes aniónicos.  | Irritante.<br>Sequedad.<br>Inflamable.  | Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular.<br>Conservar en lugar fresco, oscuro, bien tapado y ventilado.<br>Usar sobre superficies limpias.<br>No usar sobre heridas.  |
| Alcohol isopropílico  | M        | B  | B  | B | M   | N   |                     |                      |  |  |   | Endurecimiento de caucho y gomas.<br>Alteración del cemento de las lentes ópticas.<br>Opacidad del metacrilato.   |
| Formaldehído 35 %     | B        | B  | B  | B | B   | B   | Sol. acuosa 8 %     | 24 h                 | Soluciones alcohólicas: desinfectante de nivel alto.<br>Esporicida a temperaturas elevadas.  | Se inactiva con materia orgánica.<br>Incompatibilidades con fenol, agentes oxidantes, amoníaco y álcalis.  | Irritante.<br>Sensibilizante (asma, dermatitis).<br>Cancerígeno (2).            | La actividad se incrementa con la temperatura.<br>Su reacción con cloro libre forma éter bis(clorometílico), cancerígeno de primera categoría.<br>Uso muy limitado.<br>Uso de EPI: máscaras con filtros específicos, guantes de protección química y protección ocular.   |
|                       | B        | B  | B  | B | B   | B   | Sol. alcohólica 8 % | < 3 h                |  |  |   |   |
|                       | B        | B  | B  | B | B   | B   | Esporicida 8 %      | 18 h                 |  |  |   |   |
| Glutaraldehído        | B        | B  | B  | B | B   | B   | 2 % (20 °C)         | 20 min               | Desinfección de nivel alto (objetos e instrumentos en contacto con piel no intacta y mucosas).<br>Objetos e instrumentos sensibles al calor. | Pierde actividad por polimerización<br>Estabilidad: máximo 14 días.<br>Coagula la sangre y puede fijar los tejidos en las superficies de los aparatos (imprescindible limpieza previa del equipo). | Irritante.<br>Sensibilizante (rinitis, asma, dermatitis).                       | Anotar la fecha de preparación.<br>Necesita de activación (alcalinizar).<br>Mantener tapada la cubeta de desinfección.<br>Almacenar bajo campanas extractoras de gases.<br>Con ventilación general del local suficiente durante el uso.<br>Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular<br>Neutralización del vertido con bisulfito sódico.        |
|                       | B        | B  | B  | B | B   | B   | Esporicida 2 %      | 10 h                 |  |  |   |   |

| Agente                           | Espectro |    |      |      |     |         | Concentración                 | Tiempo | Usos   | Incompatibilidad/<br>Estabilidad   | Efectos adversos   | Observaciones / Precauciones (1)   |   |
|----------------------------------|----------|----|------|------|-----|---------|-------------------------------|--------|--|--|--|--|---|
|                                  | VL       | G+ | G-   | H    | Myc | VnL     |                               |        |  |  |  |  | E |
| Orto-ftalaldehído                | B        | B  | B    | B    | B   | B       | 0,55 %                        | 10 min | Desinfección de nivel alto (objetos e instrumentos en contacto con piel no intacta y mucosas).                 | Estabilidad: máximo 14 días.   | Mancha la piel y la ropa.<br>El contacto repetido puede causar sensibilización.                                      | Mantener tapada la cubeta de desinfección.<br>Uso de EPI: guantes de protección química, ropa de protección química y protección ocular.<br>Aclarar abundantemente.<br>Neutralizar el vertido con glixal.  |   |
|                                  |          |    |      |      |     |         | 5.000 ppm (0,5 %)             | 5 min  | Esporicida.  | Muy inestable.<br>Se inactiva rápidamente con materia orgánica.<br>Actividad reducida a pH > 6.<br>Corrosivo para algunos metales.   |  | Tener en cuenta la concentración del producto de partida a la hora de hacer las diluciones.<br>Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular.<br>Es aconsejable renovar las soluciones a diario.<br>Soluciones (1.000–10.000 ppm) guardadas en frascos opacos y bien cerrados se conservan estables durante 30 días. Sin embargo, soluciones de 500 ppm pierden la mitad del cloro disponible a los 30 días.<br>Su reacción con formaldehído forma éter bis(clorometílico), cancerígeno de primera categoría.<br>Su combinación con ácido o con el grupo amonio puede generar gas cloro o cloramina. |   |
|                                  |          |    |      |      |     |         | 1.000 ppm (0,1 %)             | 10 min | Desinfección de nivel alto.  |  | Irritante.   |  |   |
| Hipoclorito sódico (lejía)       | B        | B  | B    | B    | B   | B       | 1.000–500 ppm                 | 30 min | Desinfección ambiental.  |  |  |  |   |
| Yodo y yodóforos                 | B        | B  | B    | B    | M   | M       | Soluciones alcoholicas al 1 % | -      | Antisépticos.  |  | Irritante.<br>Sensibilizante.  | Con soluciones mercuriales dan lugar a precipitados de gran toxicidad.<br>Tíne la piel.<br>Los plásticos pueden absorber el yodo.<br>Uso de EPI: guantes de protección química, ropa de protección química y protección ocular.  |   |
| Compuestos fenólicos             | B        | B  | B(3) | B(3) | M   | L/<br>N | -                             | 20 min | Desinfección de material.<br>Desinfección de superficies (suelos, paredes) y material no poroso.<br>En desuso. | Incompatibilidad: materia orgánica, goma, plásticos y metales.<br>Proteger de la luz.<br>Algunos compuestos son incompatibles con detergentes y otros compuestos catiónicos.<br>Actividad máxima a pH entre 5 y 6. | Irritante de piel y mucosas.<br>Fotosensibilizante.  | Preparar las soluciones en el momento de su uso.<br>Uso de EPI: guantes de protección química y protección ocular.   |   |
| Compuestos de amonio cuaternario | L        | B  | L    | L    | N   | N       | -                             | -      | Desinfectantes de bajo nivel<br>Detergente para desinfectar superficies metálicas.                             | Incompatibles con detergentes aniónicos, derivados amoniacales e hipocloritos.<br>Se inactiva rápidamente con materia orgánica.<br>Actividad reducida con el algodón, corcho, plásticos, material poroso, etc.     | Irritante de la piel.<br>Evitar el contacto con los ojos, excepto el cloruro de benzalconio (irrigaciones oculares). | No está aconsejado su uso como desinfectante por inmersión del material quirúrgico.  |   |

Tabla 2. Gernmicidas químicos.<sup>38</sup>

## Esterilización

La esterilización es el proceso por el que se destruyen completamente todas las formas microbianas, incluidas las esporas bacterianas, que son las más resistentes. En consecuencia, es el procedimiento de elección para todos aquellos elementos críticos (objetos, materiales e instrumentos que van a entrar en contacto con tejidos estériles, o en los cuales fluye sangre). Asimismo, es el procedimiento de elección para el material usado en los laboratorios de microbiología (pipetas, placas Petri, medios de cultivo, etc.), evitando su contaminación y la alteración de los ensayos que se realicen. Finalmente, será el método de descontaminación de los residuos generados durante la actividad, sean estos reutilizables o destinados a la eliminación.

Los métodos de esterilización más utilizados son: los procesos térmicos, que usan vapor de agua a elevada presión y temperatura (autoclave) o calor seco, procesos químicos y procesos termoquímicos. La elección de un método u otro dependerá de la resistencia de los materiales a las condiciones del método de esterilización elegido; así, por ejemplo, determinados elementos (goma) no resisten las altas temperaturas del autoclavado o de la esterilización por calor seco.

La esterilización con métodos químicos líquidos por inmersión, hecha en forma manual, será siempre el último método de elección. Estos procesos son difíciles de controlar, con grandes posibilidades de recontaminación durante el enjuague o el secado, y no permiten el almacenado.

A continuación, se describen los métodos de esterilización más utilizados.

### Esterilización por calor húmedo

El proceso se desarrolla en un autoclave y consiste en exponer cada elemento al contacto directo con vapor de agua saturado a la presión y la temperatura requeridas durante el tiempo especificado.

| Temperatura               | 115 °C | 121 °C | 126 °C | 134 °C |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Tiempo de contacto mínimo | 30 min | 15 min | 10 min | 3 min  |

Existen distintos tipos de autoclaves; los más utilizados son:

- Autoclaves de desplazamiento por gravedad, en los que el vapor introducido en la cámara va desplazando el aire hacia la zona inferior. Esto limita su uso a materiales limpios no porosos y no envueltos. No es útil para la esterilización de dispositivos con elementos tubulares. Estos autoclaves pueden funcionar a 121 °C, durante un ciclo de 15 minutos.
- Autoclaves de prevacío, en los que el aire es eliminado antes de introducir el vapor. Estos autoclaves pueden funcionar a 134 °C, con lo que el ciclo puede reducirse a 3 minutos. Su uso es adecuado para materiales porosos, pero no para líquidos, debido al vacío.

El uso de este método queda excluido para todos aquellos materiales que no soporten temperaturas superiores a 115 °C.

Las personas trabajadoras deben usar guantes de protección frente a riesgos térmicos. Asimismo, estos equipos deben cumplir con los requisitos de seguridad establecidos para los aparatos a presión.

Cuando se trata de esterilizar elementos contaminados por agentes biológicos del grupo 4 se deben establecer precauciones adicionales en el diseño del drenaje y de los sistemas de ventilación de los equipos.

### Esterilización por calor seco

La esterilización por aire caliente es útil para aquellos elementos que pueden soportar las siguientes condiciones:

| Temperatura        | 160-169 °C | 170-179 °C | 180-190 °C |
|--------------------|------------|------------|------------|
| Tiempo de contacto | 120 min    | 60 min     | 30 min     |

Es importante recordar que la temperatura se debe alcanzar en toda la carga y mantener durante el tiempo de contacto para la esterilización. Sin embargo, este tiempo de contacto no es el tiempo total del ciclo de esterilización, que comprende las siguientes etapas:

|                  |                         |     |                    |   |                     |   |                           |
|------------------|-------------------------|-----|--------------------|---|---------------------|---|---------------------------|
| <sup>38</sup> VL | Virus lipídico          | H   | Hongos             | E | Esporas bacterianas | V | Variable (según especies) |
| G+               | Bacterias Gram positivo | MyC | Micobacterias      | B | Buena               | L | Ligera                    |
| G-               | Bacterias Gram negativo | VnL | Virus no lipídicos | M | Moderada            | N | Nula                      |

(1) Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas por personal cualificado, formado y adiestrado, siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminación ambiental. Disponer y conocer las fichas de datos de seguridad (FDS) de los productos, así como la información facilitada por el fabricante de los EPI, verificando la idoneidad del EPI seleccionado para el agente químico implicado en la operación.

(2) Cancerígeno: H350 (Puede provocar cáncer).

(3) *Pseudomonas aeruginosa* y algunos hongos crean resistencias.

(4) Tiempo de contacto para la esterilización.

- El tiempo necesario para que cada elemento alcance la temperatura establecida.
- El tiempo de contacto, que es el que se debe mantener a la temperatura de esterilización.
- El tiempo de enfriamiento de la carga hasta que pueda ser manejada de forma segura.

Aunque es un método que requiere mayor tiempo, es útil para la esterilización de líquidos no acuosos (cremas, pomadas, grasas, parafinas, glicerol, etc.) y elementos que puedan ser dañados por el vapor.

El uso de este método queda excluido para todos aquellos materiales que no soporten temperaturas superiores a 160 °C.

Las personas trabajadoras deben usar guantes de protección frente a riesgos térmicos.

#### Esterilización química: gas a baja temperatura

Existen distintos procesos en los que la esterilización se realiza por la acción química de diferentes compuestos sobre los microorganismos. Estos procesos se caracterizan, además, por tener lugar a bajas temperaturas, lo que los hace idóneos para todo aquel material sensible al calor y al vapor. Los agentes usados con mayor frecuencia son: el óxido de etileno y el peróxido de hidrógeno (gas plasma).

El óxido de etileno tiene como principal inconveniente su toxicidad. Las exposiciones agudas producen irritación (piel y mucosas) y afectan al sistema nervioso central, mientras que las exposiciones crónicas se han

relacionado con cambios hematológicos, aumento de la tasa de abortos y cáncer. Está clasificado como cancerígeno de categoría 1B (se supone que es un carcinógeno para las personas, en base a la existencia de pruebas en animales). Otra de las desventajas del óxido de etileno es la duración del ciclo de esterilización, que puede durar entre 8 y 12 horas, debido, sobre todo, a la necesidad de aireación del material esterilizado.

El peróxido de hidrógeno (gas plasma) se forma por la acción de radiofrecuencias o microondas sobre el vapor de peróxido de hidrógeno inyectado en la cámara de esterilización. El hecho de que los productos finales sean oxígeno y vapor de agua, no tóxicos, elimina la necesidad de aireación del material. El proceso transcurre a una temperatura de entre 37 °C y 44 °C durante aproximadamente 75 minutos.

#### Otros procedimientos. Irradiación

La acción esterilizante de este procedimiento está directamente ligada al tipo de radiación utilizada (capacidad de penetración, intensidad), la dosis empleada y el tiempo de exposición del objeto a la radiación.

- Rayos gamma (<sup>60</sup>Co): puede ser utilizado para la descontaminación de productos o materiales sensibles al calor. Resulta un método eficaz para la esterilización de antibióticos, vacunas o alimentos.

En la figura 1 se muestra la clasificación de los microorganismos atendiendo a su resistencia frente a los mecanismos de descontaminación, siendo los más resistentes las esporas bacterianas y los menos resistentes las formas vegetativas de las bacterias.

| TIPO DE MICROORGANISMO   | Resistencia<br>+ | MÉTODO DE DESCONTAMINACIÓN   |
|--|------------------|--|
|  |                  | ESTERILIZACIÓN   |
| <b>Esporas bacterianas</b><br><i>Bacillus subtilis, Clostridium tetani, C. difficile, C. botulinum</i><br><b>Protozoos (quistes)</b><br><i>Giardia lamblia, Cryptosporidium parvum</i>   |                  | Vapor de agua<br>Óxido de etileno<br>Peróxido de hidrógeno (plasma)<br>Ácido peracético                          |
| <b>Micobacterias</b><br><i>Mycobacterium tuberculosis, M. avium, M. intracellulare, M. chelonae</i><br><b>Virus sin envuelta</b><br><i>Coxsackie, Poliovirus, Rinovirus, Rotavirus, Hepatitis A</i>  |                  | <b>DESINFECCIÓN</b><br>NIVEL ALTO<br>Peróxido de hidrógeno<br>Glutaraldehído<br>Formaldehído<br>Ácido peracético |
| <b>Hongos</b><br><i>Candida sp., Cryptococcus sp., Aspergillus sp., hongos dermatófitos</i>  |                  | NIVEL MEDIO<br>Alcoholes<br>Hipocloritos<br>Yodo y yodóforos   |
| <b>Bacterias</b><br><i>Staphylococcus aureus, Salmonella typhi, Pseudomonas aeruginosa, coliformes</i><br><b>Virus con envuelta</b><br><i>Herpes simplex, Varicella, Citomegalovirus, Epstein-Barr, Rubéola, Gripe, Hepatitis B y C, VIH, Hantavirus</i> |                  | NIVEL BAJO<br>Compuestos fenólicos<br>Compuestos de amonio cuaternario (QACs)                                    |

Figura 1. Clasificación de microorganismos según el nivel de resistencia a la descontaminación y métodos efectivos para su descontaminación.

## DESCONTAMINACIÓN DE PRIONES

Los agentes de las enfermedades transmitidas por priones presentan una inusual resistencia a los métodos convencionales de descontaminación, tanto físicos como químicos. El proceso de descontaminación de priones se realizará en función de los tejidos con los que han estado en contacto los materiales y la posibilidad o no de ser reutilizados en otros pacientes.

Los instrumentos que han estado en contacto con tejidos de alta infectividad, con un paciente con sospecha o certeza que padece la enfermedad o los utilizados en actividades quirúrgicas neurológicas, oftalmológicas, otorrinolaringológicas, maxilofaciales y punciones lumbares, son los que conllevarán los procesos de descontaminación más rigurosos.

El método de descontaminación recomendado para cualquier material en contacto con tejido potencialmente infeccioso y que no va a ser reutilizado es la incineración a temperaturas superiores a 800 °C, depositándose en contenedores especiales y siendo entregado a transportistas autorizados para llevar a cabo su incineración.

Siempre que sea posible, la mejor opción es la utilización de material desechable o sistemas de protección desechable para los equipos reutilizables. Si esto no es factible y el material de riesgo utilizado tuviera que ser necesariamente descontaminado para su reutilización, debe ser sometido al siguiente proceso:

- Limpieza: el material que esté destinado a su reutilización en otro paciente debe ser limpiado minuciosamente de manera manual, con el objetivo de eliminar toda la materia orgánica antes de ser sometido a cualquier proceso de inactivación.
  - El material debe ser sumergido durante 15 minutos en detergente desincrustante alcalino.
  - Si la limpieza no va a ser realizada de manera inmediata tras su uso, el material debe sumergirse en un medio húmedo, pudiendo ser una solución salina, agua o solución fenólica, hasta que se limpie y desinfecte.
  - Debe evitarse la utilización de alcohol, formalina, glutaraldehído y orto-ftalaldehído, puesto que pueden producir la fijación de las proteínas, estabilizando los priones y evitando su inactivación.
  - Se realizará una limpieza mecánica individual para despegar las partículas de materia orgánica adherida, evitando sostener el material debajo del grifo para evitar salpicaduras y aerosoles. Las personas encargadas de llevar a cabo este procedimiento deben estar convenientemente formadas sobre la técnica, riesgos y precauciones y deben portar los EPI frente a agentes biológicos necesarios para evitar el riesgo de transmisión.

- Los materiales que estén contaminados o en riesgo no deben ser introducidos directamente en lavadoras automáticas sin haber pasado antes por un proceso de descontaminación, y para utilizar de nuevo estas máquinas con otro tipo de materiales se deberá realizar antes un ciclo en vacío.
- Las soluciones utilizadas para el lavado tienen que someterse a una descontaminación "in situ" añadiendo hidróxido de sodio o hipoclorito sódico y posteriormente desecharlas como residuos de riesgo biológico.
- Los instrumentos que han sido utilizados para el lavado como estropajos, cepillos, etc., se deben destruir mediante incineración, considerándolos como materiales con alta capacidad infectante.
- Inactivación química: las soluciones utilizadas para la inactivación química de priones pueden ser agresivas con ciertos materiales, sobre todo con el metal, por eso deben ser manejados de manera cuidadosa. La inactivación química puede realizarse con las siguientes soluciones:
  - Hipoclorito sódico: utilizando una concentración de 20.000 ppm o 2 % de cloro libre, durante una hora, a una temperatura ambiental de 20 °C. Deben tenerse en cuenta las siguientes precauciones:
    - No debe usarse en superficies abiertas, debido a la posible liberación de cloro.
    - Corroe el metal y el acero.
    - Es incompatible con formaldehído, alcoholes y ácidos.
    - Es inactivado rápidamente por los restos proteicos.
    - La duración de las soluciones concentradas es de aproximadamente 2 - 3 semanas.
    - Las soluciones diluidas no son estables y deben prepararse diariamente.
  - Hidróxido sódico 2N: se utiliza a una concentración de 80 g por litro durante una hora. Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:
    - No debe usarse en aluminio o zinc.
    - Es irritante y corrosivo.
- Inactivación física: los procedimientos que son habitualmente utilizados en las centrales de esterilización actualmente, no son eficaces para la eliminación de los priones. Su eficacia depende del tipo de autoclave utilizado, pudiendo ser:

- Autoclave con prevacío: es el método más recomendable, utilizando un ciclo de 18 minutos de meseta a 134-138 °C. También puede ser sustituido por 6 ciclos seguidos de 3 minutos a la misma temperatura.
- Autoclave de desplazamiento gravitatorio: utilizando un ciclo de 132 °C durante una hora.

Las fases de descontaminación de material contaminado o de riesgo con priones debe realizarse de manera individual al resto de materiales. Una vez realizado el proceso, el material debe ser minuciosamente revisado y, si finalmente se evidencia materia orgánica, debe ser incinerado.

El uso de radiación electromagnética (ionizante, ultravioleta o microondas) a las dosis convencionales se ha mostrado ineficaz a la hora de inactivar los priones.

### DESINFECCIÓN DE LOCALES

La desinfección gaseosa de locales, por lo general, solo resulta necesaria en espacios de trabajo con niveles de contención 3 y 4, y cuando se dan determinadas circunstancias (por ejemplo, tras derrames o liberación accidental de material infeccioso, antes de sacar de la zona de contención grandes equipos, antes de realizar trabajos de mantenimiento en zonas o sistemas contaminados, etc.).

El método empleado se basa en la fumigación con formaldehído gaseoso que se obtiene calentando parafor-

maldehído. El procedimiento, muy peligroso, debe ser realizado por personal especialmente formado, manteniendo la norma de trabajo en parejas y utilizando los equipos de protección respiratoria adecuados.

El protocolo recomendado implica la despolimerización del paraformaldehído en el local, convenientemente sellado, para conseguir una concentración en aire de 10,6 g/m<sup>3</sup>. El proceso requiere una temperatura de al menos 21 °C y una humedad relativa del 70 %. Asimismo, se requiere el uso de indicadores biológicos para comprobar la eficacia del proceso. Tras un tiempo de contacto de al menos 6 horas, el formaldehído se neutraliza con carbonato de amonio antes de la ventilación del local. Tras el proceso, se deben controlar los niveles de formaldehído en el local y en las zonas adyacentes, y únicamente cuando no se detecte formaldehído en el ambiente, esa área se podrá considerar segura.

Otro método es el que utiliza peróxido de hidrógeno vaporizado como sustituto más seguro del empleo de formaldehído. Se realiza vaporizando una solución acuosa de peróxido de hidrógeno e insuflándola hacia el interior del local previamente sellado. No se requiere de aireación con posterioridad al tratamiento, porque el peróxido de hidrógeno rápidamente se descompone en oxígeno y agua. En ocasiones se colocan tiras de esporas estratégicamente en varios puntos de la habitación, para más tarde ser retiradas a fin de evaluar la efectividad del proceso. Como desventaja, este método es incompatible con materiales celulósicos y la potencial corrosión de dispositivos electrónicos.