

# Procedimientos en Microbiología Clínica

Recomendaciones de la Sociedad Española de  
Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica



**10a**

## Seguridad en el laboratorio de Microbiología Clínica

### Editores

Emília Cercenado Mansilla  
Rafael Cantón Moreno

### Coordinador

José L. Pérez Sáenz

### Autores

Juan Carlos Alados Arboledas  
Elia Gómez García de la Pedrosa  
José Leiva León  
José L. Pérez Sáenz  
Estrella Rojo Molinero



ISBN: 978-84-617-0438-5

**EDITORES:**

Emilia Cercenado Mansilla. Servicio de Microbiología. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid.

Rafael Cantón Moreno, Servicio de Microbiología. Hospital Universitario Ramón y Cajal e Instituto Ramón y Cajal de Investigación Sanitaria (IRYCIS). Madrid.

**SUGERENCIA DE CITACIÓN:**

Alados Arboledas JC, Gómez García de la Pedrosa E, Leiva León J, Pérez Sáenz JL, Rojo Molinero E. Seguridad en el laboratorio de Microbiología Clínica. 10a. Pérez Sáenz JL (coordinador). Procedimientos en Microbiología Clínica. Cercenado Mansilla E, Cantón Moreno R (editores). Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (SEIMC). 2014.

**AVISO:**

Reservados todos los derechos. Los documentos SEIMC o cualquiera de sus partes no podrán ser reproducidos, almacenados, transmitidos, distribuidos, comunicados públicamente o transformados mediante ningún medio o sistema sin la previa autorización de sus responsables, salvo excepción prevista por la ley. Cualquier publicación secundaria debe referenciarse incluyendo “Este documento ha sido elaborado por la SEIMC (Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica) y su contenido puede encontrarse en la página web [www.seimc.org](http://www.seimc.org)”

# Procedimientos en Microbiología Clínica

Recomendaciones de la Sociedad Española de  
Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica

Editores:

Emília Cercenado Mansilla  
Rafael Cantón Moreno

## 10a. SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA CLÍNICA. 2014

Coordinador:

José L. Pérez Sáenz<sup>1</sup>

Autores:

Juan Carlos Alados Arboledas<sup>2</sup>  
Elia Gómez García de la Pedrosa<sup>3</sup>  
José Leiva León<sup>4</sup>  
José L. Pérez Sáenz<sup>1</sup>  
Estrella Rojo Molinero<sup>1</sup>



## ÍNDICE DEL DOCUMENTO CIENTÍFICO

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1.	Aspectos orgaizativos y normativos: salud laboral .....	7
1.1.1.	Exámenes de salud del personal .....	8
1.1.2.	Responsabilidades .....	8
1.2.	Manual de Seguridad .....	8
1.3.	Plan de Emergencia .....	9
<b>2.</b>	<b>Identificación de peligros en el laboratorio de microbiología.....</b>	<b>11</b>
2.1.	Riesgos físicos, psicosociales y relacionados con la ergonomía.....	11
2.1.1.	Principales riesgos físicos .....	11
2.1.2.	Riesgo relacionado con la ergonomía .....	11
2.1.3.	Riesgo psicosocial.....	12
2.1.4.	Evaluación del riesgo .....	12
2.2.	Riesgos químicos .....	13
2.2.1.	Fichas de datos de seguridad.....	14
2.2.2.	Evaluación de riesgos.....	14
2.3.	Riesgo biológico.....	15
2.3.1.	Principios básicos y definiciones.....	15
2.3.2.	Clasificación de patógenos por grupos de riesgo .....	16
2.3.3.	Niveles de contención según riesgo biológico.....	16
<b>3.</b>	<b>Evaluación del riesgo biológico.....</b>	<b>17</b>
3.1.	Consideraciones generales.....	17
3.1.1.	Factores a tener en cuenta en la evaluación del riesgo .....	18
3.1.2.	Aproximación práctica a la evaluación de riesgos biológicos y medidas de protección .....	18
3.2.	Transmisión por la vía aérea.....	19
3.3.	Transmisión parenteral, cutánea y por mucosas .....	20
3.4.	Transmisión de patógenos por vía oral.....	21
3.5.	Zoonosis y trabajo en el laboratorio de Microbiología.....	21
3.6.	Microorganismos modificados genéticamente y cultivos celulares .....	22
3.7.	Toxinas biológicas .....	22
3.8.	Inventario y fichas de datos de seguridad de agentes biológicos .....	22
<b>4.</b>	<b>Prevención y control: fundamentos teóricos.....</b>	<b>23</b>
4.1.	Prácticas y técnicas microbiológicas .....	23
4.2.	Barreras primarias .....	24
4.2.1.	Equipos de protección individual .....	24
4.2.2.	Cabinas de seguridad biológica.....	24
4.2.3.	Campanas de gases .....	25
4.3.	Barreras secundarias.....	26
4.3.1.	Diseño del laboratorio.....	26
4.3.2.	Señalización .....	26
4.3.3.	Medidas de contención .....	27

<b>5.</b>	<b>Prevención y control: aspectos prácticos .....</b>	<b>30</b>
5.1.	Recomendaciones generales de trabajo en un laboratorio de Microbiología Clínica .....	30
5.2.	Vigilancia de la salud .....	30
5.3.	Control de riesgos físicos, psicosociales y relacionados con la ergonomía: recomendaciones prácticas	31
5.3.1.	Uso seguro de equipos de laboratorio .....	32
5.4.	Control de riesgos químicos: recomendaciones prácticas.....	34
5.5.	Control del riesgo biológico .....	35
5.5.1.	Buenas prácticas de manipulación: consejos prácticos .....	35
5.5.2.	Prevención de la transmisión por vía aérea .....	35
5.5.3.	Prevención de la transmisión parenteral, cutánea y por mucosas .....	35
5.5.4.	Prevención de la transmisión por vía oral .....	36
5.5.5.	Prevención de la transmisión por manipulación de animales de laboratorio.....	36
5.6.	Emergencias y accidentes.....	36
5.6.1.	Conato de emergencia .....	36
5.6.2.	Normas de actuación en caso de accidente .....	38
<b>6.</b>	<b>Gestión de residuos .....</b>	<b>39</b>
6.1.	Clasificación de residuos según su peligrosidad .....	39
6.2.	Gestión de residuos biológicos.....	39
6.2.1.	Definiciones y aspectos generales .....	39
6.2.2.	Manipulación de residuos peligrosos desde la óptica práctica .....	40
6.3.	Gestión de residuos químicos.....	41
6.4.	Citostáticos .....	42
6.5.	Residuos radiactivos .....	43
6.6.	Almacenamiento de residuos.....	43
6.7.	Normas de actuación en caso de accidente durante la manipulación de residuos .....	43
<b>7.</b>	<b>Almacenamiento, transporte y envío de material biológico .....</b>	<b>43</b>
7.1.	Almacenamiento de materiales biológicos .....	43
7.2.	Transporte y envío: aspectos generales y normativos .....	44
<b>8.</b>	<b>Normativa legal.....</b>	<b>45</b>
<b>9.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>46</b>
9.1.	Bibliografía general .....	46
9.2.	Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo .....	47

## DOCUMENTOS TÉCNICOS

1. PNT-SL-01. Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica
2. PNT-SL-02. Gestión de residuos
3. PNT-SL-03. Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias
4. PNT-SL-04. Emergencias internas: derrames

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los agentes infecciosos que pueden ser patógenos para el hombre, los animales u otras formas de vida comporta riesgos que varían según el agente infeccioso y los procedimientos utilizados. Las normas de seguridad biológica pretenden reducir a un nivel aceptable el riesgo inherente a la manipulación del material peligroso, siendo muy rigurosas para los agentes más peligrosos y menos exigentes para los que causan problemas de menor entidad. Deben ser consideradas como compromisos destinados a conseguir que las personas que trabajan con agentes infecciosos en el laboratorio de Microbiología Clínica estén expuestas al mínimo riesgo posible, pero también para los visitantes e incluso para la comunidad. En nuestro país, la protección de los trabajadores frente a los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos está regulada por el Real Decreto (RD) 664/97 y la adaptación contenida en la Orden de 25 de marzo de 1998.

Por otra parte, el personal del laboratorio de Microbiología está expuesto a riesgos no biológicos (químicos y físicos) comunes a otros laboratorios. Entre las personas ajenas al trabajo en Microbiología Clínica, e incluso entre los propios trabajadores, existe la percepción muy extendida de que el riesgo más importante es el biológico, cuando la experiencia y las estadísticas demuestran que los accidentes más frecuentes son los físicos y químicos. Por lo tanto, es fundamental que las personas que trabajan allí sean conscientes de cuáles son los peligros reales, tanto en la vertiente teórica como en la práctica.

La razón de por qué los accidentes biológicos son menos frecuentes radica, precisamente, en la percepción del riesgo y en el entrenamiento específico. La actitud y el modo de proceder de aquellos que trabajan en el laboratorio de Microbiología determinan su propia seguridad, pero también la de sus compañeros, los visitantes e, incluso, la de la colectividad. El equipamiento y el diseño del laboratorio contribuyen a ésta sólo si las personas que trabajan en él están motivadas, conocen las normas de seguridad y las aplican.

Salvo en los laboratorios que trabajan con patógenos de alta peligrosidad, el riesgo real en los laboratorios de Microbiología es muy bajo, y ello se ha conseguido sin necesidad de buscar soluciones complejas o costosas. En la práctica, el riesgo depende básicamente de la motivación del personal, de la infraestructura y de

la metodología. De nada sirven la mejor ingeniería sanitaria, un óptimo diseño arquitectónico o la tecnología más avanzada si el personal desconoce o incumple las medidas establecidas para su seguridad.

La formación es, pues, la clave de la eficacia de los programas de seguridad y ésta debe ser facilitada a todas las personas que están expuestas a los riesgos del laboratorio: personal técnico y administrativo, de mantenimiento, de limpieza, etc. A su vez, los trabajadores deben responsabilizarse de su propia seguridad y de la de sus compañeros una vez las normas de seguridad han sido establecidas, aprobadas, escritas y asumidas.

Un programa de seguridad gestionado por profesionales bien entrenados, con un alto grado de participación por parte de los trabajadores, puede llevar no sólo a una disminución del número de lesiones y enfermedades, sino también a un incremento de la satisfacción del trabajador y de la productividad. Es necesario por tanto estimular, desarrollar e implantar programas de seguridad y salud efectivos.

El presente documento actualiza el procedimiento de Seguridad en el Laboratorio de Microbiología Clínica de 2000 (procedimiento nº 10) incluido en la primera edición de los Procedimientos en Microbiología Clínica ([www.seimc.org](http://www.seimc.org)). Para su elaboración ha contado con la participación del Grupo de Gestión en Microbiología (GEGMIC-SEIMC) y los documentos técnicos y manuales de este grupo. [http://seimc.org/grupodeestudio.php?Grupo=GEGMIC&mn\\_Grupoid=7&mn\\_MP=210&mn\\_MS=211](http://seimc.org/grupodeestudio.php?Grupo=GEGMIC&mn_Grupoid=7&mn_MP=210&mn_MS=211)

### 1.1. ASPECTOS ORGANIZATIVOS Y NORMATIVOS: SALUD LABORAL

Deben existir normas escritas sobre salud y seguridad en el lugar de trabajo, incluyendo programas de inspección y monitorización (Manual de Seguridad) y normas de adiestramiento para trabajar de forma segura (Plan de Formación en Seguridad). La vigilancia de la salud de los trabajadores está regulada por ley. Los que desarrollan su labor en un laboratorio de Microbiología deben someterse a los mismos exámenes que el resto de personal. Aquéllos que estén expuestos a un riesgo determinado deben formar parte de programas apropiados de reconocimiento médico adicionales. Igualmente, cualquier exposición que suponga un riesgo de accidente deberá originar el inicio de una investigación específica y la práctica de las

medidas de terapéuticas o de prevención postexposición oportunas.

### 1.1.1. Exámenes de salud del personal

Los reconocimientos médicos son particularmente importantes para el personal, puesto que los trabajadores pueden estar expuestos a numerosos agentes biológicos, físicos y químicos. Estos exámenes incluirán los siguientes bloques de información: a) historia clínica y ocupacional previa, b) exámenes físicos previos, c) pruebas complementarias fundamentadas y d) plan de seguimiento.

En definitiva, habrán de aplicarse los Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica de los Trabajadores Expuestos a Riesgos Biológicos, elaborados por el Ministerio de Sanidad, como de obligado cumplimiento para todas aquellas empresas o laboratorios que manejen agentes biológicos.

### 1.1.2. Responsabilidades

De acuerdo con el RD 39/97 sobre “Reglamento de los Servicios de Prevención”: la prevención de los riesgos laborales como actuación a desarrollar dentro de cualquier empresa deberá integrarse en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en las que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, incluidos todos los niveles de la misma.

Según el RD 664/97, el responsable inmediato de la seguridad y condiciones de trabajo en el laboratorio de Microbiología Clínica es el Jefe del Servicio o del laboratorio. Debe supervisar y mantener actualizado el Manual de Seguridad entregado a todos los trabajadores del laboratorio, con constancia por escrito de este hecho. Es, también, el responsable último de la formación.

El Coordinador o Supervisor de Seguridad es el responsable del cumplimiento diario de dicho Manual, así como del registro de todos los incidentes. En consecuencia, desde el punto de vista organizativo y legal, se debe proceder al nombramiento de esta figura en una persona concreta. Por lo general, es la Supervisión del laboratorio quien asume estas funciones.

Tanto el Jefe del Laboratorio como el Supervisor de Seguridad deberán tener una estrecha relación con el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales, a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y salud de los trabajadores. Aunque las actividades de

salud laboral forman parte de esquemas organizativos generales de las instituciones sanitarias, tanto el Jefe de Servicio como la Supervisión deberán facilitar, publicar y estimular la participación de los trabajadores en dichas actividades (por ejemplo, los programas de inmunización, las revisiones de salud periódicas, etc.).

## 1.2. MANUAL DE SEGURIDAD

En todo laboratorio de Microbiología Clínica debe existir un Manual de Seguridad porque todo el personal tiene el derecho y el deber de conocer en profundidad los riesgos de su profesión. Es imposible protegerse de lo que se desconoce, de ahí la importancia de este Manual, su revisión periódica, su entrega con acuse de recibo a todo el personal del laboratorio y, sobre todo, la vigilancia de su cumplimiento.

La formación y la información de las personas que desarrollan su labor en el laboratorio de Microbiología son herramientas fundamentales en la prevención de accidentes de todo tipo. Dentro de este tipo de actividades, el Manual de Seguridad ocupa un lugar central. Un buen Manual debe contemplar aspectos teóricos y prácticos y suministrar información de todos aquellos riesgos y peligros presentes en cada laboratorio.

Sin embargo, a la hora de elaborarlo, nos encontramos con una serie de dificultades prácticas que pueden convertirlo en un mero documento protocolario. Una primera dificultad es su extensión, derivada de los numerosos aspectos que debe abarcar. Es bien sabido que un documento extenso crea rechazo de entrada en quienes deben consultarlo. Para evitar esto, lo primero que hay que hacer es estructurarlo de una forma lógica. La elaboración de un índice meditado es fundamental, de manera que guíe al lector por una trayectoria coherente. Por ejemplo, la inclusión de todos los capítulos de base teórica al principio del documento pueden llevar a obviar su lectura, cuando muchas veces son cruciales para comprender por qué se hacen las cosas de una determinada manera, como se muestra en los capítulos de recomendaciones prácticas.

Un buen formato visual también nos puede ayudar a la hora de hacer del Manual un documento vivo y consultable. Su redacción debe ser simple y directa, apoyándose, cuando sea posible, en tablas, gráficos y figuras, o cualquier otro recurso gráfico. Los servicios de diseño audiovisual, por lo general disponibles en muchos hospitales, pueden ser muy útiles para ese objetivo.



Por su propia naturaleza, la actividad de un laboratorio de Microbiología es dinámica (introducción de nuevas técnicas, cambios de metodología, de diseño, etc.). En consecuencia, la revisión periódica del Manual de Seguridad resulta obligada. Asimismo, no hay dos laboratorios iguales; si queremos que el Manual responda en la práctica a su verdadero objetivo (la utilidad real), tendremos que adaptarlo a los requisitos específicos de cada laboratorio.

Tratando de dar respuesta a estos requisitos prácticos, el Grupo de Gestión en Microbiología (GEGMIC-SEIMC) elaboró hace unos años un modelo genérico de Manual de Seguridad estructurado en capítulos individuales a modo de fascículos en formato normalizado. Con ello se perseguía dotar al documento de una agilidad a la hora su consulta, pero también poder dar respuesta a los continuos cambios que se producen en el laboratorio obviando la complejidad de editar un documento único y extenso (añadir o modificar capítulos individuales es más sencillo). Este Manual está disponible en la página web de la SEIMC ([www.seimc.org](http://www.seimc.org)) y, por su propia naturaleza, debe ser objeto de revisión teórica. Este documento pretende ser el punto de partida para que cada laboratorio de Microbiología en España elabore el suyo propio.

### 1.3. PLAN DE EMERGENCIA

Emergencia es todo suceso que aparece de forma imprevista en cualquier lugar o actividad, de causa diversa y gravedad variable, y que requiere una acción inmediata. Para que un suceso sea considerado emergencia, éste debe ser incontrolado, suponer un riesgo importante, causar lesiones a las personas o daños en las instalaciones y exigir la actuación de una organización interna o externa para su control. Según la gravedad, las emergencias en un hospital se clasifican en:

- **Conato de emergencia:** cuando el accidente que puede ser valorado, controlado y dominado de forma sencilla y rápida por el personal y medios de protección disponibles en el local, dependencia o zona. Se resuelve sin mayores complicaciones y no hay necesidad de proceder a la evacuación.
- **Emergencia parcial:** es el accidente que, para ser dominado, requiere la actuación de los equipos de emergencia del hospital. Queda limitado a un sector, sin afectar a sectores colindantes ni a terceras personas. Implica la evacuación del sector.

- **Emergencia general,** cuando se precisa de la actuación de todos los equipos de emergencia del hospital y la ayuda de medios de socorro y salvamento externos (bomberos, policía, otros centros sanitarios, etc.). Implica la evacuación total o parcial del hospital.

Según su localización, las emergencias se clasifican en:

- **Internas,** que son aquellas que ocurren dentro de las instituciones hospitalarias, comprometiendo su estructura y la integridad del personal, los pacientes y sus familiares.
- **Externas,** las que se producen fuera de las instalaciones hospitalarias, ocasionando una demanda asistencial superior a la ordinaria, y haciendo insuficientes los recursos, lo cual implica una organización interna diferente a la habitual que permita satisfacer tal demanda.

Para hacer frente a las emergencias internas, resulta necesario llevar a cabo de forma rápida, coordinada y eficaz, una toma de decisiones y una serie de actuaciones dirigidas a contrarrestar el riesgo de modo que, sobre la base de dicha actuación, se obtenga una incidencia mínima o nula sobre las personas, las instalaciones y la continuidad de las actividades del hospital. Como parte de todo ello, el laboratorio de Microbiología debe disponer de un Plan de Emergencia que puede estar incluido en el del edificio o centro sanitario en el que se halle ubicado. Si se trata del laboratorio de un hospital, existen normativas específicas sobre el desarrollo de los planes de emergencia de este tipo de edificios. El desarrollo de un Plan de Emergencia lleva implícita una política sobre protección de incendios, evacuación y señalización contenida en la NBE-CPI/96 y en los RRDD 485/1997 sobre señalización y 486/97 sobre lugares de trabajo. Asimismo, requiere contemplar la evaluación del riesgo, sistemas de alerta, los medios de protección existentes, la información a los servicios de emergencia externos, un programa de implantación con simulacros periódicos para comprobar la eficacia del plan, la organización de un equipo de primera intervención, etc.

Un Plan de Emergencia es un conjunto de medidas destinadas a hacer frente a las situaciones de riesgo de un laboratorio, minimizando los efectos sobre las personas y bienes y garantizando la evacuación segura si fuera necesario. Los planes de emergencia deben incluir respuesta a eventos tales como accidentes, in-

cendios, explosión, amenaza de bomba, fuga o derrame de productos, así como inundaciones, terremotos y otras emergencias de origen natural. Los objetivos de un Plan de Emergencia son:

- Prevenir el riesgo de incendio o cualquier otro que obligue a evacuar el edificio.
- Procurar la evacuación inmediata del edificio, planta o unidad.
- Organizar la intervención rápida.
- Colaborar con las ayudas exteriores en caso de que resulten necesarias.
- Organizar simulacros de evacuación para así poder garantizar el entrenamiento de todos los ocupantes del edificio y, en especial, el de los miembros responsables de la prevención.

Al confeccionar un Plan de Emergencia es preciso tener en cuenta el control de acceso a las diferentes áreas de laboratorio y los distintos niveles de contención del mismo, así como las vías de evacuación. La sistemática aconsejable para resolver las emergencias internas es la siguiente:

- Detección y comprobación de la emergencia.
- Alerta a los servicios de ayuda exterior (bomberos, policía, etc.).
- Activación, si procede, de los equipos de evacuación.
- Evacuación, cuando sea necesaria, de las zonas afectadas y de las que pudieran estarlo en potencia.
- Intervención con los medios personales y técnicos disponibles y recepción, información y traspaso del siniestro a los servicios externos.

Previamente a cualquier acción deben haberse tomado una serie de medidas preventivas en lo que respecta a la actuación establecida ante una situación imprevista. Para la implantación del conjunto de medidas incluidas en el Plan de Emergencia se designarán un número suficiente de personas que constituirán los diferentes equipos de emergencia. Estas personas recibirán la formación correspondiente y dispondrán de los recursos necesarios así como del material adecuado a tal función. Un Plan de Emergencia debe constar de los siguientes elementos:

- Organización, que debe incluir un Jefe de Emergencia, Jefe de Intervención, Equipo de Primera Intervención y Equipo de Segunda Intervención.
- Sistema de Aviso de emergencia.
- Plan de Evacuación.

- Lista de teléfonos de emergencia.

En el laboratorio de Microbiología debe ser designado un Supervisor de Seguridad y un Equipo de Primera Intervención. Los componentes del Equipo Primera Intervención son los encargados de intentar controlar la emergencia en un primer momento. Son los encargados de activar la alarma y de dirigir la evacuación, situándose en puntos estratégicos para guiarla, y asegurándose de que no quede nadie dentro de la zona de evacuación. Serán nombrados en cada zona. Su actuación será suficiente para controlar un conato de emergencia. Asimismo, el Plan de Emergencia debe contar con un inventario de medios materiales y de recomendaciones en cuanto a los sistemas y medidas de emergencia. En el caso de un laboratorio, debe disponer de equipos de protección individual, duchas de seguridad, fuentes lavajos, mantas ignífugas, extintores, neutralizadores y equipos de ventilación de emergencia. Su instalación, junto con la existencia de un programa de mantenimiento y uso, es una exigencia del Plan de Emergencia.

La empresa, a través del responsable del laboratorio, será a su vez la responsable última de poner en práctica las medidas de emergencia según los criterios del Plan de Emergencia. Una vez realizada la difusión de dichas medidas a todo el personal, y dentro del Programa Anual de Actividades Preventivas, se establecerá la periodicidad de realización de ejercicios o simulacros bajo la dirección del Jefe de Emergencia. Este Programa determinará los plazos de la implantación de las medidas de emergencia. Para ello contará con la adquisición de los medios necesarios, la formación del personal, la exposición de carteles informativos, la distribución de la documentación general y específica al personal, y con la realización de prácticas y simulacros.

Además de los aspectos generales del Plan de Emergencia, en los laboratorios debe existir una serie de situaciones específicas para las que debe disponerse de un plan concreto de actuación. Entre estas situaciones se encuentran los vertidos, la atmósfera contaminada, los incendios y accidentes como las salpicaduras en los ojos y piel, pérdida de conocimiento por fuga tóxica, electrocución, quemaduras térmicas, intoxicaciones digestivas, etc. Cualquier accidente se notificará al responsable de seguridad del laboratorio, quien llevará un registro de los mismos, donde se anotarán las características del evento adverso y las medidas tomadas, las personas involucradas y los procedimientos de actuación.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

### 2.1. RIESGOS FÍSICOS, PSICOSOCIALES Y RELACIONADOS CON LA ERGONOMÍA

#### 2.1.1. Principales riesgos físicos

Factores de riesgo físico son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que al actuar sobre el trabajador pueden provocarle efectos adversos a la salud, dependiendo de la intensidad, tiempo de exposición y concentración de los mismos. Su origen está en los distintos elementos del entorno de los lugares de trabajo. Los principales factores de riesgo físico a los que se ve sometido el trabajador del laboratorio de Microbiología son ruido, iluminación, temperaturas extremas (frío, calor), electricidad y radiaciones no ionizantes.

**Ruido** es un sonido no deseado. Su peligrosidad radica en la intensidad y tiempo de exposición. La exposición al ruido puede llevar consigo pérdidas irreversibles de la audición, efectos fisiológicos (alteración del sueño, irritabilidad, cansancio, etc.) y estrés. Puede interactuar con otros factores de riesgo e incrementar el peligro al que están expuestos los trabajadores (por ejemplo, puede neutralizar las señales acústicas de peligro). Las fuentes de ruido en el laboratorio de Microbiología son, fundamentalmente, las centrifugas, autoanalizadores, cabinas de seguridad y agitadores. Las ondas de alta frecuencia de los sonicadores también pueden tener efectos dañinos.

**Iluminación.** El exceso o defecto de luz puede provocar la pérdida de agudeza visual, errores por deslumbramientos debido a contrastes muy acusados o fatiga visual, además de accidentes.

**Temperatura extremas.** En el laboratorio se realizan procesos que se desarrollan a temperaturas extremas:

- Frío: la utilización de líquidos criogénicos, como el nitrógeno líquido, implica, además de congelaciones por bajas temperaturas o quemaduras por derrame, riesgos relacionados con la inflamabilidad o corrosividad de algunos de ellos. Es necesario extremar las precauciones en las operaciones de transporte, llenado de contenedores y almacenamiento.
- Calor. La utilización de mecheros en los procesos de siembra y de equipos que presentan elevada temperatura como autoclaves, hornos, baños de calentamiento, mantas calefactoras, etc., pueden

producir accidentes por sobrecalentamiento así como quemaduras graves, fuego y explosiones.

**Electricidad.** Es una de las formas de energía más utilizada en el laboratorio de Microbiología, indispensable en la mayoría de las actividades, pero que presenta importantes riesgos. Los riesgos asociados a la utilización de instrumental eléctrico son la electrocución (por contacto directo o indirecto), incendio y explosión. También, como consecuencia del choque eléctrico, existe riesgo de quemaduras, caídas y golpes. Contacto directo es el que se produce con las partes activas de la instalación. Contacto indirecto es el que se produce con masas puestas accidentalmente en tensión.

**Radiación no ionizante.** Radiación óptica es toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. Se divide en tres bandas espectrales: ultravioleta, visible e infrarroja. Está regulada por el RD 486/2010 sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales. Los riesgos para la piel y los ojos, asociados a la exposición a la radiación ultravioleta son: fotoqueratitis, fotoconjuntivitis, cataratas, eritema, elastosis y cáncer de piel. Los efectos de la exposición a radiación visible e infrarroja se manifiestan provocando en la piel un incremento de la temperatura y daños en la retina a través de mecanismos térmicos y fotoquímicos.

Los dispositivos láser usan un tipo particular de fuente de radiación óptica artificial. Los riesgos de la exposición a radiación láser dependen del tipo, siendo los tipos 3B y 4 los que entrañan mayor riesgo. La radiación láser tipo 3B puede causar daños oculares y el tipo 4 entraña riesgo para los ojos y la piel además de riesgo de incendio.

La radiofrecuencia y microondas se utilizan de forma creciente en el laboratorio de Microbiología en la preparación de medios de cultivo. Los efectos que producen en los seres vivos se clasifican, según su origen, en efectos térmicos y efectos no térmicos. Los principales efectos térmicos son hipertermia, quemaduras, cataratas y esterilidad. Como efectos no térmicos se han descrito alteraciones celulares, cromosómicas y genéticas, del ritmo cardíaco y de la tensión arterial, sobre la audición, sobre el comportamiento de los individuos, etc.

#### 2.1.2. Riesgo relacionado con la ergonomía

La ergonomía trata de adecuar el lugar de trabajo a las características, limitaciones y necesidades de los

trabajadores para mejorar su seguridad y salud. Uno de los principales objetivos de la ergonomía es conseguir que el puesto donde se realizan las tareas y el ambiente en el que está inmerso el trabajador reúnan las características precisas para evitar lesiones y enfermedades habituales. Es importante que el puesto de trabajo esté bien diseñado, teniendo en cuenta al trabajador y la tarea que va a realizar, a fin de que se lleve a cabo cómoda y eficientemente. Se pretende evitar las enfermedades relacionadas con unas condiciones laborales deficientes, a la vez que asegurar una mayor productividad en el trabajo.

Las consecuencias de adoptar posturas corporales incómodas debidas a un puesto de trabajo mal diseñado son lesiones en la espalda, problemas circulatorios en las piernas, lesiones por esfuerzos repetitivos, etc. Las principales causas de estos problemas son: asientos mal diseñados, permanecer en pie durante mucho tiempo, tener que alargar demasiado los brazos para alcanzar los objetos, una iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado a los objetos, el empleo repetitivo a lo largo del tiempo de equipos vibratorios y la movilización de cargas pesadas.

En el laboratorio de Microbiología, debido a su informatización, es frecuente el trabajo prolongado con pantallas de datos. Los trabajadores que habitualmente las manejan pueden presentar fatiga visual, dolor cervical, dorsal y lumbar, ansiedad, irritabilidad, trastornos del sueño y estrés. La manipulación y el transporte manual de cargas constituyen un problema específico que puede provocar molestias o lesiones, sobre todo en la espalda, siendo un factor importante de sobrecarga muscular.

### 2.1.3. Riesgo psicosocial

Factor de riesgo psicosocial laboral es el hecho, acontecimiento, situación o estado que es consecuencia de la organización del trabajo, que tiene una alta probabilidad de afectar a la salud del trabajador y cuyas consecuencias son o pueden ser importantes. Los factores de riesgo psicosocial más importantes son el estrés, la violencia y el acoso. El estrés es, probablemente, el principal factor, ya que es una de causa frecuente de baja laboral, está ampliamente extendido y en continuo aumento. La Comisión Europea define el estrés laboral como “un patrón de reacciones emocionales, cognitivas, fisiológicas y de comportamiento a ciertos aspectos adversos o nocivos del contenido del trabajo, organización del trabajo y el medio ambiente de trabajo”.

Numerosos investigadores han demostrado que existe una influencia de ciertas características personales en la producción de estrés. Entre sus factores desencadenantes podemos destacar la sobrecarga de trabajo, la repetitividad, el ritmo de trabajo, las relaciones personales, la inseguridad en el trabajo, la promoción, los cambios en la organización y responsabilidad, etc. No existe una legislación específica acerca del estrés laboral, pero sí planteamientos legales generales de tipo laboral que aluden a los límites de la carga de trabajo.

Ante una situación estresante, el individuo desarrolla una serie de reacciones fisiológicas y emocionales inadecuadas. Entre las reacciones fisiológicas destacan la hipertensión arterial, taquicardia, sequedad de boca, dilatación de las pupilas y dificultad para respirar. Las reacciones emocionales más importantes son la ansiedad, apatía, depresión, fatiga, frustración, irritabilidad y mal humor, baja autoestima y nerviosismo. En determinadas circunstancias, estas reacciones pueden llevar a la drogadicción, excesiva ingestión de alimentos o pérdida de apetito, consumo excesivo de alcohol o tabaco, etc.

### 2.1.4. Evaluación del riesgo

El laboratorio debe realizar la evaluación inicial de riesgos, actualizarla periódicamente cuando cambien las condiciones de trabajo y siempre que se detecten daños para la salud. Los factores a considerar en la evaluación de los riesgos físicos en el laboratorio son el empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos, los malos hábitos de trabajo y mal uso de los aparatos, el empleo de material de laboratorio inadecuado o de mala calidad, las instalaciones defectuosas y el diseño no ergonómico, así como la falta de espacio.

**Ruido.** En general, los niveles de ruido producidos en el laboratorio son bajos, a no ser que el funcionamiento los aparatos generadores sea defectuoso. El RD 286/2006 establece un límite inferior de exposición en 80 dB (A), por debajo del cual no se necesita protección; si se supera este umbral sin alcanzar los 85 dB (A) es aconsejable iniciar una acción correctiva, aunque no de forma obligatoria. Por encima de 85 dB (A) se deben adoptar obligatoriamente medidas de protección. Las mediciones se realizan mediante sonómetros.

**Iluminación.** La evaluación de la iluminación se realiza mediante la medición de los niveles de iluminación, la identificación de deslumbramientos, reflejos molestos, desequilibrio de la luminancia, sombras y parpadeos

molestos y un inadecuado mantenimiento. De acuerdo con el RD 486/1997, se considera que el nivel de iluminación general adecuado para el laboratorio es de 500 lux. Cuando los niveles de exigencia visual de la tarea sean muy altos, el nivel de iluminación mínimo es de 1000 lux.

**Temperaturas extremas.** Se debe comprobar que los instrumentos y equipos que generan temperaturas extremas dispongan de termómetros y termostatos que controlen la temperatura y de que su funcionamiento es adecuado. Asimismo, debe disponerse de equipos que permitan el trabajo con materiales a temperaturas extremas (guantes, pantallas faciales, pinzas, ropa adecuada, etc.). También debe comprobarse que las partes del equipo expuestas a temperaturas extremas estén convenientemente protegidas con material aislante y el peligro debidamente señalado.

**Riesgo eléctrico.** La evaluación de riesgos se dirigirá a comprobar si los equipos o instalaciones son los adecuados para evitar que los trabajadores puedan sufrir contactos eléctricos directos o indirectos. Esto implica comprobar la adecuación de los equipos e instalaciones a las condiciones en que se utilizan (locales mojados, atmósferas explosivas, etc.), si disponen de las medidas de prevención necesarias para evitar el riesgo de accidente eléctrico (esencialmente, medidas de prevención en el origen), si se tiene en cuenta el cumplimiento de la normativa específica recogida en el RD 614/2001 y si los trabajadores disponen de la formación e información adecuadas para el uso de los equipos e instalaciones. La evaluación de los riesgos permitirá determinar si las características, forma de utilización y mantenimiento de las instalaciones eléctricas, así como las técnicas y procedimientos empleados para trabajar en ellas o en su proximidad, se ajustan a lo establecido en el citado RD y en cualquier otra normativa específica que sea de aplicación.

**Radiaciones no ionizantes.** El artículo 6 del RD 486/2010 dispone que, cuando haya trabajadores expuestos a fuentes artificiales de radiación óptica, se deberá evaluar los niveles de esta radiación, de manera que puedan definirse y ponerse en práctica las medidas necesarias para reducir la exposición a los límites aplicables. Al evaluar los riesgos, se tendrá en cuenta: a) el nivel e intervalo de longitudes de onda, b) la duración de la exposición a fuentes artificiales de radiación óptica, c) los valores límite de exposición establecidos en el artículo 5 de dicho RD, d) los posibles efectos en la salud y la seguridad de los trabajadores, e) los efectos indirectos, como el deslumbramiento

temporal, la explosión o el incendio, f) la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a radiaciones ópticas artificiales, g) la exposición a múltiples fuentes de radiaciones ópticas artificiales, y h) la información facilitada por los fabricantes de fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo de conformidad con las directivas comunitarias aplicables.

**Riesgo relacionado con la ergonomía y riesgo psicosocial.** La evaluación de los riesgos ergonómicos y psicosociales requiere el análisis de todos los factores físicos, cognitivos, organizacionales y ambientales que pueden afectar la eficacia, seguridad y bienestar del trabajador en su puesto de trabajo. Por tanto, requerirá el análisis de los riesgos relacionados con el espacio de trabajo, el mobiliario, puesto de ordenador, complementos ergonómicos, carga visual, carga postural, manejo y manipulación de cargas, iluminación, ruido, condiciones ambientales y factores psicosociales. La metodología es observacional y mediante encuestas, aunque cuando se realizan trabajos repetitivos se requiere además la realización de mediciones adicionales.

## 2.2. RIESGOS QUÍMICOS

La identificación del riesgo químico es el punto de partida de la correcta gestión de la seguridad y la salud en el laboratorio.

Cualquier manipulación de un producto químico presenta siempre una serie de peligros para la salud o el medio ambiente relacionados con sus propiedades. Cuando la sustancia química es peligrosa para la salud humana hablamos de riesgo tóxico. Los efectos de estas sustancias sobre el organismo se especifican en la tabla 1.

Estos efectos pueden ser transitorios o permanentes y manifestarse de forma aguda, a medio plazo o crónica. La toxicidad de una sustancia depende de varios factores, como su composición química, estado físico y dosis, así como del estado fisiológico y de la susceptibilidad individual.

Los agentes implicados con mayor frecuencia en los accidentes químicos en un laboratorio de Microbiología son los ácidos y bases, seguidos de los productos inflamables (alcoholes y cetonas) y de los colorantes. Otras sustancias que pueden estar implicadas, aunque su uso se ha limitado, son el bromuro de etidio, fenol, éter etílico y formaldehído. En consecuencia, es

Tabla 1. Efectos tóxicos de los productos químicos habituales en un laboratorio.

Corrosivo	Asfixiante	Cancerígeno
Irritante	Anestésico o narcótico	Mutágeno
Neumoconiótico	Sensibilizante	Teratógeno

Tabla 2. Información a incluir en una ficha de datos de seguridad.

Identificación de la sustancia o preparado y del proveedor  
 Composición/información de los componentes  
 Identificación de los peligros  
 Primeros auxilios  
 Medidas de lucha contra incendios  
 Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental  
 Manipulación y almacenamiento  
 Control de exposición/protección individual  
 Propiedades físicas y químicas  
 Estabilidad y reactividad  
 Informaciones toxicológicas  
 Informaciones ecológicas  
 Consideraciones relativas a la eliminación  
 Informaciones relativas al transporte  
 Informaciones reglamentarias  
 Otras informaciones<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Por ejemplo, consejos relativos a la formación, usos recomendados y restricciones, referencias escritas, fuentes de los principales datos y fecha de emisión

conveniente que el laboratorio disponga de un inventario de productos químicos, incluso de un mapa de riesgos químicos, además de las fichas de datos de seguridad.

### 2.2.1. Fichas de datos de seguridad

Las fichas de datos de seguridad de los productos son documentos obligatorios con carácter legal. En el caso de los centros públicos, la adquisición de cualquier producto requiere la inclusión de las fichas de datos de seguridad por parte del proveedor. La normativa actual española (Nota Técnica de Prevención [NTP] 371) no especifica un formato estándar obligatorio, pero sí establece un tipo de información que debe ser incluida en ella de forma obligatoria y que se recoge en la tabla 2.

### 2.2.2. Evaluación de riesgos

Las operaciones habituales en el laboratorio de Microbiología que pueden generar riesgo químico son:

- **Trasvases por vertido libre.** Si el producto es irritante o corrosivo, se utilizarán gafas. El trasvase de ácidos o bases se debe de hacer utilizando guantes de cloruro de polivinilo (PVC).
- **Extracción con disolventes volátiles.** Usualmente, son extracciones líquido-líquido y a temperatura ambiente. Se suelen utilizar disolventes volátiles inflamables, por lo que los riesgos a controlar son los derivados de la sobrepresión y presencia de vapores inflamables. Para evitar el problema del contacto directo es recomendable utilizar guantes impermeables y ropa de protección y la manipulación se debe de hacer en una campana de gases. Los volúmenes de disolventes y las operaciones de este tipo que se llevan a cabo comúnmente en un laboratorio de Microbiología Clínica son cada vez más escasos.
- **Limpieza del material de vidrio.** Aparte de los riesgos físicos inherentes a este tipo de material (rotura y cortes), durante el proceso de limpieza

pueden producirse riesgos químicos, como intoxicación, dermatitis, quemaduras cutáneas u oculares, etc., atribuibles a los residuos contenidos en dicho material. El mayor riesgo deriva del desconocimiento de la existencia de estos productos (tipo y composición) en cada circunstancia concreta. La prevención se basará en la formación/información del personal y en la ventilación del lugar de limpieza, así como el vaciado o desecho previos de los recipientes antes de su limpieza, en función de los componentes presentes.

- **Transporte.** El riesgo deriva fundamentalmente de la rotura o derramamiento accidental durante su transporte. Según el volumen y cantidad de contenedores es aconsejable el uso de carritos especiales que eviten choque y roturas.
- **Almacenamiento.** Para el almacenamiento de agentes químicos, además de las características intrínsecas de peligrosidad (explosividad, inflamabilidad, toxicidad, corrosividad, etc.) debe de considerarse otros aspectos generales como:
  - » Minimizar el *stock* almacenado.
  - » Utilizar estanterías fijadas a la pared.
  - » Utilizar armarios de seguridad.
  - » Observar las normas de incompatibilidad de sustancias químicas.
- **Otras operaciones** que generan riesgo son las que utilizan el vacío (evaporación, destilación, filtración y secado), reacciones químicas, destilación, evaporación y desecación.

## 2.3. RIESGO BIOLÓGICO

### 2.3.1. Principios básicos y definiciones

Los agentes biológicos constituyen un factor de riesgo laboral por su capacidad de desencadenar enfermedades. La bioseguridad es un proceso que incluye los principios, técnicas y prácticas de contención que se realizan con el fin de evitar la exposición involuntaria al material biológico o su liberación accidental, por tanto para reducir o eliminar el riesgo biológico. Sus objetivos son la prevención de las infecciones contraídas en el laboratorio y evitar el escape accidental de agentes biológicos peligrosos que puedan causar graves efectos negativos sobre los seres humanos, animales y plantas. La bioseguridad afecta a todas las actividades del laboratorio, incluso las anteriores a la recepción del agente biológico (obtención y transporte de muestras), continuando con la formación y capacitación del personal, el empleo de prácticas y técnicas microbiológicas correctas, el uso adecuado de los reactivos,

materiales y equipos, el transporte y almacenamiento seguro de los agentes y, en última instancia, la esterilización final y su destrucción.

Con el fin de proteger la salud de los trabajadores frente a los riesgos que se derivan de la exposición a los agentes biológicos durante el desarrollo de sus actividades, se publicó el RD 664/1997, de 12 de mayo, que incluye las siguientes definiciones:

- **Agentes biológicos:** microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.
- **Microorganismos:** toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético. Se consideran cuatro tipos básicos: bacterias, hongos, virus y parásitos (protozoos, helmintos, etc.).
- **Cultivo celular:** el resultado del crecimiento *in vitro* de células obtenidas de organismos multicelulares.
- **Peligro:** todo aquello que puede producir un daño o un deterioro de la calidad de vida individual o colectiva de las personas.
- **Daño:** la consecuencia producida por un peligro sobre la calidad de vida individual o colectiva de las personas.
- **Riesgo:** la probabilidad de que, ante un determinado peligro, se produzca un cierto daño, pudiendo por ello cuantificarse.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) incluye, además, las siguientes definiciones:

- **Contaminación:** presencia de un agente infeccioso en la superficie del organismo; también en vestimenta, ropa de cama, instrumentos quirúrgicos, apósitos y otros objetos inanimados, incluyendo el agua y los alimentos.
- **Limpieza:** eliminación, mediante fregado y lavado con agua caliente, jabón o un detergente, o por el empleo de una aspiradora, de los agentes infecciosos y sustancias orgánicas de superficies en las cuales éstos pueden encontrar condiciones adecuadas para sobrevivir o multiplicarse.
- **Desinfección:** eliminación de agentes infecciosos que están fuera del organismo por medio de la exposición directa a agentes químicos o físicos.
- **Esterilización:** destrucción de todas las formas de vida por calor, radiación, gas o tratamiento químico.

### 2.3.2. Clasificación de patógenos por grupos de riesgo

El RD 664/97 clasifica los agentes biológicos en cuatro grupos en función del riesgo de infección siguiendo las recomendaciones de la OMS que propugna la elaboración de una clasificación nacional o regional de los microorganismos en distintas categorías o grupos de riesgo.

- **Agente biológico del grupo 1:** el que es poco probable que cause una enfermedad en el hombre.
- **Agente biológico del grupo 2:** aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad, y para el que existe generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.
- **Agente biológico del grupo 3:** aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad, existiendo frente a él, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaz.
- **Agente biológico del grupo 4:** aquél que, causando una enfermedad grave en el hombre, supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista frente a él, generalmente, profilaxis o tratamiento eficaz.

Estos niveles de riesgo condicionan las medidas preventivas tanto individuales como colectivas, la manipulación del material biológico, la ubicación del laboratorio, las instalaciones, las medidas de protección, las técnicas de laboratorio, etc. Según esta clasificación, el anexo II del RD 664/97 presenta una lista de agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4, ordenados por bacterias, hongos, virus y parásitos.

Cuando se trate de un agente biológico que no haya sido objeto de una evaluación concluyente para clasificarlo, pero se sospecha que su manipulación puede comportar un riesgo para la salud, las actividades deben desarrollarse en un lugar de trabajo cuyo confinamiento físico corresponda como mínimo al nivel de contención biológica 3 (NCB-3). Esta fue la práctica que se siguió cuando aparecieron los primeros casos de la nueva gripe A(H1N1)pdm09 donde se recomendaba el manejo de estas muestras en este nivel de contención ante el desconocimiento de su virulencia.

### 2.3.3. Niveles de contención según riesgo biológico

El término contención se emplea para describir los

métodos, instalaciones y equipos que hacen seguro el manejo de materiales infecciosos en el ámbito del laboratorio donde son manipulados o conservados. El propósito de la contención es reducir al mínimo la exposición a agentes potencialmente peligrosos del personal de laboratorio, de otras personas o del entorno.

Los tres elementos fundamentales de la contención son:

- a. Las prácticas y técnicas del laboratorio.
- b. Los equipos de seguridad (barreras primarias).
- c. El diseño y construcción de las instalaciones (barreras secundarias).

En España, el Anexo IV del RD 664/1997 y la Directiva de la Unión Europea 2000/54/CE son las normas legales de referencia sobre protección de los riesgos biológicos en el trabajo. En ellos se establece la existencia de cuatro niveles de contención basados en la combinación de medidas relacionadas con los tres elementos fundamentales de seguridad antes citados y teniendo en cuenta, además, el grado de peligrosidad de los distintos microorganismos que se manejan (incluyendo los potencialmente presentes), sus vías de transmisión (documentadas o sospechadas), y la función o actividad del laboratorio.

El grado de biopeligrosidad de un determinado microorganismo, según se establece en las normas legales aludidas, determina inicialmente el nivel de contención a implantar. Sin embargo, es importante señalar que no es el único elemento a considerar. Se recomienda que, además, se tengan en cuenta otros factores como las condiciones de virulencia particulares del agente en cuestión, su dosis infectiva, la concentración de éste, el volumen del material concentrado que va a manipularse, la vía natural de infección, la actividad prevista en el laboratorio (producción de aerosoles, centrifugación), la manipulación genética que pueda ampliar su gama de huéspedes o su sensibilidad a los agentes terapéuticos, entre otros.

**Nivel de contención 1 (NCB-1):** es el nivel de seguridad requerido para los agentes biológicos del grupo 1, es decir, los que no producen enfermedad en el ser humano sano y de sensibilidad conocida y estable a los antimicrobianos. Es el utilizado en los laboratorios de prácticas de universidades o centros docentes donde se emplean cepas no patógenas (por ejemplo, *Escherichia coli* K12) o el de los microorganismos empleados en las industrias de alimentación (*Lactobacillus*, etc.).



**Nivel de contención 2 (NCB-2):** es el obligado para agentes del grupo 2, como algunos que perteneciendo a la propia microbiota habitual del hombre, son capaces de originar patología infecciosa humana de gravedad moderada o limitada. Deben ser manipulados por personal especializado (técnicos de laboratorio, especialistas de Microbiología) y son los que con más frecuencia se manejan en este tipo de laboratorio: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, etc. Salvo en algunos casos excepcionales (por ejemplo, la sospecha de fiebres hemorrágicas), el procesamiento inicial de las muestras clínicas y las pruebas serológicas pueden realizarse de forma segura en un NCB-2, que es el nivel recomendado para trabajar con patógenos que se transmiten por vía sanguínea, como el virus de la hepatitis B (VHB) y el virus de la inmunodeficiencia humana tipo 1 (VIH-1), a lo que habría que añadir las precauciones universales que se deben tomar con todas las muestras de sangre y otros materiales potencialmente infecciosos. El manejo de cultivos celulares contaminados debe realizarse en este nivel. Se utilizan únicamente, bajo norma, cabinas de seguridad biológica (CSB) de las clases I y II (ver apartado 4.2).

**Nivel de contención 3 (NCB-3):** deben utilizarse cuando se manipulan agentes biológicos del grupo 3, microorganismos que cursan con patología grave, de difícil y largo tratamiento, que pueden producir secuelas tras la curación u, ocasionalmente, también la muerte. El mayor y más frecuente peligro que entrañan es la infección adquirida a través de aerosoles y por fluidos biológicos. En los laboratorios, los ejemplos más frecuentes de este tipo de microorganismos son *Mycobacterium tuberculosis*, *Brucella*, *Coxiella burnetii*, etc. Sólo pueden ser procesados por personal cualificado y en una zona con la infraestructura apropiada. El laboratorio debe estar equipado con CSB de las clases II o III. Éstas se utilizan para todos los trabajos y actividades que puedan provocar cualquier riesgo de exposición a los aerosoles infecciosos. Los microorganismos del grupo de peligrosidad 2 que adquieran características adicionales de virulencia o patogenicidad pasan a ser considerados en la categoría inmediatamente superior y, en consecuencia, hay que adoptar las medidas de contención del nivel 3.

**Nivel de contención 4 (NCB-4):** es el nivel requerido cuando se procesa con certeza o se sospecha un agente especialmente patógeno, exótico o no, que produce alta mortalidad y para el que no existe tratamiento o éste es poco fiable. Normalmente, son microorganismos de dosis infectiva baja y alta contagiosidad. Ejemplos de microorganismos que requieren

este nivel de contención son los virus de la fiebre de Lassa, Machupo, Ebola, Marburg, etc. También se incluyen aquí los microorganismos del grupo 3 que hayan adquirido propiedades patógenas que los eleven al grupo 4. Un ejemplo sería las cepas de *Mycobacterium tuberculosis* con resistencia extendida (cepas extremadamente resistentes, XDR). El laboratorio debe estar equipado con CSB clase III. Si el laboratorio está preparado para acoger trabajadores con trajes aislantes con presión positiva, se puede utilizar CSB clase II.

### 3. EVALUACIÓN DEL RIESGO BIOLÓGICO

Se define como evaluación del riesgo biológico al proceso mediante el cual se identifica la peligrosidad de los agentes infecciosos conocidos o de los materiales potencialmente infecciosos (incluyendo la posibilidad de agentes desconocidos), las actividades que pueden exponer al operador o a otras personas al agente infeccioso, la probabilidad de que tal exposición genere una infección y las consecuencias para la salud de quienes desarrollen dicha infección. La evaluación del riesgo servirá como guía para identificar el nivel de seguridad a aplicar y, en consecuencia, la elección de las prácticas más seguras y los equipos de protección más apropiados. En último término, también puede guiar las oportunas modificaciones en el diseño del propio laboratorio.

La evaluación del riesgo biológico constituye una de las más importantes funciones de los responsables de los laboratorios. En nuestro país no ha existido una cultura al respecto, aunque los últimos tiempos se está produciendo un cambio con la implantación de sistemas de aseguramiento de la calidad y la obligada interrelación entre calidad y seguridad. En el caso de un laboratorio de Microbiología Clínica, la evaluación del riesgo biológico parece una necesidad obvia.

#### 3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La evaluación del riesgo biológico debe ser un proceso sensato y equilibrado. En principio, cuando no exista una información suficiente sobre el riesgo real, lo prudente es considerar la adopción de medidas suplementarias de protección, toda vez que la infraestimación del riesgo puede tener graves consecuencias. Sin embargo, la implantación de medidas excesivas puede complicar los procesos e incrementar el gasto sin que se traduzca, en contrapartida, con un aumento significativo de la seguridad. Incluso puede ser contraproducente al inducir a obviar las medidas básicas.

### 3.1.1. Factores a tener en cuenta en la evaluación del riesgo

**1.- Peligrosidad del agente infeccioso.** Como se ha visto en el apartado 2.3., la peligrosidad del agente infeccioso viene determinada por: a) su capacidad de infectar y, en último término, de producir enfermedad, b) la gravedad o virulencia del proceso infeccioso causado, y c) la disponibilidad de medidas preventivas y terapéuticas. De acuerdo con estos criterios, los agentes infecciosos se adscriben a los cuatro grupos de peligrosidad a los que se asimila la adopción de medidas de protección del correspondiente nivel de bioseguridad. En la literatura, a este tipo de aproximación se le denomina evaluación cualitativa. Existen otros factores propios del agente que también condicionan su peligrosidad, como las vías de transmisión específicas en el laboratorio, la dosis infecciosa, la estabilidad en el ambiente, el espectro de posibles hospedadores y la naturaleza endémica del agente implicado. Junto con el resto de factores externos al patógeno (ver a continuación) modulan la expresión final de la peligrosidad. A esta evaluación del riesgo se le conoce como evaluación cuantitativa.

Los registros de accidentes en los laboratorios son un marcador muy bueno de la peligrosidad en condiciones reales de la práctica habitual, aunque puedan estar sesgados por una infranotificación. Debido a la información tan útil que aportan, muchas disposiciones legales en materia laboral obligan a su notificación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el hecho de no haber comunicado ningún accidente laboral por un determinado agente infeccioso no implica su ausencia ni que el riesgo sea mínimo. Otra fuente importante de información para conocer el riesgo en el laboratorio deriva del conocimiento de la historia natural de la infección, aunque no siempre existe un total paralelismo. En particular, esto es cierto con la transmisión por la vía aérea, como ocurre con patógenos tan reconocidos como *Chlamydia psittaci*, *Coxiella burnetii* o, más recientemente, virus como el coronavirus SARS o ciertos subtipos del virus de la gripe A.

**2.- Peligros relativos a los procedimientos.** Aunque en la mitad de los accidentes de laboratorio no se identifica la fuente, cuando sí se hace, las rutas principales son: a) inoculación parenteral (pinchazos, cortes), b) salpicaduras y derrames sobre piel y mucosas, c) ingestión accidental (pipeteo irregular), d) mordeduras y arañazos de animales, y e) inhalación de aerosoles. Ésta última es, probablemente, la más significativa, ya que suele estar presente en muchos de los procedimientos que se aplican en un laboratorio de

Microbiología, muestra una gran eficacia y es de difícil detección; además, pone en riesgo no sólo al operador, sino a otros trabajadores o visitantes. Con gran probabilidad, es la vía presente en aquellos accidentes en los que no se identifica la fuente y, en consecuencia, el principal objetivo de las medidas de contención diseñadas en el curso de una evaluación del riesgo. También se debe prestar atención a la producción de gotículas, de mayor tamaño que los aerosoles. Aunque éstas no son respirables directamente, contienen una gran cantidad del agente infeccioso y pueden contaminar durante periodos prolongados las superficies y los guantes de protección de los operadores.

**3.- Peligros asociados con las prácticas de trabajo, equipos de seguridad e infraestructuras.** La concienciación y el uso de una técnica depurada por parte del personal constituyen las herramientas más importantes en la prevención de accidentes biológicos. Por tanto, es un factor crucial en la evaluación del riesgo, y debiera serlo a la hora de la selección del personal. La supervisión y formación continuadas son las medidas más importantes para mejorar la capacitación y reducir el riesgo.

Los equipos de protección existentes y la necesidad de otros suplementarios adaptados al procedimiento y el agente implicado son también cruciales en la evaluación del riesgo. Se debe prestar atención a su utilización correcta ya que, de lo contrario, se crea una falsa sensación de seguridad y el riesgo de accidente aumenta. El ejemplo más típico de este fenómeno es la utilización inadecuada de las CSB.

Las infraestructuras de un laboratorio condicionan también el riesgo, por lo que deben ser consideradas en el curso de la evaluación, en particular si se trabaja con niveles de biopeligrosidad 3 y 4. De todas ellas, el sistema de aireación es el más importante, ya que afecta a la diseminación de los aerosoles. Con todo, la adecuación de las infraestructuras, incluyendo el propio diseño arquitectónico, es un requisito indispensable cuando se planee un nuevo laboratorio o la renovación del actual, tanto más cuanto mayor sea el nivel de peligrosidad asociado.

### 3.1.2. Aproximación práctica a la evaluación de riesgos biológicos y medidas de protección

Como hemos señalado anteriormente, la evaluación del riesgo biológico está sujeta a continuos cambios (nuevos agentes, reemergencia de otros bajo condiciones particulares, etc.). Se trata, por tanto, de un

proceso subjetivo, en el que se toman decisiones basadas en un conocimiento incompleto. El manual *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* de los *Centers for Disease Control and Prevention* y los *National Institutes of Health* norteamericanos aconseja una aproximación práctica en cinco pasos:

1. **Identificar la peligrosidad del agente y realizar una evaluación preliminar del riesgo.** Se deben considerar inicialmente la peligrosidad del agente, lo que incluye su capacidad de infección y de causar enfermedad en un huésped sano, la gravedad de la enfermedad y la posibilidad de instaurar medidas preventivas o efectuar un tratamiento eficaz. Para ello, se debe consultar la bibliografía y la literatura científica. No es infrecuente que, en un momento, se desconozca su peligrosidad, por ejemplo mientras se llevan a cabo procesos de aislamiento o tipificación de un microorganismo desconocido. En ese caso, lo lógico es asumir un nivel de protección 2 en tanto no aparezca información que sugiera mayor peligro. En otras ocasiones, la consulta con colegas que hayan pasado por experiencias similares podría ser una ayuda valiosa.
2. **Identificar el peligro asociado a los procedimientos llevados a cabo en el laboratorio.** Los principales procedimientos de laboratorio que influyen sobre el riesgo son la concentración del agente (v.g., el cultivo), los que generan aerosoles o gotas en suspensión y el uso de objetos cortantes o punzantes. También deben considerarse como de riesgo los procedimientos que utilizan animales de experimentación (mordeduras, arañazos). Como es lógico, la identificación de estos peligros debe conducir a la eliminación de procedimientos innecesarios, a la minoración de sus efectos o a sustituirlos por otros alternativos.
3. **Determinar el nivel de bioseguridad apropiado e implementar las precauciones sugeridas en la evaluación del riesgo.** El análisis llevado a cabo en los puntos anteriores nos debe indicar el nivel de peligrosidad, así como una primera aproximación a su control. Además, se debe tener en consideración los factores propios del hospedador. Por ejemplo, la existencia de condiciones debilitantes en un trabajador, la gestación o la lactancia. Aún con todo, en la práctica, es improbable que esta evaluación preliminar aconseje elevar el nivel de bioseguridad. Si así fuese, se debe consultar con un especialista antes de dar este paso, dadas sus consecuencias sobre las infraestructuras y la

posible necesidad de derivar el proceso hacia un laboratorio externo.

4. **Evaluar la capacitación del personal en relación con las prácticas de seguridad.** Este es un ejercicio que debe realizarse en todo momento en la implantación de un nuevo procedimiento, aunque en la práctica es infrecuente que repercuta sobre las prácticas de seguridad que se emplean habitualmente. Aún en este caso, la introducción de nuevos procedimientos puede ser una buena oportunidad para reforzar estas prácticas de seguridad y asegurar la capacitación del personal.
5. **Revisar la evaluación del riesgo por parte de otro profesional con conocimientos.** Se trata un aspecto en el que debemos avanzar mucho en nuestro país aunque, de cara al futuro, será un requisito cada vez más frecuente para los laboratorios que aspiran al reconocimiento de organismos reguladores o a la financiación de organismos públicos o privados. Mientras tanto, parece razonable pensar en ello cuando se trate de procedimientos que lleven asociado un nivel de peligrosidad alto o cuando se supere el que es habitual en un determinado laboratorio.

### 3.2. TRANSMISIÓN POR LA VÍA AÉREA

Constituye la vía de transmisión más efectiva. Las estadísticas así lo ponen de manifiesto, tanto en aquellos casos con un origen claro como en los que no llega a detectarse éste. El espectro de patógenos potenciales es muy elevado, por lo que su simple relación está fuera del ámbito de este documento. Debe consultarse la bibliografía para mayor detalle. Además, el riesgo potencial es muy variable en función del agente y las prácticas concretas, por lo que la evaluación del riesgo deberá ser siempre individualizada. Por último, una característica diferencial importante es que el riesgo no se limita al ámbito estricto del laboratorio, sino que se traslada a otras partes del hospital e, incluso, fuera de él (trabajos de campo, etc.), lo que repercute sobre la adopción de medidas de protección.

Aparte de que se trabaja con concentraciones elevadas del microorganismo, en el laboratorio se llevan a cabo múltiples procesos que elevan el riesgo de contraer este tipo de infecciones respecto a la historia natural de la infección, a las cuales hay que prestar especial vigilancia. Entre ellas citaremos: a) la simple manipulación de las muestras (traslado, apertura de contenedores), b) siembras y subcultivos, c) pipeteos

Tabla 3. Guía general para el control de la transmisión de *Mycobacterium tuberculosis* en el laboratorio.

Manipulación de	Recomendaciones generales
Muestras clínicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las manipulaciones en cabina de seguridad biológica (CSB)</li> <li>• Centrifugas de seguridad y apertura de cestillos en CSB</li> <li>• Evitar manipulaciones bruscas</li> <li>• Usar equipos de protección individual (EPI)</li> </ul>
Cultivos en medio sólido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las anteriores</li> <li>• Manipulación suave en el trabajo con colonias</li> <li>• Uso de asas desechables o incineradores eléctricos</li> </ul>
Cultivos en medio líquido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todas las anteriores</li> <li>• Contenedores cerrados, siempre que sea posible</li> <li>• Presión negativa y protección respiratoria</li> <li>• Dejar reposar tubos agitados/sonicados durante 30 min</li> </ul>

Tabla 4. Riesgo relativo de la infección ocupacional del VHB, VHC y VIH-1.

	Partículas víricas/mL sangre	Riesgo de transmisión (%)
VHB	$10^2$ - $10^8$	6-30%
VHC	$10$ - $10^6$	0,75-10
VIH-1	$10$ - $10^3$	0-0,3

y mezclas, d) centrifugación, e) agitación, y f) sonicación.

La tuberculosis constituye el ejemplo paradigmático de la transmisión en el laboratorio, de manera que algunas de las prácticas de control y contención para ésta pueden servir de guía inicial para evaluar el riesgo de otros patógenos por vía aérea (tabla 3).

### 3.3. TRANSMISIÓN PARENTERAL, CUTÁNEA Y POR MUCOSAS

El número de agentes infecciosos que pueden transmitirse por vía parenteral por exposición ocupacional en el laboratorio va más allá de los que se transmiten por esta vía de forma natural. Ciertos procedimientos habituales en el laboratorio de Microbiología requieren el uso de materiales cortantes o punzantes, origen de los accidentes. En la práctica real (estadísticas de accidentes modernas), las infecciones atribuibles a este mecanismo han descendido notablemente y se centran, esencialmente, en los virus VIH-1, VHB y hepatitis

C (VHC). La tabla 4 resume el riesgo asociado a la exposición parenteral de estos virus.

El VIH-1 es el que representa mayor peligro, que no necesariamente riesgo. Ello es debido a las consecuencias que puede tener para el infectado, pero también al elevado número de muestras de sangre que se manejan en un laboratorio habitual procedentes de pacientes infectados por este virus. El riesgo estimado es del 0,3% tras la exposición percutánea, y del 0,09% si es a través de las mucosas, pero puede variar en función de la carga vírica del paciente fuente y el tipo de exposición (superficial o profunda, corte, grosor de la aguja, etc.). La exposición a otros tipos de fluidos biológicos es posible, aunque poco relevante desde el punto de vista del riesgo.

El VHB es el más eficiente en la transmisión parenteral (6-30%). Esto explica su lugar predominante en las estadísticas clásicas, si bien en los últimos años el riesgo ha disminuido drásticamente por la existencia de una vacuna eficaz que se aplica no sólo a los trabajado-

**Tabla 5. Riesgo de zoonosis según el tipo de animal de experimentación (de más a menos).**

1. Animales salvajes capturados (primera generación)<sup>a</sup>
2. Animales de origen conocido o misceláneo, criados en ausencia de control veterinario<sup>b</sup>
3. Animales de experimentación criados en cautividad y destinados a la investigación, con control veterinario

<sup>a</sup>Especialmente los primates, por su cercanía evolutiva con el hombre.

<sup>b</sup>Es importante conocer la fuente, ya que el riesgo es muy variable, en función de ésta.

**Tabla 6. Microorganismos de origen zoonótico que pueden ser causa de infecciones de laboratorio por manipulación de muestras humanas.**

Víricas	Bacterianas	Parasitarias
Hantavirus Virus de West Nile Rabia Dengue Filovirus (Ebola, Marburg) Arenavirus	<i>Coxiella burnetii</i> <i>Brucella melitensis</i> <i>Francisella tularensis</i> <i>Chlamydia psitacci</i> <i>Leptospira</i> <i>Bartonella henselae</i>	<i>Cryptosporidium</i> <i>Hymenolepis nana</i> <i>Taenia solium</i>

res sanitarios, sino también a la población general. El VHC ocupa un lugar intermedio en cuanto a eficacia de la transmisión. Sin embargo, representa un peligro real notable debido a que produce infecciones clínicamente silentes, con elevada tendencia a la cronicidad y para el que no existe vacuna.

También puede transmitirse en el laboratorio una amplia variedad de patógenos como consecuencia del contacto accidental con la piel y las mucosas. El riesgo será muy variable, en función del microorganismo, de su concentración y de la extensión del accidente. La probabilidad es mayor si la contaminación afecta a las mucosas o si la piel presenta heridas o pequeños traumatismos. La piel intacta es una barrera bastante eficaz. En general, este tipo de accidente es infrecuente en la práctica y, cuando se producen, suelen revelar una relajación de los protocolos básicos de trabajo y de las medidas elementales de protección (equipos de protección individual, trabajo en cabinas de seguridad, etc.).

### 3.4. TRANSMISIÓN DE PATÓGENOS POR VÍA ORAL

Los laboratorios de Microbiología procesan gran cantidad de muestras destinadas al diagnóstico de infecciones gastrointestinales que pueden ser origen de accidentes biológicos. También pueden producirse otras infecciones que, sin causar patología digestiva,

sí pueden utilizar la vía oral como puerta de entrada. La concentración del patógeno en las propias muestras, o la amplificación que supone el cultivo, superan con mucho las dosis infecciosas habituales, incluso de aquellos patógenos que requieren dosis elevadas. Habitualmente, la ingestión se produce de forma inadvertida. El uso de equipos de protección, la manipulación segura y las medidas de higiene habituales han reducido notablemente el riesgo, como demuestran las estadísticas modernas de accidentes biológicos.

### 3.5. ZONOSIS Y TRABAJO EN EL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Son muchas las enfermedades infecciosas que tienen un origen zoonótico y que pueden representar un riesgo para la seguridad del personal. Sin embargo, las estadísticas más recientes demuestran que, en un ambiente controlado, el impacto real es realmente muy bajo. Hay dos situaciones bien diferenciadas por lo que respecta a la bioseguridad: a) los laboratorios que trabajan con animales de experimentación que puedan estar infectados, y b) los laboratorios diagnósticos que trabajan con materiales de origen humano procedentes de pacientes que sufren dichas zoonosis.

Por lo que respecta a los animales de experimentación, el número de potenciales patógenos es muy grande y su simple enumeración sobrepasa el ámbito de este documento. El riesgo es muy variable, en función del

patógeno, el animal hospedador y las condiciones de cría de éste (tabla 5). Las medidas de sanidad veterinaria, incluyendo los períodos de cuarentena, han reducido extraordinariamente el riesgo, incluso en los animales de origen salvaje. Quedan algunas excepciones, como la fiebre Q, la enfermedad por arañazo de gato o el virus de la coriomeningitis linfocitaria de los roedores, pero también aquí el riesgo se ha reducido sustancialmente.

Aunque deba considerarse la posibilidad de contraer una infección en el laboratorio como consecuencia de la manipulación de muestras de origen humano, igualmente el riesgo es muy bajo en la práctica. Las barreras de contención habituales en los laboratorios modernos y, sobre todo, la buena técnica microbiológica, han reducido radicalmente dicho riesgo, incluyendo algunos ejemplos paradigmáticos en nuestro país, como la brucelosis. En la tabla 6 se relacionan algunos patógenos que pueden estar implicados en este tipo de accidentes.

### 3.6. MICROORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE Y CULTIVOS CELULARES

Dejando aparte sus utilidades espurias (guerra biológica, bioterrorismo), la modificación genética de los microorganismos plantea consideraciones especiales en la evaluación del riesgo que se añaden a las que presentan los organismos silvestres. Esta circunstancia es muy evidente en las modificaciones que puedan incrementar su virulencia o patogenicidad, incluyendo la resistencia a los antimicrobianos. Sin embargo, hay que mantener reservas incluso en aquéllas en las se busca la atenuación de la virulencia, dadas las complejas relaciones que pueden existir entre el hospedador y el parásito, al menos en tanto no haya evidencia de lo contrario.

También conviene asimilar, a efectos de evaluación del riesgo, a los procesos de recombinación genética *in vitro*, ya que los genes así fabricados podrían ser incorporados como material genético de los organismos silvestres, aumentando su patogenicidad. Muchas agencias públicas de financiación de la investigación han establecido normas muy rigurosas al respecto.

Los cultivos celulares de origen humano o animal son también otra fuente de riesgo y pueden transmitir microorganismos que infectan latentemente dichas células. Asimismo, puesto que muchas líneas celulares son de origen tumoral, también se abre la posibilidad de transmitir oncogenes.

### 3.7. TOXINAS BIOLÓGICAS

Las toxinas biológicas se definen como sustancias producidas por el metabolismo o la degradación celular de los seres vivos. Desde el punto de vista de seguridad en el laboratorio y de su mecanismo de acción, se comportan como los productos químicos tóxicos. A diferencia de éstos, pueden ser producidos por la multiplicación de los microorganismos durante los procesos diagnósticos que se llevan a cabo en los laboratorios de Microbiología. Puesto que algunas de estas toxinas se comportan como tóxicos muy potentes, los trabajadores de los laboratorios diagnósticos están expuestos a su acción, incluso, teóricamente, a intoxicaciones graves. En los últimos años se ha añadido el peligro derivado del bioterrorismo, corolario de su estudio como agentes de guerra biológica. Por último, las toxinas se han utilizado en la investigación, aunque raramente en el mismo contexto que la actividad diagnóstica.

Clásicamente, las toxinas biológicas se han dividido en exotoxinas y endotoxinas. En la tabla 7 se resumen las principales características definitorias.

En el laboratorio diagnóstico, las principales toxinas que pueden representar un peligro son las producidas por las bacterias. Entre ellas destacan las del género *Clostridium* (*C. botulinum*, *C. tetani* y *C. perfringens*), *Escherichia coli* (enterotóxico, enterohemorrágico), *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus* (enterotoxina y otras). Otros microorganismos toxigénicos menos habituales son *Vibrio cholerae*, *Pasteurella* spp., *Bordetella* spp. y *Yersinia pestis*. El efecto tóxico de *Bacillus anthracis*, ejemplo típico de bioterrorismo, está asociado a la infección y no a la manipulación durante el proceso diagnóstico en el laboratorio.

Los niveles de seguridad 2 habituales en los laboratorios y, sobre todo, la buena práctica, reducen a casos puramente anecdóticos las intoxicaciones por toxinas. No es necesario introducir prácticas de seguridad adicionales, salvo que se trabaje en investigación con las toxinas más potentes, en cuyo caso se recomienda adoptar precauciones del nivel 3.

### 3.8. INVENTARIO Y FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD DE AGENTES BIOLÓGICOS

Una de las actividades recomendadas a la hora de evaluar el riesgo biológico y su posterior aplicación en la prevención consiste en la elaboración de un inventario de agentes biológicos utilizados en el laboratorio y

Tabla 7. Características de los dos tipos más importantes de toxinas biológicas.

Exotoxinas	Endotoxinas
<p>Excretadas por células vivas</p> <p>Alta concentración en medio líquido</p> <p>Producidas por grampositivos y gramnegativos</p> <p>Relativamente inestables (60°C)</p> <p>Altamente tóxicas, en general (µg)</p> <p>Altamente antigénicas</p> <p>Unión a receptores específicos, generalmente</p> <p>Efecto tóxico en ausencia de fiebre</p> <p>Reguladas extracromosómicamente</p>	<p>Parte de la pared celular de gramnegativos</p> <p>Excretadas por la lisis celular</p> <p>Producidas por gramnegativos</p> <p>Relativamente estables (&gt;60°C)</p> <p>Moderadamente tóxicas (mg)</p> <p>Escaso poder antigénico</p> <p>Ausencia de receptores celulares específicos</p> <p>Fiebre, por liberación de citoquinas y mediadores</p> <p>Síntesis dirigida cromosómicamente</p>

sus fichas de datos de seguridad. No existe un modelo predefinido, entre otras cosas por la extraordinaria variedad de microorganismos que se manejan en un laboratorio diagnóstico, algunos conocidos y otros por descubrir o redescubrir como patógenos, si bien se recomienda seguir las directrices de la NTP 636. Sin ánimo exhaustivo, algunos de los conceptos a incluir en esas fichas serían: a) nombre científico actual del microorganismo; b) sinónimos o nomenclaturas previas; c) vías de contagio, por orden de mayor a menor riesgo; d) dosis infecciosa, en función de la ruta; e) profilaxis preexposición; f) medidas preventivas post-exposición; y g) actuación en caso de accidente y primeros auxilios.

Tampoco existe un formato estándar pero, a día de hoy, parece recomendable utilizar herramientas informáticas (ofimática) para facilitar su organización, archivo, localización o consulta. También, desde un punto de vista práctico, parece razonable centrarse inicialmente en los patógenos más frecuentes y en los que tienen mayor riesgo en función de las peculiaridades de cada laboratorio, con la idea de ir perfeccionando el inventario (que debe ser revisado periódicamente). Por último, en los apartados de prevención y actuación es recomendable referirse a protocolos comunes a grupos de microorganismos que compartan vías de transmisión o mecanismos de patogenicidad, con el fin de simplificar la documentación y racionalizar dichas actuaciones.

## 4. PREVENCIÓN Y CONTROL: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El término contención se emplea para describir los métodos que permiten trabajar con seguridad con los

diferentes agentes infecciosos. El objetivo de la contención es minimizar o eliminar riesgos para el propio trabajador, para otras personas o para el medio ambiente. Como ya se ha establecido en el apartado 2.3, la contención se fundamenta en el uso de técnicas microbiológicas adecuadas, barreras primarias y barreras secundarias.

### 4.1. PRÁCTICAS Y TÉCNICAS MICROBIOLÓGICAS

Un buen procedimiento de trabajo es condición indispensable para la seguridad y no puede suplirse con material especializado. Es el elemento más importante para la contención. Las personas que trabajan con agentes infecciosos o materiales potencialmente infectados deben conocer los riesgos y estar capacitadas en las prácticas y técnicas requeridas para manipularlos de forma segura. La existencia de un Manual de Seguridad y el establecimiento de un adecuado programa de formación son los dos pilares básicos para conseguir este objetivo. La responsabilidad última de todo esto recae en el director del laboratorio.

En el Manual de Seguridad deben estar identificados tan exhaustivamente como sea posible todos los riesgos, así como la forma de minimizarlos (conocer la metodología de trabajo, el equipamiento del laboratorio y las medidas a tomar en caso de emergencia). El programa de formación deberá tener en cuenta no sólo la acogida de un nuevo miembro del equipo, sino la formación continuada, dada la naturaleza cambiante de las condiciones de trabajo en el laboratorio de Microbiología. Se debe vigilar aspectos tales como el transporte seguro de las muestras (contenedores adecuados, cierres adecuados, recepción de muestras, etc.) y operaciones como el pipeteo (evitar formación

de aerosoles, descontaminación y/o retirada de residuos, etc.), siembra en medios de cultivo (utilización de asas desechables, evitar dispositivos tipo mecheros Bunsen), manejo de material punzante (agujas, rotura de vidrios), uso de la cabina de seguridad, eliminación de residuos, desinfección de superficies de trabajo, etc. Por todo ello, es fundamental definir protocolos de trabajo para todas las acciones realizadas en un laboratorio. En este sentido, calidad y seguridad son dos conceptos convergentes.

## 4.2. BARRERAS PRIMARIAS

Su finalidad es proteger al trabajador y su entorno inmediato. Incluye los equipos de protección individual (EPI), las CSB, las campanas de gases, las cubetas de seguridad de las centrífugas y el uso de recipientes cerrados y otros sistemas de ingeniería destinados a eliminar o minimizar las exposiciones a materiales biológicos peligrosos. Como se ha dicho, las vías de transmisión más comunes en el laboratorio de Microbiología son la aérea y la inoculación directa, de ahí la importancia de los EPI y las CSB.

### 4.2.1. Equipos de protección individual

Minimizan el riesgo de exposición a aerosoles, salpicaduras e inoculaciones accidentales. La ropa y el

equipo necesarios dependerán del tipo de trabajo a realizar. Los distintos equipos utilizados en el laboratorio de Microbiología son: batas, pijamas, monos, delantales de plástico, calzado, patucos, gafas de protección y de seguridad, pantallas faciales, respiradores y guantes (Tabla 8).

### 4.2.2. Cabinas de seguridad biológica

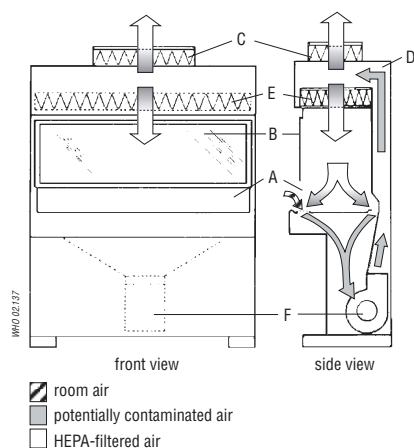
Están diseñadas para proteger al trabajador, al ambiente y al propio material siempre que se utilicen en las condiciones adecuadas. Aunque existen instrumentos que se parecen externamente (por ejemplo, las campanas de humos), éstos no deben confundirse con las CSB, ya que carecen de la funcionalidad requerida para el trabajo con material infeccioso (protección del producto y del operador). Las campanas de humos no pueden sustituir a las CSB en la manipulación de productos infecciosos. La protección brindada por éstas se basa en las barreras o cortinas de aire en flujo laminar, generadas mediante un sistema impulsor, y en el paso del aire circulante a través de filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Airborne*) (Figura 1). Las CSB se clasifican según protejan al trabajador, producto y medio ambiente:

- **Cabina Clase I:** Proporciona protección al trabajador y medio ambiente, pero no al producto.

Tabla 8. Equipos de protección personal.

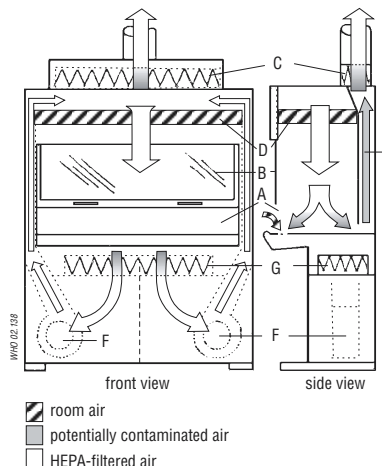
Equipo	Riesgo que evita	Características de seguridad
Batas, pijamas	Contaminación de ropa	Apertura trasera
Delantal de plástico	Contaminación de ropa	Impermeable
Calzado	Impactos y salpicaduras	Cerrado
Gafas de protección y de seguridad	Impactos y salpicaduras	Resistentes a impactos, incluso graduadas o posibilidad de llevar debajo las graduadas. Protección lateral
Pantalla protectora	Impactos y salpicaduras	Protección total del rostro. Fácilmente desmontable en caso de accidente
Mascarilla	Inhalación de aerosoles	Varios diseños disponibles: desechables, de un solo uso; con filtro purificador de aire; de cara entera o de media cara; con purificadoras de aire eléctricas, con suministro de aire
Guantes	Contacto directo con los microorganismos Punciones y cortes.	Desechables y microbiológicamente aprobados; de látex, vinilo o nitrilo De malla





**Schematic representation of a Class IIA1 biological safety cabinet.**

A, front opening; B, sash; C, exhaust HEPA filter; D, rear plenum; E, supply HEPA filter; F, blower.



**Schematic diagram of a Class IIB1 biological safety cabinet.**

A, front opening; B, sash; C, exhaust HEPA filter; D, supply HEPA filter; E, negative-pressure exhaust plenum; F, blower; G, HEPA filter for supply air. Connection of the cabinet exhaust to the building exhaust air system is required.

**Figura 1. Representación esquemática de una CSB tipo IIA (izquierda) y IIB (derecha). (Tomado de: *Laboratory biosafety manual. 3rd edition. WHO. Geneva 2004*).**

Tienen el frontal abierto por donde penetra el aire para atravesar la superficie de trabajo y ser expulsado tras pasar por el filtro HEPA. La velocidad de aire de trabajo es 0,40 m/seg. Aunque permite trabajar con agentes biológicos de los grupos 1-3, están siendo sustituidas por las Clase II que también protegerían al producto.

- Cabina Clase II.** Además de trabajador y ambiente, protegen al producto gracias a la filtración HEPA previa del aire que circula por el interior de la cabina en sentido vertical. Tienen el frente abierto por dónde se manipula el producto. Antes de que el aire sea evacuado fuera de la cabina pasa por otro filtro HEPA. Permiten trabajar con agentes de los grupos 1, 2 y 3. Existen varios tipos de cabinas clase II (A1, A2, B1 y B2) según su construcción, flujo de aire y sistema de extracción. En las de tipo A, debido al que todo el aire pasa por un filtro HEPA, éste puede ser recirculado al laboratorio mientras que en las de tipo B se elimina parte del aire al exterior. Es importante señalar que los filtros HEPA atrapan las partículas infecciosas pero no los productos químicos volátiles y gases (citostáticos, mutágenos, tóxicos volátiles), por lo que sólo con las CSB clase II B, que eliminan el aire al exterior, se podría trabajar con estas sustancias, aunque en cantidades limitadas y siempre que el aire expulsado sea canalizado fuera del laboratorio. La clasificación en subtipo 1 ó 2 se basa en la velocidad del flujo de aire y en el

porcentaje que se recircula (B1 recircula el 30%; B2 no recircula nada).

- Cabina de clase III.** Diseñada para trabajar con microorganismos altamente infecciosos y realizar operaciones de alto riesgo. Es un recinto hermético, el acceso del material es a través de un tanque de agua o de un recinto intermedio con doble puerta que debe de ser descontaminado entre usos. La manipulación se hace mediante unos manguitos unidos al frontal de la cabina que evitan el contacto directo con el material. El filtro HEPA proporciona un aire libre de partículas pero, al contrario que las cabinas clase I y II, el flujo del aire es ligeramente turbulento.

#### 4.2.3. Campanas de gases

Aunque una buena ventilación general es suficiente para trabajar de forma segura con las sustancias químicas de baja toxicidad utilizadas en los laboratorios de Microbiología, en algunas ocasiones, debido a su mayor toxicidad, concentración o duración de la exposición, es necesario el uso de campanas o vitrinas de gases. El fin de este dispositivo es captar el contaminante químico en el punto más próximo a su producción evitando su difusión. A pesar de que son recintos semicerrados con cierto parecido a las CSB no son útiles para protección frente a riesgos biológicos. Como norma general la campana debe de situarse en zonas de poco tránsito y alejada de puertas, ventanas o rejillas de suministro de aire al laboratorio.

### 4.3. BARRERAS SECUNDARIAS

Su objetivo es la protección, tanto del personal del laboratorio como de aquel que procede de fuera (personal administrativo del laboratorio, enfermos y visitantes del hospital), e incluso a la comunidad, frente a posibles escapes accidentales de agentes infecciosos. La magnitud de las barreras secundarias dependerá del tipo de agente infeccioso que se manipule en el laboratorio. Se basan en el diseño, la señalización y las medidas de contención.

#### 4.3.1. Diseño del laboratorio

El laboratorio de Microbiología debe ser un lugar seguro, eficiente y cómodo y disponer del espacio suficiente que asegure que su carga de trabajo se pueda realizar sin comprometer la calidad ni la seguridad de todo el personal, trabajador o visitante (Norma ISO 15189). Uno de los objetivos del laboratorio de Microbiología es el aislamiento y cultivo de microorganismos patógenos, lo cual implica un riesgo para el personal que condiciona que toda la instalación deba cumplir, como mínimo, los criterios de contención NBC-2. En el presente documento se revisan los aspectos básicos a considerar en el diseño de un laboratorio de Microbiología. Se puede encontrar más información en el Procedimiento SEI- MC nº 33 (ver bibliografía).

- **Edificio.** El tipo de edificio donde se ubica el laboratorio (planta, localización interior/externo) influye en aspectos fundamentales para la seguridad, como su ventilación, desagües, evacuaciones, acceso/eliminación de materiales, etc. Estas consideraciones debieran ser tenidas en cuenta a la hora de construir un nuevo laboratorio o en su remodelación.
- **Ventilación.** El sistema general de ventilación debe ser independiente del resto del edificio, impedir la difusión del aire contaminado a otras áreas y mantener siempre la circulación desde las áreas menos contaminadas a las más contaminadas.
- **Áreas y espacios.** Los laboratorios deben cumplir unos requisitos específicos en cuanto a tamaño y separación de las diferentes áreas. Según los diferentes Decretos de autorización de laboratorios clínicos de las Comunidades Autónomas, los laboratorios deben de contar con las siguientes áreas diferenciadas:
  - » Área administrativa
  - » Área de extracción y recepción de muestras

- » Área de trabajo o de análisis y procesamiento de las muestras
- » Área de limpieza de material y eliminación de residuos
- » Áreas de apoyo

La diferenciación de las áreas permite separar aquellas de mayor riesgo de las de riesgo menor, por tanto incrementa la seguridad. En cuanto a las áreas de trabajo, existen requisitos específicos que dependen de las actividades de cada laboratorio. El RD 664/1997 establece que las actividades que supongan la manipulación de agentes biológicos se ejecutarán en zonas de trabajo con sus correspondientes niveles de contención (ver apartado 3.4).

La ubicación de las distintas áreas del laboratorio se hará aplicando el sentido común, evitando exposiciones innecesarias del personal; por ejemplo, ubicando a la entrada del laboratorio las áreas administrativas y los despachos, separados de la recepción de muestras y, más en el interior, las áreas de análisis. Así podremos evitar tránsitos innecesarios de personas por zonas de mayor riesgo.

La superficie total de un laboratorio estará relacionada con el volumen de actividad, cartera de servicios y personal, además de cumplir con los requisitos de la legislación nacional siempre que exista. La superficie de cada sala del laboratorio, si está compartimentado, es aconsejable que no sea inferior a 15 m<sup>2</sup> (idealmente 40-50 m<sup>2</sup>). En cuanto a la superficie de trabajo por puesto, las medidas más eficientes son 50x160 cm. Las sillas deben de ser regulables en altura, con respaldo y reposapiés, asiento acolchado, impermeable e incombustible, y con cinco patas.

Los equipos (estufas, frigoríficos, congeladores, centrífugas, cabinas de seguridad, autoclaves, autoanalizadores, armarios de seguridad, etc.) se deben disponer de forma eficiente y segura.

- **Materiales de construcción.** La selección de materiales para la edificación se debe efectuar considerando factores de aislamiento térmico, resistencia mecánica, estéticos y comportamiento frente al fuego. Debe ser tenida en cuenta para todas las estructuras del edificio (suelos, techos, ventanas, revestimientos, puertas, fontanería, electricidad e iluminación). Por eso es importante ponerse en manos de personal cualificado en la construcción/reforma de laboratorios clínicos.



Figura 2. Ejemplos de pictogramas normalizados correspondientes a riesgos presentes en Microbiología.

#### 4.3.2. Señalización

La señalización mediante pictogramas contribuye a indicar los posibles riesgos y la naturaleza de éstos. En el RD 485/1997 se recogen las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Recientemente se han actualizado los pictogramas de etiquetado de los productos químicos por parte de la Comunidad Europea de acuerdo al Sistema Globalmente Armonizado (Reglamento CE N° 1272/2008). Los distintos tipos de señales que nos podemos encontrar en un laboratorio se agrupan en: a) Advertencia, b) Prohibición, c) Obligación, d) Equipos contra incendios, e) Salvamento, y f) Otras.

**Señalización específica.** En el laboratorio de Microbiología existen unos riesgos específicos con sus pictogramas asociados (figura 2). Así, todas las áreas de trabajo del laboratorio de Microbiología deben estar debidamente marcadas con la señal de riesgo biológico y su nivel de contención.

Asimismo, todos los espacios destinados a almacenamiento de reactivos deberán estar debidamente señalizados con etiqueta de “riesgo biológico”, “acceso restringido”, “medidas de protección obligatorias”. Se debe prestar especial atención a aquellas áreas de trabajo que supongan un riesgo particular y señalarlas en consecuencia: áreas de manipulación de mutágenos (bromuro de etidio, el más habitual), tóxicos volátiles, etc.

Por otro lado, las fuentes de calor (calentadores, termobloques, etc.), principalmente las que alcanzan temperaturas elevadas, deberán estar debidamente señalizadas para evitar quemaduras accidentales. Aquellos aparatos o parte de ellos en los que existan riesgos mecánicos o de otro tipo, deberán estar claramente indicados con la señalización correspondiente.

#### 4.3.3. Medidas de contención

En general, el procesamiento inicial de las muestras clínicas y las pruebas serológicas pueden realizarse de

forma segura en un nivel 2 (nivel recomendado para trabajar con patógenos que se transmiten por vía sanguínea, como el VHB y el VIH-1). Los laboratorios que realicen trabajos que impliquen de agentes biológicos de los grupos 3 deberán aplicar las medidas nivel 3.

La instalación de **nivel 2**, junto a los requisitos nivel 1 (señal de advertencia de riesgo biológico en la entrada del laboratorio, disponer de piletas para el lavado de manos, ser fácilmente limpiables, suelos antideslizantes e iluminación que evite reflejos y brillos molestos) debe disponer de acceso restringido (puertas cierre automático o cerraduras), ubicación alejada de áreas públicas, lavamanos automáticos o de accionamiento con pie/rodilla, localización de equipos que permita su fácil limpieza y descontaminación, mobiliario capaz de soportar cargas y usos anticipados con superficie impermeable y resistente al calor y agentes químicos, CSB de las clases I y II, debidamente verificadas, líneas de vacío provistas de filtros HEPA, estación de lavado de ojos incluso ducha fácilmente accesible. Respecto a la ventilación, lo ideal es disponer de un sistema mecánico que introduzca aire del exterior sin recirculación a espacios fuera del laboratorio. Cuando no se disponga de éste, las ventanas deberán poder abrirse, y deberán estar provistas de mosquiteras. El laboratorio debe disponer de un sistema de descontaminación de desechos (por ejemplo: autoclave, desinfección química, incineración u otro método validado).

Una instalación de **nivel 3** necesitaría, además, cumplir otros requisitos entre los que destacamos: acceso restringido dentro del propio laboratorio, doble puerta de acceso con vestuario intermedio, puertas que permitan cerrar con llave, y piletas para el lavado de manos accionables automáticamente (mejor sin manos), cerca de la puerta de salida. Las superficies interiores de paredes, pisos y techos han de ser fáciles de limpiar y descontaminar. Los bordes y penetraciones deben sellarse. Las superficies han de ser lisas, impermeables a los líquidos y resistentes a sustancias químicas y desinfectantes. Los suelos deben ser monolíticos (sin fisuras) y antideslizantes. Todas las ven-

Tabla 9. Medidas de contención según niveles del RD 664/1997.

Medidas de contención	Nivel de contención		
	2	3	4
1. El lugar de trabajo se encontrará separado de toda actividad que se desarrolle en el mismo edificio	No	Aconsejable	Sí
2. El aire introducido y extraído del lugar de trabajo se filtrará mediante la utilización de filtros de alta eficacia para partículas en el aire (HEPA) o de forma similar	No	Sí, para la salida de aire	Sí, para la entrada y la salida de aire
3. Solamente se permitirá el acceso al personal designado	Aconsejable	Sí	Sí, con exclusión de aire
4. El lugar de trabajo deberá poder precintarse para permitir su desinfección	No	Aconsejable.	Sí.
5. Procedimientos de desinfección especificados	Sí	Sí	Sí
6. El lugar de trabajo se mantendrá con una presión negativa respecto a la presión atmosférica	No	Aconsejable	Sí.
7. Control eficiente de vectores, por ejemplo, de roedores e insectos	Aconsejable	Sí	Sí
8. Superficies impermeables al agua y de fácil limpieza	Sí, para el banco de pruebas o mesa de trabajo.	Sí, para el banco de pruebas o mesa de trabajo y el suelo	Sí, para el banco de pruebas o mesa de trabajo, el suelo, las paredes y los techos
9. Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes y desinfectantes	Aconsejable	Sí	Sí
10. Almacenamiento de seguridad para agentes biológicos	Sí	Sí	Sí, almacenamiento seguro
11. Se instalará una ventanilla de observación o un dispositivo alternativo en las zonas de manera que se pueda ver a sus ocupantes	Aconsejable	Aconsejable	Sí
12. Laboratorio con equipo propio.	No	Aconsejable.	Sí
13. El material infectado, animales incluidos, deberá manejarse en una cabina de seguridad biológica o en un aislador u otra contención apropiada	Cuando proceda	Sí, cuando la infección se propague por el aire	Sí
14. Incinerador para destrucción de animales muertos	Aconsejable	Sí (disponible)	Sí, en el mismo lugar

tanías deben estar cerradas y selladas. El sistema de ventilación no debe permitir la recirculación a ninguna otra parte del edificio, con la salida del aire del laboratorio localizada lejos de zonas ocupadas y de zonas

de toma de aire del edificio, o bien que el aire de salida pase por filtros HEPA. El suministro de aire se debe realizar de forma que se prevenga la presión positiva de la CSB.

Tabla 10. Veinte recomendaciones básicas para trabajar con seguridad.

1. La mayor parte de microorganismos que se manejan en el laboratorio son patógenos. No te lleves nada a la boca. No se permite fumar, comer, beber ni aplicarse cosméticos en el laboratorio.
2. Mantener cada zona de trabajo limpia; no dejar objetos personales sobre las zonas de trabajo.
3. El lavado de manos frecuente es uno de los procedimientos más eficaces para evitar infecciones.
4. Utiliza la vestimenta apropiada a cada puesto de trabajo (pijama, bata, etc.); no salgas con ella fuera del laboratorio. Cámbiate siempre tras cualquier incidente con salpicaduras o derrames.
5. Trabaja relajadamente, incluso en situaciones de presión del trabajo. Piensa en lo que haces.
6. Si tienes dudas sobre las medidas de protección que debes adoptar ante un proceso nuevo, no lo hagas: consulta antes a los responsables de tu área.
7. Evita los aerosoles: cuidado con los procedimientos que los generan (agitación, centrifugación, asas de cultivo calientes, etc.).
8. Utiliza las cabinas de seguridad biológica (CSB) para procedimientos habituales que generan aerosoles de baja intensidad (siembras, subcultivos, etc.).
9. Utiliza las CSB de manera apropiada; en caso contrario, en lugar de protegerte aumentan el riesgo de accidente biológico.
10. Utiliza el equipo de protección individual y el aparataje apropiado si percibes un mayor riesgo de generar aerosoles ante un determinado procedimiento que debas llevar a cabo.
11. Los materiales punzantes y cortantes se desechan en los contenedores especiales: nunca vuelvas a poner el capuchón protector de las agujas una vez utilizada una jeringa.
12. No trabajes con cortes abiertos o heridas en la piel: cúbrelos con apósitos y trabaja con guantes.
13. Maneja los equipos con tranquilidad y siguiendo siempre las instrucciones de seguridad. Presta atención especial a aquellas zonas con mayor riesgo eléctrico o mecánico.
14. Si caen gotas de un cultivo o se derrama éste, verter una solución de lejía al 0,5% recientemente preparada sobre el área contaminada. Cubrir con papel y dejar que actúe al menos 15 min.
15. Si se producen salpicaduras con cultivos que entran en contacto con los ojos, mucosas o piel, lavar con agua abundante en los lavaojos, pilas o duchas de emergencia.
16. Si se producen salpicaduras con productos químicos (tóxicos por contacto, corrosivos, etc.), actuar de forma similar a lo anterior. Se debe solicitar atención médica urgente.
17. Si hay un vertido de un producto tóxico por inhalación, procura abrir las ventanas (si es posible) y salir inmediatamente de la habitación.
18. Mantén bien recogido el cabello en la cercanía de fuentes de calor.
19. No manipular ni dejar sustancias inflamables en las cercanías del fuego o de una fuente de calor.
20. Notifica a tus superiores cualquier situación de peligro que hayas sufrido.

Los equipos que puedan producir aerosoles deben estar contenidos en dispositivos cuyo aire de salida se filtre por filtros HEPA u otra tecnología equivalente. El diseño de las instalaciones ha de tener en consideración la descontaminación de grandes piezas de equipo antes de sacarlas del laboratorio. El diseño, los parámetros y los procedimientos deben ser verificados y documentados antes del funcionamiento. Las instalaciones se deben volver a verificar anualmente, como mínimo.

El anexo IV del RD 664/1997 (tabla 9) incluye las características mínimas para la homologación de los la-

boratorios. Deben ser consideradas como un punto de partida, ya que son relativamente fáciles de alcanzar, pero insuficientes para el diseño de un laboratorio que permita un nivel óptimo de protección. Además, son demasiado escuetas por lo que dejan aspectos importantes sin concretar como, por ejemplo, las presiones diferenciales que se deben aplicar en los niveles 3 y 4. Por lo tanto, a la hora del diseño y construcción, es aconsejable recurrir a otras directrices internacionales en tanto no se promulgue una nueva legislación. Entre estas guías podemos citar: *Laboratory Biosafety Manual* de la OMS, *Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories* de los *Centres for Disease Control*

norteamericanos y *Laboratory Biosafety Guidelines* del Ministerio de Salud Pública de Canadá.

## 5. PREVENCIÓN Y CONTROL: ASPECTOS PRÁCTICOS

### 5.1. RECOMENDACIONES GENERALES DE TRABAJO EN UN LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA CLÍNICA

De todos los conceptos teóricos expuestos hasta el momento es posible obtener múltiples recomendaciones prácticas que nos permiten trabajar de una forma segura. En la tabla 10 se resumen 20 consejos básicos que pueden ser el punto de partida para el diseño y elaboración de materiales formativos y didácticos (carteles, etc.).

### 5.2. VIGILANCIA DE LA SALUD

El término vigilancia de la salud de los trabajadores engloba una serie de actividades, referidas tanto a los individuos como a las colectividades, orientadas a la prevención de riesgos laborales, cuyos objetivos generales tienen que ver con la identificación de problemas de la salud y la ejecución de intervenciones preventivas. Según el artículo 22 de la *Ley de Prevención de Riesgos Laborales* la empresa es quien debe garantizar a los trabajadores la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo que desarrollan. Además, debe prestar una es-

pecial atención a aquellos trabajadores especialmente sensibles, como las embarazadas y su descendencia, evaluando, eliminando o minimizando riesgos, así como informando sobre éstos y sobre las medidas de protección aplicables (*Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad*).

La vigilancia de la salud en el laboratorio de Microbiología debe cubrir aspectos generales de ésta, como la de cualquier trabajador, y además ciertos aspectos particulares derivados del entorno dónde se realiza el ejercicio profesional, atendiendo a sus riesgos específicos. El Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud tiene aprobados 15 protocolos de actuación médica (ver apartado de *Bibliografía seleccionada*) de los que, en el entorno de un laboratorio, tienen interés los referidos a pantallas de visualización de datos, ruido, agentes biológicos, posturas forzadas y movimientos repetitivos. Por otro lado, como aspectos más específicos a vigilar estarían los relacionados con el uso de agentes biológicos, químicos e incluso radiaciones ionizantes.

La vigilancia se deberá ofrecer a los trabajadores antes de la exposición, periódicamente durante ésta y siempre que se detecte algún caso de infección o enfermedad en otro trabajador. En el primer reconocimiento se investigará si el trabajador padece alguna enfermedad infecciosa o algún déficit inmunológico predisponente a la infección; además, se determinará su estado inmunitario respecto a los microorganismos a los que va a estar expuesto. Según los *Protocolos de vigilancia*

Tabla 11. Exposición que surge de la actividad laboral en centros sanitarios.

Bacterianas	Víricas	Fúngicas	Parasitarias
Tuberculosis Meningitis meningocócica Tosferina Difteria Legionelosis Salmonelosis Intoxicaciones alimentarias Shigelosis Otras <sup>a</sup>	Rubéola Sarampión Parotiditis Hepatitis B (hepatitis D) Hepatitis C VIH-1 y VIH-2 Citomegalovirus Virus Epstein-Barr Varicela Herpes simple Otras <sup>b</sup>	Candidiasis Aspergilosis	Giardiasis Criptoridiasis Ascaridiasis

<sup>a</sup>Por contacto con enfermos/portadores o manipulación de objetos o fómites infectados

<sup>b</sup>Adenovirus, enterovirus, rotavirus, calicivirus, astrovirus, coronavirus

*sanitaria específica* los riesgos derivados de la exposición a agentes biológicos en los laboratorios diagnósticos pueden ser de origen vírico, bacteriano, fúngico y parasitario (Tabla 11). Todas las enfermedades prevenibles por vacunación se deben investigar para proceder a la inmunización específica si la persona no mostrase inmunidad natural.

Habitualmente, se “vigila” la exposición a contaminantes químicos de una forma muy genérica, sin enumerar o identificar cuáles. Por ello, sería conveniente tener una lista actualizada de agentes químicos potencialmente peligrosos en cada laboratorio y de sus respectivas fichas de datos de seguridad. La vigilancia de los riesgos físicos y de los relacionados con la ergonomía se detalla más adelante. Las auditorías de los Servicios de Prevención facilitan esta tarea.

No debemos de olvidar que, entre las actividades de vigilancia de la salud, los exámenes de salud o reconocimientos médicos específicos juegan un importante papel. Por ello el Ministerio de Sanidad ha puesto a disposición de los médicos del trabajo unos protocolos de reconocimiento médico específico. Habitualmente, consta de anamnesis genérica, exploración general y unas determinaciones analíticas estándar. Un inconveniente de esta analítica es que, aunque puede detectar alteraciones, nunca se ponen en relación con la exposición a productos químicos.

### 5.3. CONTROL DE RIESGOS FÍSICOS, PSICOSOCIALES Y RELACIONADOS CON LA ERGONOMÍA: RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

**Ruido.** Por debajo de 80 dB (A), límite inferior de exposición, no se necesita protección. Por encima de 85 dB (A), límite superior de exposición, se debe adoptar obligatoriamente medidas de protección: aislamiento/apantallamiento del equipo productor de ruido como medida colectiva, revisión de la fuente para estudiar la causa del ruido, cerramientos insonorizados, equipos de protección personal auditivos (tapones, cascos), etc. Cuando los valores de ruido superen el límite inferior, 80 dB(A), y no lleguen al límite superior (85 dB), se pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales, aunque no es obligatorio su uso.

**Iluminación.** Cuando sea posible, los laboratorios tendrán una iluminación natural, complementada con iluminación artificial. Se utilizará iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de

iluminación elevados, por ejemplo para la observación de los cultivos. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir las siguientes características: uniformidad, niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, sin deslumbramientos directos por fuentes de luz artificial de alta luminancia, ni indirectos producidos por superficies de trabajo.

**Riesgo por contacto térmico.** Se deben seguir los procedimientos establecidos con los materiales y equipos que puedan producir quemaduras al interactuar con ellos, como el uso de pinzas o guantes térmicos homologados. Las partes del equipo expuestas a temperaturas extremas deberán estar protegidas con material aislante y el riesgo deberá estar señalado. Se usará ropa de protección cuando sea necesario.

**Riesgo eléctrico.** Los conductores deben estar protegidos. Las tomas de corriente para usos generales deben estar en número suficiente y convenientemente distribuidas para evitar instalaciones provisionales. No se debe sobrecargar la instalación utilizando enchufes intermedios o alargaderas sin toma de tierra. Para disminuir los contactos indirectos hay que utilizar la toma de tierra y el interruptor diferencial. En los locales o zonas donde se trabaje con líquidos inflamables la instalación eléctrica ha de ser de seguridad aumentada o antideflagrante.

**Radiaciones no ionizantes.** Se debe evitar o reducir la exposición, de manera que los riesgos se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible. Para ello, se pueden considerar las siguientes recomendaciones: a) elección de equipos que generen menores niveles de radiación, b) medidas técnicas para reducir la emisión de radiación óptica como sistemas de cerramiento, blindajes, etc., c) limitar la duración y nivel de la exposición, d) disponer del equipo adecuado de protección individual, y e) seguir las instrucciones del fabricante del equipo.

**Riesgo relacionado con la ergonomía.** El diseño del puesto de trabajo debe seguir unas recomendaciones según que el trabajo de laboratorio se realice de pie o sentado. La posición de pie implica el plano de trabajo a una altura del orden de 95 cm, y dicho plano debe estar entre 5-10 cm por debajo del codo. Si se realiza el trabajo sentado en esta altura, se recomiendan sillas con respaldo y reposapiés. Si se trata de puestos de trabajo de postura sentada, como el trabajo con el microscopio, tendrán que tener las medidas adecuadas a las dimensiones del instrumento o aparato incluyendo, además, el acceso a las estanterías que contienen

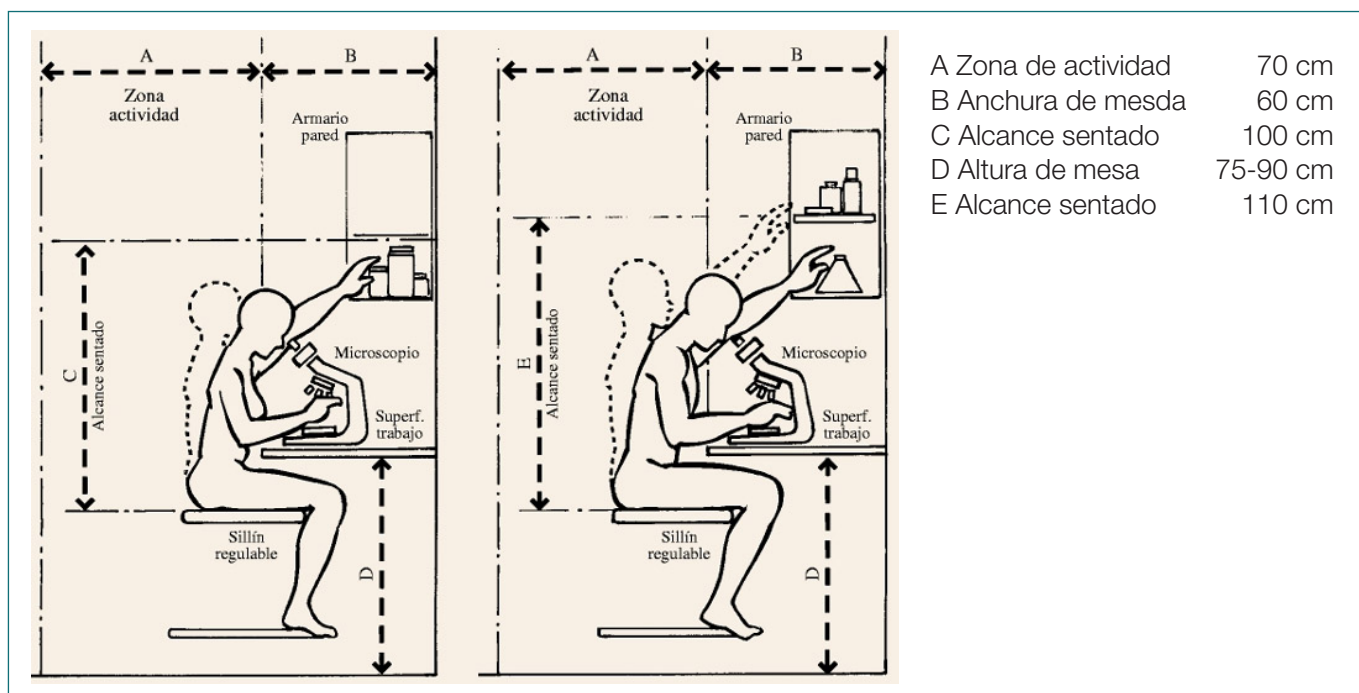


Figura 3. Trabajo sentado en el laboratorio. Distancias y alcances adecuados para mujer (izquierda) y hombre (derecha). (Tomado de: NTP 551: *Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño*. Instituto nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y Asuntos Sociales de España).

materiales o productos. Las sillas deben ser confortables, con las dimensiones recomendadas, base estable y regulable en altura (figura 3).

En los laboratorios de Microbiología, debido a su informatización, se ha extendido el trabajo con pantalla de datos que con la automatización en el área de bacteriología se extenderá también a las imágenes. Para el diseño de este puesto de trabajo hay que considerar la distancia visual óptima; el ángulo visual; la situación, altura e inclinación del teclado; la existencia sienta regulable, la profundidad de éste; el ángulo de los brazos y el portacopias a la misma altura que la pantalla. El trabajo diario con pantallas se debe interrumpir periódicamente por medio de pausas o cambios de actividad que reduzcan la carga de trabajo. Se recomienda cambios de 10 minutos por cada hora y media de trabajo, practicando ejercicios de relajación de cuello y cabeza.

En las operaciones de manipulación de cargas manuales, se debe emplear una técnica de levantamiento adecuada. Las técnicas de levantamiento recomiendan no sobrepasar el peso máximo de 25 kg, mantener la espalda recta y hacer el esfuerzo con las piernas.

**Riesgo psicosocial.** Para la prevención del estrés, se recomienda, si no fuera posible cambiar de tarea

o de horario de trabajo, unos ejercicios que consisten en la realización de ligeros movimientos para relajar la musculatura del cuello, espalda y brazos. Asimismo, de forma ideal, es recomendable realizar pausas cortas de unos 10 minutos cada hora y media de trabajo. Existen otras medidas preventivas adicionales, como el ejercicio físico, dieta adecuada, distracción y buen humor, técnicas de relajación física y mental, control de la respiración, técnica de solución de problemas, técnicas de autocontrol, etc.

### 5.3.1. Uso seguro de equipos de laboratorio

Además de las recomendaciones específicas es conveniente tener en cuenta las siguientes normas de tipo general:

- Todos los equipos y aparatos deben utilizarse de forma apropiada y correcta para conseguir un óptimo aprovechamiento de su uso y evitar resultados erróneos y riesgos para los operarios.
- Todos los aparatos con toma eléctrica deberán cumplir las normativas de seguridad correspondientes. Nunca deben utilizarse en zonas mal aisladas y expuestas a la humedad.
- Antes de utilizar cualquier equipo, hay que asegurarse de su correcto estado, precauciones a tomar,



procedimientos de trabajo, etc. Si hubiera fallos, se debe desconectar éste y llamar a los servicios de mantenimiento. No se debe alterar o modificar los dispositivos de seguridad de los equipos.

- Las fuentes de calor (calentadores, termobloques, etc.), sobre todo si se alcanzan temperaturas elevadas, deberán estar debidamente señalizadas para evitar quemaduras accidentales.
- Cada aparato debe contar, obligatoriamente, con un responsable y unas normas sobre su utilización segura que deben cumplirse, cuidándose especialmente las normas de limpieza y mantenimiento de éste. En aquellos equipos que se requiera, se anotará en las hojas de uso del instrumento quién lo ha utilizado, el tiempo de uso y cualquier incidencia que se haya producido.

**Centrífugas.** Los mayores riesgos derivan, sobre todo, de la contaminación por los aerosoles generados durante la centrifugación de materiales biológicos o por rotura de los tubos y, en menor medida, de los traumatismos accidentales. Cuando se centrifugue material biológico potencialmente infeccioso, deben utilizarse tubos bien cerrados. La centrífuga debe disponer de rotores o cestillos de seguridad que protejan al operador de los posibles aerosoles. La rotura accidental de un tubo y su vertido representa una incidencia importante que debe ser comunicada inmediatamente al responsable de seguridad del laboratorio, para proceder a la desinfección del aparato. Los cestillos y los soportes han de estar correctamente equilibrados. No se deben utilizar centrífugas que no posean sistema de cierre de seguridad y nunca hay que manipularlas mientras el rotor no se haya detenido por completo.

**Equipos de electroforesis.** La fuente de alimentación y las conexiones a la cubeta de electroforesis se deben manejar con prudencia para evitar descargas eléctricas, sin sobrepasar los límites de intensidad y voltaje que la fuente es capaz de generar y el equipo de electroforesis soportar. No se abrirá la cubeta de electroforesis mientras esté conectada a la fuente de alimentación. Si el aparato no lo permite, nunca se cambiará la polaridad de la cubeta de electroforesis.

**Estufas e incubadores.** No se debe sobrepasar los límites de temperatura que cada estufa es capaz de soportar. Tampoco se puede introducir dentro de la estufa elementos con productos químicos que pueden ser corrosivos y dañar la estufa o los materiales que se encuentren en su interior. La limpieza y la desinfección,

periódicas y sistemáticas, son el método recomendable para reducir los riesgos derivados de la contaminación. Conviene utilizar estufas que dispongan de sistemas de seguridad de control de temperaturas (doble termostato, por ejemplo).

**Mecheros.** Los mecheros de gas pueden dar lugar a quemaduras accidentales debido a que la llama puede ser poco visible (azulada). También existe la posibilidad de incendio o explosión por acumulación de gas al quedar abierto y sin combustión, o por la presencia de gases comburentes o combustibles, o productos inflamables. Se recomienda utilizar equipos con dispositivo de seguridad que interrumpa el suministro de gas en caso de anomalía. Conviene utilizar una pantalla que permita la visión y aislamiento de la llama. Para trabajar frente ésta, se debe mantener el pelo bien recogido y evitar pasar las mangas por encima de la llama. Se debe cerrar el gas al finalizar el uso del mechero y realizar un mantenimiento adecuado de la instalación de gas en su conjunto.

**Frigoríficos y habitaciones frigoríficas.** Es recomendable emplear frigoríficos sin instalación eléctrica interior. Durante su limpieza y desinfección se debe utilizar guantes. Todo el material en su interior debe estar perfectamente identificado y los recipientes bien cerrados. Hay que asegurarse de que las puertas quedan perfectamente cerradas tras su uso. No deben almacenarse reactivos que contengan compuestos volátiles inflamables, por ejemplo el éter etílico, si no poseen un sistema de protección antideflagración. Debe mantenerse un inventario de contenidos, sus riesgos potenciales y el usuario que los deposita. El control de la temperatura interior del frigorífico es una medida básica, también de seguridad.

**Congeladores.** Hay que mantener un inventario con el contenido almacenado, sus riesgos potenciales y el usuario que lo deposita. El material potencialmente infeccioso debe colocarse en tubos o recipientes bien cerrados, que no se llenarán completamente para evitar que rebosen por la dilatación producida tras la congelación. Se deben utilizar crioviales especiales para congelar a  $-80^{\circ}\text{C}$  o en nitrógeno líquido. Se debe descongelar, limpiar y desinfectar periódicamente. Durante la limpieza y desinfección hay que utilizar guantes, también para manipular su contenido.

**Autoclaves.** Deben estar equipados con manómetro. Todo el material debe colocarse en recipientes que permitan una fácil evacuación del aire y una buena penetración del calor. Nunca, bajo ningún concepto,

se han de introducir en los autoclaves sustancias que contengan alcoholes o fenoles, pues puede ser causa de explosión. Antes de ponerlo en marcha, hay que comprobar que el nivel de agua llega a cubrir la rejilla inferior y asegurarse que se ha cerrado correctamente. La apertura, una vez finalizado el proceso, sólo se llevará a cabo cuando haya bajado la presión. En caso de problemas, no se debe abrir nunca el equipo hasta que baje la presión y la temperatura sea menor de 80°C y usar guantes especiales y pantalla facial para protegerse del calor desprendido al abrirlo.

**Baños de agua.** Deben rellenarse con agua desionizada hasta el nivel recomendado. No introducir recipientes de vidrio ordinario en el baño, utilizar vidrio tipo Pyrex®. Sólo deben estar conectados durante el tiempo de uso o el necesario para equilibrarlos a la temperatura adecuada. Las incubaciones deben hacerse, en la medida de lo posible, con la tapa puesta, para evitar evaporación. Después de su empleo, hay que desconectar y añadir agua desionizada si es necesario reponer niveles. Es muy recomendable disponer de un termostato de seguridad para limitar la temperatura.

**Microondas.** Los microondas son cada vez más usados en el laboratorio de Microbiología y constituyen una fuente de accidentes, entre los más frecuentes las explosiones cuando se usan para preparar medios con agar: no introducir recipientes herméticamente cerrados para evitar que estallen. Es recomendable estar presente durante el proceso, con ropa y pantalla facial adecuadas, controlando en todo momento la intensidad del aparato.

#### 5.4. CONTROL DE RIESGOS QUÍMICOS: RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

Los riesgos químicos constituyen una parte importante del riesgo asociado al trabajo en el laboratorio de Microbiología, que en muchas ocasiones está infravalorado. Este tipo de riesgos se asocian a accidentes durante la manipulación y almacenamiento de estos compuestos y también con el desconocimiento de los reactivos que pueden contener agentes químicos y de su peligrosidad. Además, los efectos de la exposición a productos químicos son cuantificables, así como su riesgo.

La exposición a los compuestos químicos puede producir efectos agudos o crónicos en función de la toxicidad del agente químico, la dosis absorbida y la vía de entrada al organismo: por inhalación (vía principal), dérmica (a través de las mucosas o piel intacta), diges-

tiva o percutánea. Existen valores límites ambientales para controlar la exposición a agentes químicos establecidos por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y regulados mediante el RD 717/2010 que modifica a los RD 255/2003 y RD 363/1995. También se regula la información que el fabricante debe incluir en la Ficha de Datos de Seguridad, como la identificación de los peligros asociados al producto, las medidas de manipulación, almacenamiento y de actuación en caso de accidente, entre otras.

Sería recomendable que, dentro del Manual de Seguridad del laboratorio, existiera un apartado de gestión de productos químicos. Dentro de éste se describirá la lista de todos los productos químicos presentes en el laboratorio, así como un registro de su almacenamiento con referencia a su nivel de peligrosidad. También deben elaborarse fichas descriptivas de los datos de seguridad para cada producto químico en las que se recogerá la información que el fabricante proporciona en la Ficha de Datos de Seguridad del producto.

Es aconsejable identificar a los trabajadores con circunstancias de salud especiales (EPOC, enfermedad hepática crónica, sensibilizaciones, embarazo, etc.) ya que pueden no estar protegidos adecuadamente de los efectos adversos para su salud con estos valores límite, siendo el servicio de Salud Laboral quien evalúe la protección adicional que requieren estos trabajadores. También es recomendable establecer planes de formación para que todo el personal del laboratorio conozca los productos químicos a los que está expuesto y la gestión de sus riesgos potenciales.

Con respecto al almacenamiento también se describen unas recomendaciones generales. Se separarán ácidos de bases, oxidantes de inflamables, venenos activos, sustancias cancerígenas, peroxidables, etc. Los envases más pesados se colocarán en las baldas o estantes inferiores, así como los ácidos y bases fuertes, de manera que las sustancias más agresivas ocupen los lugares a más bajo nivel.

Los productos peroxidables (éter etílico, éter isopropílico, etc.) pueden provocar detonaciones al contacto con el aire o incluso por choque o fricción. Una vez abiertos no deben almacenarse más de 6 meses, a no ser que contengan un inhibidor eficaz. En el etiquetado deberá figurar la fecha de recepción y la de apertura del envase.

Los venenos activos, productos cancerígenos y productos inflamables requieren un almacenamiento es-

pecial en armarios específicos convenientemente rotulados y bajo llave. El control del *stock* debe ser riguroso y es conveniente guardarlos en un doble recipiente para evitar dispersiones o derrames.

Las sustancias inflamables que requieran refrigeración deben almacenarse en armarios frigoríficos especiales, no siendo recomendables los de uso doméstico. En todos los casos, los armarios frigoríficos se colocarán en lugares con buena ventilación.

Los envases de todos los compuestos químicos deberán estar claramente etiquetados con el nombre químico y los riesgos que produce su manipulación. Es obligación de todo el personal leer y seguir estrictamente las instrucciones del fabricante.

## 5.5. CONTROL DEL RIESGO BIOLÓGICO

### 5.5.1. Buenas prácticas de manipulación: consejos prácticos

Con el fin de evitar o minimizar el riesgo biológico es indispensable establecer procedimientos de trabajo adecuados de obligado cumplimiento en cualquiera de las áreas del laboratorio. El personal debe estar prevenido del riesgo al que está expuesto, y debe recibir la formación adecuada para conocer cuáles son los microorganismos o el material potencialmente infeccioso. A pesar de que la manipulación de muestras biológicas implica tomar distintas medidas en función del nivel de contención establecido, existen una serie de normas generales:

- El transporte de las muestras en el laboratorio debe realizarse, preferiblemente, en cajas herméticas o neveras transportables, rígidas, resistentes y de fácil desinfección. En ningún caso debieran ser transportadas en mano.
- La bata o uniforme de trabajo es obligatorio para evitar la contaminación de la ropa de calle, y no se podrá utilizar la ropa del laboratorio fuera del mismo.
- Es obligatorio el uso de guantes cuando se manipulen muestras o cultivos con posibles patógenos. Los guantes se desecharán cuando estén contaminados, rotos o se cambie de actividad.
- Todo el personal se lavará las manos después de haber manipulado material infeccioso (aún habiendo empleado guantes) y antes de abandonar el laboratorio. Este lavado se realizará con soluciones

antisépticas (jabón, soluciones yodadas), pudiendo completarse con geles hidroalcohólicos.

- Las superficies de trabajo se descontaminarán por lo menos una vez al día y siempre que haya un derrame.
- El material reutilizable debe ser empaquetado convenientemente para su posterior esterilización.
- Los desechos biológicos y el material contaminado, deberán ser eliminados en contenedores especiales siguiendo la normativa existente de gestión de residuos, que se cerrarán antes de ser trasladados fuera del laboratorio.

En caso de que las medidas de contención fallaran y se produjera un accidente biológico, es necesario notificarlo por escrito tanto al Supervisor de Seguridad como al Jefe del laboratorio, y seguir los protocolos de actuación establecidos para estos casos.

### 5.5.2. Prevención de la transmisión por vía aérea

Durante los distintos procesos realizados en el laboratorio pueden producirse aerosoles. Este hecho requiere especial atención ya que son muy penetrantes y ponen en riesgo tanto la salud del trabajador que lleva a cabo el proceso como la de sus compañeros. Para evitar esta vía de transmisión:

- Se empleará mascarilla en el caso de que exista riesgo de formación de aerosoles.
- Para la centrifugación de muestras biológicas o suspensiones que contengan microorganismos se utilizarán tubos de seguridad y se llevará a cabo en una centrífuga hermética cerrada. El llenado, cierre y apertura de los tubos debe realizarse en cabina de seguridad.
- Todas las prácticas que puedan producir aerosoles como la centrifugación, la trituración, las mezclas, las agitaciones energéticas, la sonicación, la apertura de envases, etc., se realizarán en cabinas de seguridad.
- Se debe evitar la inyección violenta de fluidos a partir de pipetas o jeringas.

### 5.5.3. Prevención de la transmisión parenteral, cutánea y por mucosas

La transmisión parenteral se debe al contacto con objetos punzantes o cortantes contaminados con material biológico, mientras que la transmisión a través de piel y mucosas se debe principalmente a derrames y

salpicaduras. Ambas vías son bastante frecuentes en el laboratorio de Microbiología, por lo que es importante adoptar medidas de autoprotección:

- Se deben emplear gafas de seguridad, pantallas faciales y otros dispositivos de protección si existe el riesgo de salpicaduras.
- Las heridas y los cortes deben cubrirse adecuadamente.
- Es obligatorio el uso de guantes en cualquier proceso.
- No está permitido el uso de lentes de contacto, salvo que se utilicen gafas de seguridad.
- Para evitar cortes accidentales, es preferible el uso de material plástico en lugar de cristal.
- El uso de agujas hipodérmicas queda restringido a la aspiración de líquidos de viales con cápsula perforable y a la extracción de fluidos biológicos de animales de experimentación.
- Las agujas hipodérmicas y jeringas deben ser de un solo uso, y no deben emplearse si están torcidas o rotas. En ningún caso deben reencapsularse de nuevo. Tras su uso deben eliminarse, al igual que los bisturís, en recipientes rígidos adecuados que eviten pinchazos accidentales.

#### 5.5.4. Prevención de la transmisión por vía oral

La transmisión por vía oral se produce por ingestión accidental, o bien por contaminación de alimentos o bebidas en el laboratorio. Por estas razones:

- Nunca se debe pipetear con la boca. Se emplearán dispositivos de tipo automático.
- Está terminantemente prohibido comer, beber, aplicarse cosméticos o fumar dentro del laboratorio.
- No se puede almacenar comida y bebida dentro del laboratorio. Para este fin, deben habilitarse lugares fuera de éste.
- Nunca debe emplearse recipientes procedentes de alimentos y bebidas para la preparación y el almacenamiento de reactivos, ya que pueden inducir a error.

- El lavado de manos es obligatorio antes de cambiar de actividad, abandonar el laboratorio o de ingerir cualquier comida o alimento.

#### 5.5.5. Prevención de la transmisión por manipulación de animales de laboratorio

Cuando el trabajo implica el uso de animales de laboratorio, hay que considerar el riesgo de transmisión de agentes zoonóticos a través de fluidos biológicos del animal. Es importante conocer el microorganismo con el que se trabaja y si el animal es portador de otros, para establecer el nivel de contención de riesgo biológico adecuado. Aun así, al existir riesgo de transmisión por vía aérea, cutánea, oral y parenteral se recomienda seguir las medidas explicadas anteriormente.

- El animalario debe estar separado de la zona de laboratorio clínico, y su acceso debe estar restringido.
- El personal trabajador debe conocer los riesgos inherentes al trabajo que realiza y recibir formación específica.
- El personal que trabaje en ésta área debe estar vacunado contra el tétanos, así como de aquellas enfermedades que se crea conveniente en función del animal a manipular.
- El uso de guantes, bata, mascarilla y gafas protectoras es obligatorio.
- En el caso de producirse escapes de las jaulas, los animales deberán ser sacrificados una vez capturados.
- Para evitar agresiones, antes de coger a los animales de experimentación es recomendable anestesiarlos y utilizar jaulas de contención.
- Debe notificarse cualquier enfermedad o muerte inesperada de los animales.
- Los residuos derivados del trabajo con animales de laboratorio deben desecharse en contenedores especiales para este fin, siguiendo la normativa vigente de gestión de residuos.

## 5.6. EMERGENCIAS Y ACCIDENTES

### 5.6.1. Conato de emergencia

En el laboratorio se pueden dar fácilmente situaciones de emergencia ocasionadas por derrames, o

conatos de incendio, en las cuales una intervención rápida y eficaz evita que estos incidentes lleguen a convertirse en una emergencia más grave, en cuyo caso se tendría que proceder a activar el Plan de Emergencia.

**Fuego.** Para que se produzca un incendio deben darse los siguientes elementos: material combustible, oxígeno, elevada temperatura y reacción en cadena. La prevención de incendios se centra en la eliminación de uno de estos factores, evitando que coexistan. El proceso de extinción actúa siempre sobre uno o más de los componentes del tetraedro del fuego, pero hay que elegir el adecuado sistema de extinción según el tipo de fuego. La norma UNE EN-2 clasifica los fuegos en función del combustible en:

- Clase A (materiales sólidos que arden con producción de llamas y brasas, tales como papel, madera o carbón).
- Clase B (sustancias líquidas y sólidas licuables como gasolina, pintura, disolventes, etc.).
- Clase C (gases inflamables como gas natural, butano, propano, etc.).
- Clase D (metales como el magnesio, potasio, sodio, etc.) y clase E (eléctricos, no está recogida en la norma UNE EN-2).

En el laboratorio de Microbiología se pueden producir los cuatro tipos de fuego. La actuación en caso de incendio es un proceso complejo que debe estar incluido en el Plan de Emergencia, que puede requerir el aviso a servicios externos y considerar posibles medidas de evacuación. En este documento se introducen sólo unas nociones básicas sobre el proceso de extinción. Para ello se pueden utilizar extintores en cuyo interior contienen un agente para ser proyectado con el fuego. Los agentes que utilizan los extintores son, fundamentalmente, agua, espuma, polvo seco o  $\text{CO}_2$ . Existen diversos tipos de extintores, aunque los de elección en el laboratorio de Microbiología son:

- **Extintores de polvo polivalente ABC**, utilizados para sofocar fuegos de clase A, B y C. Actúan interrumpiendo la reacción química del fuego. Es el más utilizado en la actualidad.
- **Extintores de  $\text{CO}_2$**  utilizados para sofocar fuegos eléctricos. Desplazan o eliminan el oxígeno de la reacción química del fuego creando una atmósfera

inerte y disminuyen el calor debido al enfriamiento que causa el dióxido de carbono al expandirse.

- **Extintores de agua clase A** utilizados para sofocar fuegos de dicha clase: actúan disminuyendo la temperatura y la reacción química del fuego.

Para apagar la ropa ardiendo del personal, lo mejor es utilizar la ducha de emergencia o la manta ignífuga. Ésta también puede utilizarse para sofocar los líquidos que arden en una superficie.

**Derrame.** Ante cualquier derrame, el personal del laboratorio debe mantener la calma, avisar al personal próximo, detener el derrame lo más pronto posible, delimitar y aislar la zona. Se debe alertar tan pronto como sea posible a los responsables de Seguridad y del laboratorio. Hay que identificar el material derramado y consultar la Ficha de Seguridad del producto derramado o el agente biológico y proceder a recogerlo inmediatamente. El laboratorio debe disponer de una estación de seguridad con absorbentes y neutralizadores de ácidos, bases, líquidos inflamables, aceites y otros.

En el caso de derrames químicos tóxicos o con afectados, hay que atender y trasladar a una zona segura a los heridos, evacuar a toda persona no esencial de la zona del derrame y colocarse los equipos de protección adecuados. Al menos, debe utilizarse guantes y gafas, y mascarilla si es peligroso por inhalación. Se debe proceder a neutralizar y absorber el derrame según el tipo, siguiendo el principio de fuera hacia adentro. El material absorbente se recogerá en bolsas de basura y se gestionará según la naturaleza del material derramado, indicando en la bolsa el tipo de derrame ocurrido. Por último, se debe limpiar la zona con abundante agua y ventilarla convenientemente.

Cuando se produce un derrame biológico, hay que evacuar la zona afectada y precintar el local afectado, al menos 30 min. Transcurrido este tiempo, se debe realizar la descontaminación con los equipos de protección adecuados (mínimo guantes y gafas, y mascarilla si es peligroso por inhalación). Hay que cubrir toda la superficie del derrame con un material absorbente, siempre de fuera hacia adentro. A continuación, hay que verter sobre el material absorbente una solución recién preparada de hipoclorito sódico que contenga 5 g/L de cloro libre (dilución al 10% de lejía doméstica) y dejar que actúe de 20-30 min. Luego, se recogerá el material absorbente en contenedores de productos biológicos y, por último, se procederá a limpiar la zona con abundante agua y a ventilarla.

Tanto en el caso de derrames químicos como biológicos, se debe notificar el incidente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

### 5.6.2. Normas de actuación en caso de accidente

En el laboratorio de Microbiología se debe disponer de un plan de actuación en caso de accidente. Por ello, todo el personal debe conocer las actuaciones. La información necesaria para la actuación en caso de que se produzca (qué hacer, a quién avisar, números de teléfono y normas de actuación, etc.) debe colocarse en un lugar bien visible del laboratorio.

En todos los casos, ante un accidente, hay que informar al Director del laboratorio, acudir lo antes posible al Servicio de Urgencias, rellenar el Parte de Accidente y notificar el accidente al Servicio de Riesgos Laborales. Si el accidente ha sido producido por un agente químico o biológico se ha de llevar la ficha de Seguridad al acudir al Servicio de Urgencias. A continuación se incluye una serie de normas a tomar antes de acudir a dicho Servicio.

**Accidente por contacto.** Puede darse en la piel o en los ojos.

- a. Contacto de un producto químico con la piel: lavar la zona afectada con abundante agua durante al menos 15 min. Si la zona es muy extensa, conviene utilizar la ducha de seguridad y retirar la ropa contaminada de la persona lo antes posible.
- b. Contacto de una sustancia infecciosa con la piel: lavar la zona afectada con abundante agua y jabón y retirar la ropa contaminada de la persona lo antes posible.
- c. Salpicadura de un producto químico o de una sustancia infecciosa en los ojos: actuar rápidamente para minimizar el daño. Lavar los dos ojos en la ducha lavajos durante al menos 15 min manteniendo los ojos muy abiertos con la ayuda de los dedos para facilitar el lavado debajo de los párpados. Nunca hay que dirigir una corriente de alta presión de agua de un grifo normal directamente a los ojos porque puede lesionarlos. Si se llevan lentillas, retirarlas inmediatamente.
- d. Salpicadura de nitrógeno líquido o de un ácido: este tipo de salpicaduras da lugar a quemaduras. En este caso, se ha de acudir inmediatamente al

Servicio de Urgencias. Nunca debe aplicarse calor directo a la zona expuesta.

**Accidente por inhalación.** Los accidentes por inhalación más comunes en un laboratorio lo son por inhalación de productos químicos, material biológico o un gas (gas natural, CO<sub>2</sub> y nitrógeno). En cada uno de los casos, se actúa de la siguiente manera:

- a. Ante la inhalación de un producto químico o de un gas se debe pedir inmediatamente asistencia médica y evacuar a todo el personal del local y colocarse la protección respiratoria apropiada. Las personas afectadas se deben conducir lo antes posible a un lugar ventilado, dejándolas recostadas sobre el lado izquierdo. Se debe aflojar la ropa o todo aquello que pueda oprimirlas, y prepararlas para practicar la reanimación cardiorrespiratoria ante la mínima dificultad respiratoria. Si el afectado está consciente, hay que mantenerlo apoyado y taparlo con una manta para evitar la hipotermia.
- b. Ante la inhalación de material potencialmente infeccioso, se debe acudir inmediatamente al Servicio de Urgencias, notificando la identidad del material inhalado y las circunstancias del incidente.

**Accidentes eléctricos.** La electrocución o choque eléctrico tiene lugar cuando, por un contacto eléctrico directo o indirecto, una persona pasa a formar parte de un circuito eléctrico, transmitiéndose a través de su organismo una determinada intensidad eléctrica durante un tiempo. Las acciones a llevar a cabo cuando alguien queda "atrapado" por la corriente son las siguientes: a) antes de tocar al accidentado hay que cortar la alimentación eléctrica de la fuente causante del accidente, y b) cuando no sea posible, se separará al accidentado con ayuda de materiales no conductores, tales como madera, goma, guantes aislantes o periódicos, nunca con las manos. Si al liberar al accidentado éste pudiera sufrir caídas o despedidas, se deben colocar mantas, abrigos, etc. que amortigüen el impacto. Si fuera necesario, habría que proceder a practicar la reanimación cardiorrespiratoria.

**Accidentes térmicos.** Las quemaduras más frecuentes en los laboratorios son las producidas por contacto con material caliente, placas o mantas eléctricas y llama de fuego. Las instrucciones básicas para el tratamiento de quemaduras son: a) lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada, b) no quitar la ropa pegada a la piel, y c) tapar la parte quemada con ropa limpia. Son recomendaciones específicas en

estos casos: no aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes), no enfriar demasiado al accidentado, no dar bebidas ni alimentos, no romper las ampollas y no dejar solo al accidentado.

**Accidente por ingestión.** En un laboratorio se pueden producir accidentes por ingestión de productos químicos o infecciosos, principalmente al pipetear con la boca o al ingerir productos químicos conservados en envases de bebidas o refrescos (ambas situaciones, inaceptables). Para el tratamiento se debe disponer de la ficha de seguridad del producto ingerido.

- a. Ante la ingestión de un producto químico, hay que pedir inmediatamente asistencia médica. Si el afectado está inconsciente, conviene tumbarlo de lado y sujetarle la lengua hacia fuera para que no se le invierta. Si el afectado está consciente, hay que mantenerlo apoyado y tapado con una manta para evitar la hipotermia. No debe provocársele el vómito si presenta convulsiones o está inconsciente, o cuando se trate de un producto corrosivo o volátil. Como emergencia se usará carbón activo o un antídoto conocido.
- b. Si ha ingerido material potencialmente infeccioso, hay que pedir también asistencia médica, notificando la identidad del material ingerido y las circunstancias del incidente (llevar la ficha de seguridad del agente biológico, si se conoce). Si es desconocido, hay que proceder a su identificación mediante técnicas microbiológicas.

**Accidente por inoculación o corte.** Los accidentes más comunes de este tipo son los producidos por bisturí o agujas con material potencialmente infeccioso. Como en todos los casos, además de las medidas señaladas, se deben seguir rigurosamente las actuaciones básicas frente a un accidente laboral descritas en el apartado “Normas generales de actuación”. La sistemática a seguir está perfectamente protocolizada en las instituciones sanitarias y las normas de actuación están recogidas en procedimientos específicos de la SEIMC.

## 6. GESTIÓN DE RESIDUOS

La bioseguridad en el laboratorio de Microbiología abarca diferentes áreas, siendo una de las más importantes la gestión de los residuos generados a partir de la actividad propia del laboratorio. Existen consideraciones particulares con respecto a estos residuos, ya

que pueden estar contaminados por microorganismos o pueden contener sustancias peligrosas e incluso tóxicas que pueden afectar al personal del laboratorio que las genera, así como a la comunidad.

Para el desarrollo del capítulo consideraremos como marco legal la *Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados*, que traspone la *Directiva 2008/98/CE o Directiva marco de residuos* dictada por el Parlamento y la Comisión Europeas. Esta ley describe el marco legal general para la gestión de residuos, no entrando en su ámbito los residuos radiactivos. Con respecto a los residuos biosanitarios, cada Comunidad Autónoma posee su propia legislación, en general anterior a la ley marco 22/2011, en la que se regula la gestión de residuos sanitarios en los ámbitos intrahospitalario y extrahospitalario. Aunque se aprecian algunas diferencias entre las disposiciones autonómicas, en general la regulación de la gestión de los residuos biosanitarios es bastante similar entre ellas.

### 6.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN SU PELIGROSIDAD

Según la ley 22/2011 se clasifican los residuos peligrosos en 15 categorías diferentes según su peligrosidad. Acorde con esa clasificación, los tipos de residuos peligrosos generados en el laboratorio de Microbiología se describen en la tabla 12.

### 6.2. GESTIÓN DE RESIDUOS BIOLÓGICOS

En general, la mayor parte de centros sanitarios incluyen la gestión de residuos generados en el laboratorio de Microbiología dentro del plan general del propio centro, incluyendo la cesión a gestores autorizados. No obstante, conviene tener algunas ideas teóricas y consejos prácticos que pueden servir para completar las especificaciones y, en última instancia, para aumentar la seguridad.

#### 6.2.1. Definiciones y aspectos generales

Se definen como los residuos específicos de la actividad sanitaria propiamente dicha, potencialmente contaminados. Los residuos biosanitarios se clasifican a su vez en diferentes categorías:

- Clase I. Residuos generales: cartón, papel, comida, vidrio, etc.
- Clase II. Residuos asimilables a los urbanos, que son los residuos biosanitarios que no se incluyen en la clase III.
- Clase III. Residuos especiales: requieren unas

Tabla 12. Clasificación de los residuos peligrosos que pueden generarse en el laboratorio de Microbiología.

Denominación	Descripción
H3-A	Fácilmente inflamable
H3-B	Inflamable
H4	Irritante
H5	Nocivo
H6	Tóxico
H7	Cancerígeno
H8	Corrosivo
H9	Infeccioso
H11	Mutagénico
H13	Sensibilizante
H14	Ecotóxico
H15	Residuos que tras su eliminación puedan dar lugar a sustancias con alguna de las características anteriores

medidas especiales de prevención, recogida, almacenamiento, transporte y eliminación dentro y fuera del centro sanitario. Existen diferentes clasificaciones para esta categoría según las normativas de las Comunidades Autónomas (CCAA) pero, en general, agrupan residuos que pueden estar contaminados con agentes infecciosos, volúmenes de sangre mayores de 100 mL, objetos punzantes, etc.

- Grupo IV. Cadáveres.
- Grupo V. Residuos químicos.
- Grupo VI. Residuos citotóxicos.
- Grupo VII. Residuos contaminados por sustancias radiactivas.

Una particularidad de los residuos biosanitarios de tipo III, que corresponden con los que comúnmente conocemos como “residuos infecciosos”, es que los riesgos asociados no siempre son fáciles de identificar. En el caso de contacto directo con material punzante las posibles repercusiones son objetivas, pero evaluar el riesgo sobre la comunidad o el medio ambiente no siempre es fácil, ya que no existen evidencias suficientes. En cualquier caso se han de tener en cuenta diferentes aspectos de los microorganismos que potencialmente contaminan los residuos biosanitarios, como su epidemiología, virulencia, vía de transmisión, etc.

Es recomendable que en todos los laboratorios de Microbiología se elabore un Plan de Gestión de Residuos Infecciosos. Este manual debe estar en consonancia con las normas del propio centro para la gestión de

residuos, así como con las disposiciones dictadas por las CCAA y directrices de rango superior. Dentro de este plan deben incluirse los siguientes aspectos:

- Estrategias de prevención y minimización de la generación de los residuos.
- Segregación de los residuos infecciosos de los no infecciosos.
- Identificación y tipificación de los residuos infecciosos y su riesgo relativo en los depósitos intermedios (en función de las CCAA, pueden existir diferencias).
- Normas de señalización, rotulación, almacenamiento y transporte hasta los depósitos finales.
- Plan de formación de todas las personas expuestas a estos residuos.
- Normas de actuación en caso de vertidos o roturas accidentales.
- Plan de contingencia ante el fallo de las medidas de contención habituales.

### 6.2.2. Manipulación de residuos peligrosos desde la óptica práctica

**Residuos líquidos.** Según diferentes manuales y normativas, está aceptado que los líquidos orgánicos y las secreciones se pueden eliminar por el desagüe con agua suficiente como para asegurar una dilución



abundante del líquido a eliminar. Con respecto a los líquidos que se conoce que son potencialmente infecciosos, deben neutralizarse con una solución de hipoclorito sódico recién preparada en volumen suficiente para la cantidad de líquido a eliminar. Una vez neutralizados, podrían ser eliminados por el desagüe. En el caso de residuos líquidos procedentes de áreas como micobacteriología o virología pueden someterse a autoclavado o eliminarse en los recipientes que los contienen (tubos, placas, frascos etc.), bien cerrados, asegurando la imposibilidad de apertura, como sí se tratase de un residuo sólido.

**Residuos sólidos.** Las formas más frecuentes de tratamiento de los residuos sólidos en función del volumen de residuos generado son la esterilización por autoclave y la incineración.

La esterilización por autoclave requiere unas condiciones especiales del proceso, ya que los ciclos empleados para materiales limpios pueden no tener efecto sobre toda la masa del residuo a autoclavar. Para ello se recomienda prolongar el tiempo y aumentar la presión durante el proceso. También es recomendable sistematizar rigurosamente el registro de las condiciones de presión y temperatura de cada ciclo, así como el mantenimiento apropiado del autoclave, ya que métodos como las suspensiones de esporas de *Bacillus* o los indicadores químicos pueden no ser suficientes como indicadores del proceso.

Con respecto a la incineración, no suele realizarse en los propios hospitales y suele llevarse a cabo de forma regulada por empresas especializadas y autorizadas por cada Comunidad Autónoma. Desde el punto de vista del laboratorio de Microbiología los residuos de tipo III que se destinen a incineración deben segregarse

de los otros tipos de residuos en envases que cumplan las características expuestas en la tabla 13.

**Objetos punzantes y cortantes.** Todos estos materiales deben depositarse en recipientes rígidos o semirrígidos destinados a tal fin, que sean resistentes a la punción y con un cierre seguro. Una vez llenos, se depositarán en los recipientes rígidos destinados a los residuos sólidos.

### 6.3. GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

Los agentes químicos deben ser considerados tan importantes como los residuos infecciosos ya que constituyen la segunda fuente de riesgo en el laboratorio de Microbiología. Además está demostrado que la gestión incorrecta de este tipo de residuos puede tener efecto directo para la salud de la comunidad. La gestión adecuada de los residuos químicos se fundamenta en los mismos principios que para los residuos infecciosos, es decir, en la prevención y minimización de su generación y en la segregación, almacenamiento y transporte adecuados para su eliminación.

El laboratorio de Microbiología debe elaborar un procedimiento o Plan para la Gestión de los Residuos Químicos, siempre acorde con el Plan de Gestión de Residuos de cada centro, con los siguientes aspectos a considerar:

- Enumeración y descripción de los residuos químicos peligrosos.
- Descripción individualizada de su peligrosidad.
- Métodos para prevenir y reducir su producción.
- Sistemas de eliminación controlada.
- Normas de actuación en situaciones accidentales.
- Plan de formación del personal.

**Tabla 13. Características de los envases para la eliminación de residuos biosanitarios y citotóxicos.**

Envases rígidos o semirrígidos	Envases no rígidos
Libre sustentación Opacos Impermeables Resistentes a la humedad Resistentes a la perforación Provistos de cierre hermético Combustión sin emisión tóxica Volumen no superior a 60 L Pictograma "Biopeligroso" o "Citotóxico"	Opacos Impermeables Resistentes a la humedad Combustión sin emisión tóxica Volumen no superior a 80 L Color rojo Galga mínima: 300

En general, los residuos químicos que se producen en el laboratorio de Microbiología suelen derivarse de las tinciones o de reactivos comerciales. Es recomendable leer los prospectos y tener un archivo con las fichas de datos de seguridad en las que se describa cada reactivo, su peligrosidad y cómo neutralizarlo en caso de accidente. A continuación se describen algunos ejemplos que pueden plantearse en el laboratorio de Microbiología.

**Ácidos inorgánicos.** No suele ser frecuente tener que eliminar ácidos concentrados (HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, etc.), pero sí soluciones diluidas. Los ácidos más concentrados (hasta 1N) se diluyen con agua al 1:5 (atención con el ácido sulfúrico), y esta disolución ha de neutralizarse hasta pH 6,8 con soluciones de hidróxido sódico, para volver a diluir al 1:10 en agua y ya eliminarse por los desagües. En el caso de las disoluciones más diluidas se puede seguir el mismo protocolo pero no es necesaria una primera dilución al 1:5.

**Bases inorgánicas, sales básicas y disoluciones básicas.** Se recomienda seguir el mismo procedimiento que en caso de los ácidos, con la salvedad de que la neutralización se realiza con ácido sulfúrico diluido.

**Fenoles.** El fenol y sus derivados son irritantes y tóxicos. No deben diluirse ni eliminarse a través de los desagües. Deben separarse en recipientes específicos y transferirlos a un gestor autorizado de residuos.

**Azida sódica.** Se trata de un compuesto altamente tóxico y mutágeno. Está presente en muchos reactivos comerciales como conservante. Nunca debe eliminarse directamente por desagües de plomo pues se forman derivados altamente explosivos. Es conveniente contactar con los gestores autorizados para eliminar este tipo de residuos.

**Aldehídos, cetonas y disolventes orgánicos.** Los compuestos más frecuentes en el laboratorio de Microbiología dentro de este grupo son formaldehído, acetona, xileno y otros derivados bencénicos. No deben ser eliminados directamente por los desagües siendo necesario almacenarlos en recipientes seguros para luego ser eliminados de forma controlada.

**Bromuro de etidio.** Es un poderoso mutágeno de efecto acumulativo utilizado en técnicas de biología molecular. Deben seguirse de forma estricta los procedimientos de manipulación que eviten el contacto del usuario con esta sustancia (guantes, etc.), así como la exposición del resto de trabajadores del laboratorio. Los geles teñidos con bromuro de etidio deben

eliminarse a través de los sistemas de eliminación de mutágenos y citostáticos propios de cada hospital. Los tampones de electroforesis que lo contienen no deben eliminarse por los desagües, sino que deben tratarse con carbón activo (100 mg por cada 100 mL de solución), filtrar la suspensión formada a través de un filtro de papel y depositar el conjunto en el cubo de eliminación de citostáticos. Las superficies pueden descontaminarse aplicando una papilla de carbón activo, eliminando los restos como citostáticos.

**Colorantes utilizados en las tinciones de Gram, Giemsa, Papanicolau, auramina.** No deben ser eliminados directamente por los desagües. Se recomienda efectuar las tinciones en cubetas que drenen sobre bidones o depósitos específicos y entregarlos a un gestor de residuos autorizado, con especial consideración para la auramina.

**Naranja de acridina.** Se trata de un agente mutágeno. Hay que almacenar los restos en recipientes adecuados y eliminarlos a través de un gestor autorizado.

**Metales pesados, mercurio y compuestos organomercuriales.** Se incluyen dentro de este grupo las pilas y elementos afines, para los que ya existen planes locales de recogida controlada. Cabe destacar la presencia de metales pesados en los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAIs) que suelen formar parte de los equipos e instrumentos habituales en los laboratorios de Microbiología. La gestión de este tipo de residuo suele corresponder a la empresa proveedora del sistema, aunque es conveniente identificar esos sistemas como generadores de riesgos potenciales al contener alta carga de níquel metal-hidruro, plomo o ion/litio.

La rotura de termómetros y manómetros era, hasta hace unos años, una causa de exposición al mercurio. Actualmente no se permite su uso en los hospitales con fines clínicos y deben ser reemplazados por sondas en los laboratorios, siempre que sea posible. En caso de rotura, se recomienda recoger los restos y depositarlos en un recipiente cerrado que se entregará al gestor de residuos. Entre los derivados organomercuriales que podemos encontrar en el laboratorio de Microbiología destaca el mercuriato, presente en el reactivo MIF utilizado en parasitología. Los residuos deben ser almacenados y eliminados por un gestor autorizado.

## 6.4. CITOSTÁTICOS

Dentro de la clasificación de residuos biosanitarios pertenecen al grupo VI y debido a los potenciales ries-

gos asociados su eliminación está sujeta a normas especiales. Deben acumularse en envases rígidos con un etiquetado o marcado específico, y con las mismas características de que envases destinados a la eliminación de los residuos de tipo III (Tabla 13). Estos envases deben señalarse con el pictograma “Citotóxico” y, una vez cerrados, no deberán volver a abrirse.

## 6.5. RESIDUOS RADIATIVOS

En los laboratorios de Microbiología se generan residuos radiactivos de moderada o baja intensidad, y cada vez hay mayor tendencia a sustituir las técnicas radiométricas por métodos alternativos. La eliminación debe hacerse de acuerdo con el plan específico de cada institución. La recogida y gestión de los residuos radiactivos se encuentra fuera del ámbito de la ley marco 22/2011, siendo competencia de la Empresa Nacional de Residuos (ENRESA).

## 6.6. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

Los procesos de almacenamiento de residuos en los depósitos intermedios, así como su transporte hasta los depósitos finales para su posterior entrega a la empresa autorizada, deben estar descritos en el Plan de Gestión de Residuos de cada centro y deben ser acordes a la normativa vigente en cada Comunidad Autónoma. De forma general, tanto el almacenamiento en los depósitos intermedios como su transporte interno deben realizarse minimizando el riesgo de exposición y contacto con el personal del laboratorio, con los pacientes y con el público que acuda al centro. Deben existir lugares de almacenamiento especialmente dispuestos para ello, de fácil limpieza, con suelos sin ángulos ni impedimentos y que estén ventilados. Estas áreas deben disponer de los equipos y productos adecuados para la limpieza y desinfección en caso de vertido o derrame accidental. El almacenamiento de residuos biosanitarios y citotóxicos no debe superar las 24 h, contando el tiempo una vez el recipiente se ha llenado y cerrado. Los recipientes con residuos nunca se apilarán o se colocarán en zonas elevadas, tanto durante su almacenamiento intermedio como durante el transporte.

## 6.7. NORMAS DE ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE DURANTE LA MANIPULACIÓN DE RESIDUOS

Para prevenir un posible accidente durante la manipulación de residuos generados en el laboratorio de Microbiología han de tenerse en cuenta dos aspectos:

por una parte debe existir un Manual de Gestión de Residuos, en el que se informe de los peligros asociados a la manipulación de estos compuestos y dónde deben estar recogidas las normas de actuación en caso de accidente; por otra, sería recomendable además establecer un plan de formación del personal en la que se diese a conocer el contenido de dicho Manual. En caso de accidente relacionado con los residuos, como productos del laboratorio que son, el plan de actuación deberá recogerse también y ser coherente con el Plan de Emergencia del laboratorio.

De forma general, los posibles accidentes que pueden ocurrir son inoculaciones accidentales o salpicaduras de agentes infecciosos, y exposición por contacto o inhalación tanto a agentes infecciosos como químicos. Si se dan estas situaciones, deberán tenerse en cuenta unas normas generales:

- El vertido, rotura o cualquier otra exposición accidental a los efectos nocivos de los residuos debe ser comunicada siempre al Supervisor o al Jefe del Laboratorio. Además de una actuación racional en cada caso concreto, se persigue el identificar situaciones repetidas para introducir las medidas correctoras oportunas.
- Los residuos deben segregarse de acuerdo con sus características y sus riesgos respectivos. De esta forma, cada persona será consciente del peligro que entraña una hipotética situación accidental.
- Ante una situación de este tipo hay que procurar mantenerse sereno. Si se es consciente de un peligro grave, hay que dar la alarma para avisar al resto del personal.

## 7. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y ENVÍO DE MATERIAL BIOLÓGICO

### 7.1. ALMACENAMIENTO DE MATERIALES BIOLÓGICOS

El almacenamiento de material biológico infeccioso es una práctica habitual en todos los laboratorios de Microbiología y ha de realizarse en las condiciones adecuadas para minimizar la posibilidad de contaminación del personal o de la comunidad. Aunque existen recomendaciones dictadas por organismos como los *Centers for Disease Control* norteamericanos para el almacenamiento de muestras biológicas, siempre es-

tán aplicadas a situaciones o procedimientos concretos, por lo que a continuación mencionaremos unas recomendaciones generales que deberían tenerse en cuenta en los laboratorios de Microbiología.

El material infeccioso debería almacenarse en zonas de acceso restringido y debidamente señalizado. El método de almacenamiento más empleado es la congelación, tanto en el rango de  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  como en temperaturas cercanas a  $-80^{\circ}\text{C}$ , así como en nitrógeno líquido. Es recomendable la creación de un registro en que se recoja qué tipo de agente está almacenado en cada congelador, con su localización concreta, por si se dieran accidentes en su manipulación o un corte de luz inesperado que provocara la pérdida de las condiciones idóneas de almacenamiento.

Dentro de los congeladores, los viales que contienen el material almacenado deben estar debidamente ordenados en cajones o cajas de forma que su localización sea rápida. En el caso del almacenamiento en tanques de nitrógeno líquido, los viales que se utilizan para el envasado deben garantizar su estabilidad a bajas temperaturas, ya que si llegaran a romperse se originaría un derrame del material en el nitrógeno líquido, con la consiguiente contaminación del recipiente y de otros materiales. En el caso de que esto ocurriera, debe vaciarse el recipiente, dejar que el nitrógeno líquido se evapore y proceder a su limpieza y desinfección. Asimismo, cuando se maneja el material almacenado en este tipo de contenedores de congelación, siempre se deberán utilizar gafas o mascarillas de protección para evitar salpicaduras del nitrógeno líquido.

## 7.2. TRANSPORTE Y ENVÍO: ASPECTOS GENERALES Y NORMATIVOS

Al referirnos al transporte y envío de material biológico, podríamos definirlo como “mercancías peligrosas” o “sustancias infecciosas”, existiendo varios documentos internacionales a este respecto como el documento WHO/EMC/97.3 de la OMS en el que se definen las normas establecidas para el transporte seguro de sustancias infecciosas y muestras biomédicas, o los documentos de la Unión Postal Universal (UPU), de la Organización Internacional de Aviación (OIA) y de la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) que regulan dicho transporte.

En el ámbito europeo existen varias directivas sobre transporte de mercancías peligrosas entre los estados miembros. Estas directivas y, en general, todos los documentos internacionales relacionados, están

basadas en un texto único común, las recomendaciones del Comité de Expertos de las Naciones Unidas para el Transporte de Artículos Peligrosos (UN). Dichas recomendaciones clasifican las mercancías peligrosas en varias clases, dos de las cuales están relacionadas con los microorganismos patógenos, genéticamente modificados o no: clase 6.2 (sustancias infecciosas) y clase 9 (sustancias peligrosas misceláneas y artículos). En la clase 6.2 están incluidas los materiales que contienen, o pueden contener, microorganismos viables, incluyendo bacterias, virus, rickettsias, parásitos, hongos, recombinantes híbridos o mutantes, de los que se conocen o razonablemente se cree que pueden producir enfermedad en humanos o animales expuestos a ellos. En la clase 9 se incluyen microorganismos modificados, no peligrosos para humanos o animales, pero que podrían dar lugar a cambios en animales, plantas, sustancias microbiológicas, así como en el ecosistema. También se incluyen microorganismos peligrosos para el medio ambiente.

En el ámbito nacional existe el RD 65/2006, modificado por la orden SAS/3166/2009, en los que se establecen requisitos para la importación y exportación de muestras biológicas donde se detalla la documentación oficial necesaria para el transporte de este tipo de muestras a escala internacional, y en el que se define:

- **Sustancia infecciosa:** una sustancia que contiene un microorganismo viable, tal como una bacteria, un virus, un parásito, un hongo y un prion, que se sabe o se sospecha de forma razonable que causa enfermedad en humanos o animales.
- **Espécimen diagnóstico:** cualquier material humano o animal incluyendo, pero no limitando, excretas, sangre o sus componentes, tejidos y fluidos tisulares, colectados con el propósito de hacer un diagnóstico, excluyendo animales vivos infectados.

Aunque existen requerimientos específicos para situaciones especiales, las normas básicas para el transporte de material biológico, tanto a nivel internacional como a nivel local incluyen una regulación del embalaje interno y externo:

- **Recipiente primario** estanco, a prueba de filtraciones, etiquetado, que contiene la muestra. El recipiente debe envolverse en material absorbente.
- **Recipiente secundario** estanco, a prueba de filtraciones, que encierra y protege el recipiente primario. Se pueden colocar varios recipientes

primarios envueltos en un recipiente secundario. Se debe usar suficiente material absorbente para proteger a todos los recipientes primarios y evitar choques entre ellos.

- **Recipiente externo de envío.** El recipiente secundario se coloca en un paquete de envío que protege al recipiente secundario y su contenido de los elementos externos, tales como daño físico y agua.

Los formularios con datos, cartas y otras informaciones de identificación de la muestra deben colocarse pegados con cinta adhesiva en el exterior del recipiente secundario. Entre los requerimientos específicos que define el documento WHO/EMC/97.3 para las posibles situaciones que se pueden plantear ante el envío de cualquier tipo de material biológico, se encuentran:

- a. La cantidad de sustancias infecciosas que pueden enviarse en un paquete.
- b. Los tipos de etiquetas de riesgo para sustancias infecciosas y microorganismos genéticamente modificados.
- c. Los tipos de etiquetas de riesgo para microorganismos no infecciosos.
- d. Las etiquetas para envío con dióxido de carbono (hielo seco).
- e. La información que debe figurar en la etiqueta.
- f. Las normas para envío con refrigerantes (dióxido de carbono y nitrógeno líquido).
- g. Ejemplos de formato de los documentos de envío, aunque habitualmente los originales pueden obtenerse de la compañía transportadora.

En lo referente al equipaje de los vuelos internacionales, está estrictamente prohibido que los pasajeros transporten sustancias infecciosas con ellos o en su equipaje de mano. Igualmente está prohibida la utilización de la valija diplomática para el transporte de este tipo de material.

Otras posibilidades de transporte de material biológico incluyen el traslado de muestras dentro de un hospital o centro, de un laboratorio a otro, de un hospital a otro de la misma ciudad o a otra ciudad. Las normas para garantizar un transporte seguro son las mismas

en todos los casos y su finalidad es que la muestra no tenga ninguna posibilidad de salirse del embalaje en las circunstancias normales de transporte y generar un accidente de bioseguridad.

El transporte de material biológico requiere una buena colaboración entre el remitente, la compañía de transporte y el destinatario, y cada uno debe asumir sus responsabilidades para garantizar que el producto llega a su destino oportunamente y en buenas condiciones.

## 8. **NORMATIVA LEGAL**

- Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo. BOE nº 133, de 5 de junio. Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre. BOE nº 269, de 10 de noviembre. Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 2177/1996, de 4 de octubre. BOE nº 261, de 29 de octubre. Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-96. Condiciones de protección contra incendios de los edificios.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril. Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril. BOE nº 97, de 23 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo. BOE nº 124, de 24 de mayo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, de 30 de julio. Aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril. BOE nº 104, de 1 de mayo. Guía técnica para la evaluación y

- prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio. BOE nº 148, de 21 de junio. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
  - Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero. BOE nº 54, de 4 de marzo. Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
  - Real Decreto 65/2006, de 30 de enero. BOE nº 32, de 7 de febrero. Modificado por la orden SAS/3166/2009, de 16 de noviembre. Requisitos para la importación-exportación de muestras biológicas.
  - Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo. BOE nº 60, de 11 de marzo. Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
  - Real Decreto 486/2010, de 23 de abril. BOE nº 99 de 24 de abril. Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.
  - Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo. BOE nº 139 de 8 de junio. Modificación del Real Decreto 363/1995, Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y del Real Decreto 255/2003, Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
  - Ley 22/2011, de 28 de junio. BOE nº 181, de 29 de julio. Residuos y suelos contaminados.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

### 9.1. BIBLIOGRAFÍA GENERAL

1. Alados Arboledas JC, Alcaraz Soriano MJ, Aller García AI, Miranda Casas C, Pérez Sáenz JL, Romero Jung PA. Diseño de un laboratorio de Microbiología Clínica (Alados Arboledas JC, coord.). Procedimientos en Microbiología Clínica, número 33. Madrid: Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2009.
2. Canadian Ministry of Health. Laboratory biosafety guidelines (3ª ed.). Ottawa. 2004.
3. Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health. Biosafety in microbiological and biomedical laboratories, 5ª ed. Washington: Public Health Service. 2009.
4. Comité Europeo de Normalización. Norma UNE-EN-ISO 15189. Requisitos particulares para la calidad y la competencia de laboratorios clínicos. 2007.
5. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. ISBN: 84-7670-616-2. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo. 2001.
6. European Agency for Health and Safety at Work. European Week 2002: Preventing psychosocial risks at work. En: <http://ew2002.osha.europa.eu>
7. Fleming DO. Risk assessment of biological hazards. En: Fleming DO, Hunt DL (eds). Biological safety: principles and practice, 4ª ed. Washington: ASM Press, 2006.
8. Hunt DL. Human immunodeficiency virus type 1 and other blood-borne pathogens. En: Fleming DO, Hunt DL (eds). Biological safety: principles and practice, 3ª ed. Washington: ASM Press, 2000.
9. Kozlovac JP, Hawley RJ. Biological toxins: safety and science. En: Fleming DO, Hunt DL (eds). Biological safety: principles and practice, 4ª ed. Washington: ASM Press, 2006.
10. Loza Fernandez de Bobadilla E, Alomar Cardell P, Bernal Zamora A, Harto Castaño A, Perez Sáenz JL, Picazo de la Garza JJ, Sarazá Linares ML (Loza Fernandez de Bobadilla E, coord.). Seguridad en el laboratorio de Microbiología Clínica. Procedimientos en Microbiología Clínica, número 10. Madrid: Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. 2000.
11. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Notas Técnicas de Prevención. Madrid. En: <http://www.insht.es/portal/site/insht/>
12. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Directrices para la evaluación de riesgos y protección de la maternidad en el trabajo. 2011. Madrid. En: <http://www.insht.es/portal/site/insht/>
13. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. Manual para la evaluación y prevención de riesgos ergonómicos y psicosociales en la PYME. Madrid. En: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias\\_Ev\\_Riesgos/Manual\\_Eval\\_Riesgos\\_Pyme/evaluacionriesgospyme.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Ev_Riesgos/Manual_Eval_Riesgos_Pyme/evaluacionriesgospyme.pdf).
14. Newcomer CE. Zoonosis. En: Fleming DO, Hunt DL (eds). Biological safety: principles and practice, 3ª ed. Washington: ASM Press, 2000.
15. Pentella MA, Kistle PA, DesJardin L, Gilchrist MJR. Biosafety for microorganisms transmitted primarily by the airborne route. En: Fleming DO, Hunt DL (eds). Biological safety: principles and practice, 4ª ed. Washington: ASM Press, 2006.
16. Pérez Sáenz JL, Alados Arboledas JC, Borrell Solé N, Déniz Naranjo C, Mulet Aguiló X, Ruiz de Gopegui E. Manual de seguridad. Laboratorio de Microbiología Clínica. Madrid: Grupo de Gestión en Microbiología Clínica, 2010.
17. United Nations Economic Commission for Europe. European agreement concerning the international carriage of dange-

rous goods by road (ADR). Documento ECE/TRANS/225. New York y Geneve: United Nations. 2012.

18. World Health Organization. Guidelines for the safe transport of infectious substances and diagnostic specimens. Documento WHO/EMC/97.3. Geneve: World Health Organization. 1997. World Health Organization. Laboratory biosafety manual, 3ª ed. Geneve: World Health Organization. 2004.

## 9.2. NOTAS TÉCNICAS DE PREVENCIÓN. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

1. Berenguer MJ, Gadea R. NTP 371: Información sobre productos químicos: Fichas de datos de seguridad. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1995.
2. Constans A, Alonso RM, Solans X. NTP 636. Fichas de datos de seguridad de agentes biológicos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2003.
3. Gadea E, Guardino X, Rosell MG. NTP 500. Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1998.
4. Gadea E, Guardino X, Rosell MG. NTP 551. Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2000.
5. Guardino X, Rosell MG y Gadea E. NTP 432. Prevención del riesgo en el laboratorio. Organización y recomendaciones generales. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1996.
6. Martín F. NTP 318. El estrés: proceso de generación en el ámbito laboral. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1993.
7. Martín F. NTP 349. Prevención del estrés: intervención sobre el individuo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1993.
8. Mestre J. NTP 234. Exposición a radiofrecuencias y microondas (I). Evaluación. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1989.
9. Rosell MG, Guardino X. NTP 464: Prevención del riesgo en el laboratorio químico: Operaciones básicas. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1997.
10. Rosell MG, Guardino X, Gadea R. NTP 433. Prevención del riesgo en el laboratorio. Instalaciones, material de laboratorio y equipos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1996.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica (CSB)	PNT-SL-01	
		Edición N° 01	Página 1 de 4

## PNT-SL-01

# Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica (CSB)

ELABORADO		REVISADO Y APROBADO	
Nombre / Firma	Fecha	Nombre / Firma	Fecha

EDICIÓN	FECHA	ALCANCE DE LAS MODIFICACIONES
01		Edición inicial

COPIA REGISTRADA N° ..... ASIGNADA A .....

Este documento es propiedad del Servicio de Microbiología del Hospital/Centro.....  
La información en él contenida no podrá reproducirse total ni parcialmente sin autorización escrita del Responsable de su elaboración. Las copias no registradas no se mantienen actualizadas a sus destinatarios.



Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica (CSB)	PNT-SL-01	
		Edición N° 01	Página 2 de 4

## 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

Describir las recomendaciones básicas para una utilización segura y funcional de las cabinas de seguridad biológica (CSB). Estas recomendaciones se aplican a todas las CSB existentes en el laboratorio de Microbiología del hospital.

## 2. FUNDAMENTO

### 2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las CSB son cámaras de circulación forzada de aire que, según sus especificaciones y diseño, proporcionan diferentes niveles de protección. Son fundamentales en un laboratorio de Microbiología Clínica y se clasifican según el nivel y tipo de protección. En general, y salvo excepciones indicadas en su caso, las CSB que se utilizan en el laboratorio de Microbiología son las denominadas de clase IIA o clase IIB, según la terminología de la CE (flujo laminar vertical).

Las CSB son recintos ventilados diseñados para limitar al máximo el riesgo del personal de laboratorio expuesto a agentes infecciosos. Ello es especialmente importante si se tiene en cuenta que muchas de las operaciones realizadas en un laboratorio implican la formación de aerosoles.

Estos equipos tienen como objetivo principal proporcionar una zona de trabajo que minimice la probabilidad que una partícula transportada por el aire escape hacia el exterior de la cabina y contamine al operario y a la zona que le rodea.

Las CSB disponen de dos sistemas que impiden la salida de contaminación:

- **Barreras de aire:** se crean permitiendo que éste fluya en una sola dirección y a una velocidad constante dando lugar a una verdadera “cortina” que se conoce como flujo de aire laminar. Es, por definición, un flujo con ausencia de turbulencias.
- **Filtros:** su finalidad es atrapar las partículas contenidas en el flujo de aire laminar. Las CSB disponen de los llamados filtros HEPA (*High efficiency particulate airborned*), cuyas características permiten retener los microorganismos que se manipulan en el laboratorio de Microbiología.

### 2.2. FINES A LOS QUE ESTÁN DESTINADAS LAS CSB

Las CSB son un instrumento fundamental en los laboratorios de Microbiología dedicados al diagnóstico, cumpliendo dos funciones: a) como elemento de protección del operador frente a patógenos, conocidos o no, que puedan estar presentes en las muestras clínicas, y b) para crear un ambiente que proteja ciertos medios y reactivos preparados en el laboratorio de la contaminación exógena.

Para cumplir las funciones de las CSB, es de capital importancia seguir unas normas utilización. Además, si no se hace así, las CSB pueden ser contraproducentes y crear en sí más problemas que los que pretenden reducir.

**Las CSB nunca son un elemento protector absoluto, por lo que nunca deben excusar la adopción de otras medidas de protección individuales y generales.**

Además de estas normas generales, es fundamental tener en cuenta lo descrito en los Procedimientos Instrumentales específicos para cada una de las CSB instaladas en los laboratorios de Microbiología.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica (CSB)	PNT-SL-01	
		Edición N° 01	Página 3 de 4

### 3. PROCEDIMIENTO

#### 3.1. ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA UTILIZACIÓN DE LAS CSB

- Una CSB mal manipulada y no controlada puede ser más peligrosa que trabajar fuera de ella.
- Debe ponerse en marcha la cabina unos 10 a 15 min antes de empezar a trabajar en ella, con el fin de eliminar los contaminantes de la zona de trabajo y del material introducido.
- En la zona de trabajo sólo debe introducirse el material verdaderamente necesario y de uso inmediato. Preferentemente, se colocará en los laterales, y deberá situarse de forma que no sea necesario trasladarlo de un lugar a otro para evitar movimientos innecesarios en el interior de la cabina.
- No deben situarse objetos entre el filtro HEPA y la zona en que se trabaja para evitar turbulencias. Hay que tener en cuenta que la laminaridad del flujo no se recupera hasta una distancia 2,5 veces el tamaño del objeto que obstruye.
- En las CSB de flujo laminar vertical no debe manipularse sobre la misma superficie de trabajo. Se recomienda trabajar a unos 5-10 cm de la mesa.
- Siempre que se introduzca un material en el interior de la CSB debería esperarse, al menos, 2-3 min antes de empezar a trabajar para que el flujo laminar purifique la posible contaminación transportada del exterior a la zona de trabajo.
- Mantener la actividad de la habitación en que se encuentra la cabina al mínimo para evitar corrientes de aire que puedan alterar la laminaridad del flujo. Atención a las corrientes de aire de puertas y ventanas, incluso movimientos rápidos, estornudos, etc.
- La localización ideal es una habitación especialmente diseñada para el trabajo con una CSB (doble puerta, control de corrientes de aire, etc.). Si esto no es posible, debe buscarse siempre la que mejor cumpla estas condiciones deseables.
- Es recomendable mantener la zona adyacente a la cabina lo más limpia posible, evitando polvo que pudiera ser introducido en la zona de trabajo durante la manipulación.
- Evitar los movimientos bruscos dentro de la CSB. El movimiento de manos y brazos será suave y moderado, en la medida de lo posible.
- No debe utilizarse la mesa de trabajo como almacén de equipo de laboratorio porque es una fuente de polvo, contraproducente para un buen funcionamiento de la CSB.
- El material que se introduzca de nuevo deberá estar lo más libre posible de partículas. Limpiarlo antes de introducirlo en aquella. Evitar, por la misma razón, introducir materiales que sean fuente de partículas, como es el papel, madera, cartón, gomas de borrar, lápices, etc.
- Todos los materiales desechables que se generen durante el trabajo se eliminarán sobre recipientes con lejía, sobre recipientes metálicos con tapa, o en contenedores plásticos de bioseguridad con cierre hermético, los cuales se habrán introducido antes de comenzar a trabajar.
- En caso de trabajar con frascos y tubos es preferible que sean de tapón de rosca en lugar de tapones de algodón que desprenden gran cantidad de partículas.
- Cuando se utilicen asas de platino, se esterizarán con incinerador eléctrico. Mejor aún, se recomienda sustituirlas por asas desechables de plástico.
- En caso de utilizar pipetas, éstas deben ser de aspiración mecánica (no pipetear nunca con la boca).
- Durante el trabajo se desprenden partículas y gotitas que se depositan sobre las superficies. El operador no deberá llevarse las manos a la boca ni a los ojos.
- Antes y después de trabajar en la CSB deberían lavarse bien los brazos y manos con un jabón germicida, poniendo especial atención a las uñas, incluso si se utilizan guantes.
- Es necesario el seguimiento de otras medidas de protección individual (batas de manga larga con bocamangas ajustadas, guantes, mascarilla con filtros para partículas sólidas, etc.).
- Hay que prestar especial cuidado en no dañar los filtros HEPA de las cabinas con golpes, perforaciones, proyección de líquidos, quemaduras con mecheros Bunsen, etc.
- Hay que procurar no desplazar la cabina de su localización. Cuando sea ineludible, es necesario efectuar una revisión con personal especializado, incluyendo una prueba de control de fugas (D.O.P.).

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica (CSB)	PNT-SL-01	
		Edición N° 01	Página 4 de 4

- Todas las CBS deben ser sometidas a mantenimiento y control periódico por empresas certificadas. Se recomienda una periodicidad mínima anual, y siempre después de un traslado o cualquier incidencia que pueda afectar a su rendimiento como equipo de protección.

### 3.2. ALGUNAS PREGUNTAS FRECUENTES

#### ¿Cómo puedo identificar si estoy trabajando en una CSB?

- Muchas de las cabinas de flujo vertical existentes en los laboratorios modernos son, efectivamente, CSB.
- En caso de duda, debe consultarse a un superior, o a otros compañeros experimentados. Nunca se llevará a cabo una manipulación que requiera la utilización de una CSB si no existe la certeza de que lo es.

#### ¿Hay cabinas en los laboratorios de Microbiología que no sean CSB?

- En algunos laboratorios se utilizan cabinas de aspiración, destinadas a proteger de compuestos químicos volátiles nocivos (cabinas de gases o de humos), como las utilizadas en áreas de tinción. En otras ocasiones, se emplean para evitar, simplemente, malos olores.
- Aunque no suelen estar presentes en los laboratorios, existen cabinas de flujo de aire horizontal con expulsión del aire hacia el operador. Por definición, estas cabinas NO son CSB.
- Por lo tanto, NO se deben realizar manipulaciones que impliquen la formación de aerosoles en estas cabinas, esto es, NO se deben utilizar para otra función que las señaladas.

#### ¿Son necesarias siempre las CSB para trabajar en un laboratorio de Microbiología?

- NO, no siempre es necesario utilizar CSB. Como norma general, NO son necesarias para:
  - a. Procedimientos que NO generen aerosoles, como recepción de muestras remitidas en contenedores seguros, etc.
  - b. Manipulación de sueros (laboratorio de serología).
  - c. Procedimientos administrativos.

#### ¿Para qué NO debo utilizar una CSB en los laboratorios de Microbiología?

Las CSB son elementos de protección contra riesgos biológicos, y NO están diseñadas para protección contra ciertos riesgos químicos ni para los radiactivos. En consecuencia:

- NO pueden utilizarse para manipulación de sustancias químicas volátiles tóxicas.
- NO pueden utilizarse para manipulación de sustancias radioactivas (no se suelen utilizar en los laboratorios de Microbiología).

## 4. RESPONSABILIDADES

Las normas contenidas en el presente documento deben ser tenidas en cuenta y llevadas a la práctica por todas las personas del laboratorio de Microbiología que utilicen las CSB.



Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Gestión de residuos	PNT-SL-02	
		Edición N° 01	Página 2 de 6

## 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

Los objetivos de este documento son: a) describir un programa o plan de gestión de residuos aplicable al laboratorio de Microbiología que permita una adecuada protección de la salud de los trabajadores y del medio ambiente; b) dar a conocer los aspectos teóricos relacionados con una adecuada gestión de los residuos, que deben ser conocidos para una puesta en práctica adecuada y racional; c) dar algunos apuntes prácticos aplicados al laboratorio de Microbiología.

Esta normativa se aplica al laboratorio de Microbiología del hospital.

## 2. FUNDAMENTO

### 2.1. ASPECTOS GENERALES

Un residuo de laboratorio es una sustancia o un preparado que casi siempre presenta características de toxicidad y peligrosidad y cuya identificación o almacenamiento inadecuados constituye un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio. Es asimismo necesario, tanto por razones de seguridad como económicas, que se contemplen las posibilidades de minimización de los residuos, procurando reutilizar o reciclar productos cuando sea posible, así como optimizando la gestión de *stocks* para no generar residuos por la vía de productos no utilizables o caducados.

La Ley 20/1986 define en su artículo segundo como residuos tóxicos y peligrosos a “los materiales sólidos, pastosos, líquidos, así como los gaseosos contenidos en recipientes, que siendo el resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor destina al abandono y que contengan en su composición alguna de las sustancias y materias que figuran en el Anexo de dicha Ley en cantidades o concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente”.

El programa de gestión de residuos debe aplicarse a todo tipo de residuos generados en el laboratorio, tanto a los no peligrosos (asimilables a los domésticos o “municipales”), como a los peligrosos, y debe incluir los reactivos caducados, los reactivos no caducados pero innecesarios, los materiales de un solo uso contaminados o no, los patrones y todos aquellos materiales o productos que se hayan utilizado o generado en el mismo.

### 2.2. TIPOS DE RESIDUOS

Desde un punto de vista general, los residuos sanitarios, incluyendo los que se generan en un laboratorio de Microbiología, pueden agruparse en residuos inespecíficos y en residuos de riesgo o específicos (en la mayoría de las ocasiones suelen dejarse al margen los residuos radiactivos, objeto de normas particulares)

#### A) Residuos inespecíficos

- **Grupo I:** residuos sanitarios asimilables a los municipales (cartón, papel, material de oficina, etc.).
- **Grupo II:** residuos inertes que se generan con la actividad sanitaria, como la ropa de un solo uso manchada de sangre o secreciones, los apósitos, etc., siempre que no estén incluidos dentro de las categorías de riesgo.

#### B) Residuos de riesgo o específicos

- **Grupo III:** residuos especiales que por sus riesgos sobre la salud laboral o comunitaria requieran unas medidas especiales de prevención, recogida, almacenamiento, transporte y eliminación, dentro y fuera del ámbito sanitario. Aquí están incluidos muchos residuos que se generan en el laboratorio, como los cultivos y reservas de agentes infecciosos, la sangre y hemoderivados en forma líquida, las agujas y el material punzante o cortante, los procedentes de pacientes con enfermedades infecciosas potencialmente transmisibles, los animales de laboratorio infectados, etc.
- **Grupo IV:** residuos de alto riesgo no incluidos en el grupo III y citostáticos. Están tipificados en normativas singulares y deben ser eliminados mediante procedimientos especiales. Incluyen compuestos con propiedades

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Gestión de residuos	PNT-SL-02	
		Edición N° 01	Página 3 de 6

cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas o de elevada toxicidad (bromuro de etidio, termómetros de mercurio, pilas de botón con metales pesados, etc.), así como al material que está en contacto con ellos.

### 2.3. SEGREGACIÓN Y REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS

Deben estudiarse y valorarse las posibilidades de reutilización, recuperación, tratamiento en el propio laboratorio o racionalización de compras al objeto de reducir en lo posible la generación de residuos.

La racionalización de la gestión de residuos es algo a lo que está obligado todo el personal del laboratorio, por razones de responsabilidad social.

Es muy importante separar los tipos de residuos, pensando que su gestión es costosa social y económicamente; por ejemplo, no se deben utilizar los contenedores de residuos de riesgo para los residuos urbanos, como papel, embalajes, etc.

### 3. DOCUMENTOS DE CONSULTA

- DL-SL-004 Normas de seguridad para el manejo del bromuro de etidio. En: Pérez JL, Alados Arboledas JC, Borrell Solé N, Déniz Naranjo C, Mulet Aguiló X, Ruiz de Gopegui E. Manual de Seguridad. Laboratorio de Microbiología Clínica. Madrid: SEIMC-GEGMIC. 2010.
- PNT-SL-04 de este Procedimiento SEIMC. Emergencias internas: derrames.

### 4. PROCEDIMIENTO

#### 4.4. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS

De una forma conceptual, se puede considerar que un residuo infeccioso es todo aquel material capaz de producir una enfermedad infecciosa. Sin embargo, a diferencia de los residuos químicos y radiactivos, los desechos infecciosos y sus riesgos asociados no pueden ser identificados de una forma objetiva.

La posibilidad de contraer infecciones en el laboratorio a través de los cultivos microbiológicos desechados o tras una punción o herida accidental es algo bien conocido. No ocurre lo mismo a la hora de evaluar el riesgo que las actividades del laboratorio puedan tener sobre la salud de la comunidad. A pesar de todo, la mayor extensión y gravedad de hipotéticos brotes, la alarma social que crearía y razones de tipo estético obligan a un tratamiento particularizado de los residuos infecciosos antes de ser eliminados como residuos urbanos.

##### 4.4.1. Residuos líquidos

Aunque pueda parecer sorprendente, la sangre, suero y plasma podrían eliminarse directamente por el desagüe con agua abundante, pues nunca se ha demostrado que representen un riesgo para la salud de la comunidad. Sin embargo, por razones estéticas, en el laboratorio de Microbiología se deben eliminar a través de los contenedores de residuos, junto con los recipientes que contienen estas muestras.

Por lo que se refiere a los líquidos infecciosos que genera el propio laboratorio, se deben eliminar mediante los contenedores existentes. Alternativamente, especialmente si son de gran volumen, se pueden recoger en un recipiente que contenga una solución de hipoclorito sódico recién preparada (debe calcularse el volumen máximo aceptable para asegurar la eficacia del desinfectante), y luego podrían ser eliminados por los desagües.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Gestión de residuos	PNT-SL-02	
		Edición N° 01	Página 4 de 6

#### 4.4.2. Residuos sólidos

Las formas más frecuentes de tratamiento de los residuos sólidos son la incineración y la esterilización por autoclave. Hay que tener en cuenta que los programas de autoclavado para materiales limpios no sirven para los desechos, siendo aconsejable prolongar el tiempo y aumentar la presión del proceso.

En los laboratorios, los materiales sólidos (placas, tubos, etc.) suelen eliminarse en los contenedores existentes en el laboratorio, que son incinerados posteriormente por una empresa autorizada de gestión de residuos.

#### 4.4.3. Objetos punzantes y cortantes

Constituyen un claro riesgo de inoculación accidental de microorganismos. Todos estos materiales deben depositarse en recipientes específicos que sean resistentes a la punción y con un cierre seguro. Una vez llenos, se depositan en los recipientes rígidos destinados los residuos sólidos.

### 4.5. GESTIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

Los residuos químicos constituyen la segunda fuente de riesgo en el laboratorio, por lo que sus efectos negativos deben ser tenidos muy en cuenta.

El laboratorio de Microbiología no es un generador de grandes cantidades de residuos químicos, salvo casos concretos, aunque algunos de ellos pueden ser nocivos y peligrosos. En otras ocasiones el peligro viene por situaciones accidentales.

#### 4.5.1. Ácidos inorgánicos

Salvo roturas accidentales, no suele ser frecuente tener que eliminar ácidos concentrados, aunque sí soluciones diluidas.

Como norma aproximada, no deben eliminarse directamente aquellas soluciones cuya concentración sea mayor de 1N. Los ácidos más concentrados se diluyen con agua al 1:5, se neutralizan a pH 6,8 con soluciones de hidróxido sódico, se vuelven a diluir al 1:10 en agua y ya pueden eliminarse por los desagües. Las soluciones más diluidas se neutralizan con sosa, se diluyen con agua y se eliminan.

#### 4.5.2. Bases inorgánicas, sales básicas y disoluciones básicas

Las bases y sales básicas se neutralizan con ácido sulfúrico diluido. Si son muy concentradas, se diluyen previamente con agua al 1:5. Una vez neutralizadas se vuelven a diluir con agua (1:10) y se eliminan directamente.

#### 4.5.3. Fenoles, azida sódica, aldehídos, cetonas y disolventes orgánicos

Ninguno de estos compuestos (ver excepción a continuación) debe ser eliminado por los desagües. Los procedimientos de destrucción química están fuera de las posibilidades de los laboratorios. Lo más aconsejable es separarlos en recipientes específicos y transferirlos a un gestor autorizado de residuos.

Muchos reactivos de *kits* diagnósticos contienen azida sódica en concentración muy baja. Este compuesto puede reaccionar con los desagües de plomo y producir derivados explosivos. Puesto que la concentración de uso es muy baja, es raro que exista un riesgo real, pero se recomienda eliminar estos residuos con agua corriente abundante.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Gestión de residuos	PNT-SL-02	
		Edición N° 01	Página 5 de 6

#### 4.5.4. Bromuro de etidio

Es un poderoso mutágeno de efecto acumulativo utilizado en algunas técnicas de biología molecular, aunque la tendencia es a utilizarlo cada vez menos. Deben seguirse de forma estricta los procedimientos de manipulación que eviten el contacto del usuario con esta sustancia, así como la exposición del resto de trabajadores del laboratorio. Para más información, se puede consultar el documento “DL-SL-004 Normas de seguridad para el manejo del bromuro de etidio” contenido en el Manual de Seguridad SEIMC-GEGMIC.

#### 4.5.5. Colorantes de tinciones

Se aplica a los colorantes utilizados para las tinciones de Gram, Giemsa, Papanicolau, auramina, naranja de acridina y similares.

No deben ser eliminados directamente por los desagües. Las tinciones se realizan en una cabina situada en el área de tinciones del laboratorio, cuyo desagüe está canalizado a un depósito especial que es controlado por el gestor autorizado de residuos.

Alternativamente, los efluentes deben drenarse sobre botellas o bidones que se entregarán al gestor de residuos autorizado.

#### 4.5.6. Metales pesados, mercurio y compuestos organomercuriales

Se incluyen dentro de este grupo las pilas y elementos afines, para los que existen planes locales de recogida controlada. Por otra parte, es difícil que se generen en el laboratorio otros residuos que contengan estos metales, pero hay que recalcar que nunca deben eliminarse a través de los sistemas de desagüe.

La rotura de termómetros y manómetros puede ser una causa de exposición al mercurio, aunque la normativa actual prohíbe su uso en el ámbito hospitalario. Se recomienda recoger los restos más visibles y depositarlos en un recipiente cerrado. Los menos visibles pueden recogerse con ayuda de polvo absorbente o azufre y guardar el conjunto en otro envase. Se entregarán a un gestor autorizado

### 4.6. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Todos los productos considerados como residuos deben estar clasificados e identificados en función de su peligrosidad o destino final.

Los contenedores para residuos biológicos son, en estos momentos, de color/identificación (lo que proceda).

Los contenedores para citostáticos (incluye el bromuro de etidio) son de color/identificación (lo que proceda).

### 4.7. ALMACENAMIENTO

- Una vez que se llena un contenedor, debe identificarse anotando la fecha de cierre sobre la etiqueta adhesiva correspondiente, y otros datos si fuera procedente.
- El tiempo de almacenamiento en el laboratorio no debería superar las 24 h. Esta norma se aplica a los días laborables. El tiempo se cuenta una vez que el recipiente se ha llenado y cerrado.
- Nunca se deben apilar más de 3 contenedores ni colocarse sobre zonas elevadas.
- Los residuos que puedan originar tóxicos volátiles se almacenarán en un área bien ventilada.
- Deberá evitarse la proximidad de los residuos inflamables a cualquier fuente de calor.



Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Gestión de residuos	PNT-SL-02	
		Edición N° 01	Página 6 de 6

#### 4.8. RECOGIDA Y TRANSPORTE

- El personal del laboratorio está obligado a segregar los residuos generados, a depositarlos en los contenedores específicos, a cerrarlos y a identificarlos con la fecha.
- La recogida sistemática y el transporte de los residuos recae en el gestor autorizado por la Dirección del hospital.

#### 4.9. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTES O INCIDENCIAS

- Se debe procurar mantener la calma, para poder así adoptar medidas racionales.
- Se debe avisar al responsable del área de laboratorio, si fuera necesario.
- En caso de un vertido accidental, se debe pensar siempre en proceder a una descontaminación de la zona afectada. Para ello deben seguirse las instrucciones contenidas en el documento “PNT-SL-4 Emergencias internas: derrames”.

#### 5. RESPONSABILIDADES

- La responsabilidad de supervisión y comprobación de la correcta aplicación y ejecución del programa de gestión de residuos recae en el (servicio hospitalario que proceda).
- La responsabilidad de provisión de los materiales necesarios recae en el (servicio hospitalario que proceda).
- La recogida y transporte de los residuos recae en el gestor de residuos autorizado por la Dirección del hospital.
- El personal del laboratorio de Microbiología está obligado a conocer y cumplir las normas del presente documento.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias	PNT-SL-03	
		Edición N° 01	Página 1 de 4

## PNT-SL-03

# Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias

ELABORADO		REVISADO Y APROBADO	
Nombre / Firma	Fecha	Nombre / Firma	Fecha

EDICIÓN	FECHA	ALCANCE DE LAS MODIFICACIONES
01		Edición inicial

COPIA REGISTRADA N° ..... ASIGNADA A.....

Este documento es propiedad del Servicio de Microbiología del Hospital/Centro.....  
La información en él contenida no podrá reproducirse total ni parcialmente sin autorización escrita del Responsable de su elaboración. Las copias no registradas no se mantienen actualizadas a sus destinatarios.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias	PNT-SL-03	
		Edición N° 01	Página 2 de 4

## 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

Este procedimiento pretende resumir las medidas prácticas a adoptar para prevenir los accidentes biológicos en el trabajo diario del laboratorio de Micobacteriología e, indirectamente, en otros laboratorios que compartan muestras del laboratorio de Microbiología del hospital.

Estas recomendaciones se aplican al laboratorio de Microbiología del hospital.

## 2. FUNDAMENTO

### 2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Las personas que trabajan en un laboratorio de micobacterias están expuestas a una serie de riesgos biológicos relacionados con su actividad laboral, aparte de los que pueden ser comunes a todo el laboratorio.

El presente documento es, por su propia naturaleza, **eminente práctico**, adaptado al trabajo específico del laboratorio de Micobacteriología y complementa las medidas prácticas generales del documento del documento "DL-SL-02: Actuación ante un accidente biológico" incluido en el Manual de Seguridad GEGMIC-SEIMC (ver Documentos de Consulta). Se revisan las micobacterias más comunes, junto con las medidas de protección específicas.

## 3. DOCUMENTOS DE CONSULTA

- Alados JC, Gómez E, Leiva J, Rojo E. Seguridad en el laboratorio de Microbiología clínica (Pérez JL, ed). Madrid: SEIMC-GEGMIC. 2014.
- Pérez JL, Alados Arboledas JC, Borrell Solé N, Déniz Naranjo C, Mulet Aguiló X, Ruiz de Gopegui E. Manual de Seguridad. Laboratorio de Microbiología Clínica. Madrid: GEGMIC-SEIMC. 2010.
- [http://www.seimc.org/contenidos/gruposdeestudio/gegmic/dcientificos/documentos/gegmic\\_dyc1\\_2009.pdf](http://www.seimc.org/contenidos/gruposdeestudio/gegmic/dcientificos/documentos/gegmic_dyc1_2009.pdf)
- PNT-SL-01 de este procedimiento SEIMC. Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica.
- PNT-SL-02 de este procedimiento SEIMC. Gestión de residuos.
- PNT-SL-04 de este procedimiento SEIMC. Actuación ante un accidente biológico

## 4. PROCEDIMIENTO

### 4.1. MEDIDAS ESTÁNDAR PARA IMPEDIR LA TRANSMISIÓN

Desde el punto de vista práctico, la patología más común por micobacterias es la pulmonar, y la inhalación el mecanismo de transmisión más importante. Menos frecuente es la transmisión por contacto. El trabajo en el área de micobacterias puede llevarse a cabo con riesgo mínimo si se adoptan estas precauciones.

- Manipular las muestras, las preparaciones microscópicas, pruebas bioquímicas y fisiológicas con guantes, bata desechable, mascarilla de protección frente a aerosoles, y en cabina de seguridad biológica de clase II.
- La cabina de seguridad biológica es un equipo clave en la prevención de la transmisión por vía aérea. Hay que conocer bien su correcto manejo, según se establece en PNT-SL-01 de este procedimiento: Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica.
- Hay que reducir el riesgo de aerosoles: la manipulación de cualquier material potencialmente infeccioso (muestras, contenedores, etc.), incluso si se hacen dentro de la cabina, se hará con movimientos suaves, sin brusquedad.
- Hay que quitarse los guantes cuando se vaya a realizar alguna operación de tipo administrativo (contestar el teléfono, entrar resultados en el ordenador, etc.) y cambiar de guantes siempre que se sospeche contaminación con muestras o cultivos durante su manipulación.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias	PNT-SL-03	
		Edición N° 01	Página 3 de 4

- Seguir cualquier norma higiénica básica (limpieza y desinfección con lejía estándar diluida al 1:10 con agua, dejando actuar 20 min sobre el material en contacto con las muestras, vertidos accidentales, etc.).
- El desecho de las muestras, preparaciones y material auxiliar se llevará a cabo sobre contenedores de residuos. Éstos se manipularán con suavidad, sin golpes ni movimientos bruscos (ver PNT-SL-02 de este procedimiento: Gestión de residuos).

## 4.2. PRINCIPALES MICOBACTERIAS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Aunque el grado de patogenicidad sea diferente entre las distintas especies de micobacterias, la mayor parte de las técnicas que se realizan en el laboratorio (cultivo, etc.) son comunes a todas, por lo que, en la práctica, no se deben hacer distinciones en cuanto a medidas de protección.

### 4.2.1. *Mycobacterium tuberculosis*

Es, con mucho, la micobacteria más frecuente, tanto en pacientes inmunocompetentes como en los inmunodeprimidos. El diagnóstico de esta micobacteria puede hacerse prácticamente en cualquier muestra clínica, si bien las más frecuentes son las de origen respiratorio.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación; raramente por otras vías.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

### 4.2.2. *Mycobacterium bovis*

Pertenece al grupo de micobacterias tuberculosas y produce patología similar a *M. tuberculosis*. Se aísla muy infrecuentemente, y a veces procede de cepas atenuadas que se utilizan con diversos fines terapéuticos.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación, raro por otras vías.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

### 4.2.3. *Mycobacterium kansasii*

Puede producir infecciones pulmonares, ganglionares y cutáneas, de donde se deriva el tipo de muestra utilizada para el diagnóstico.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación, raro por otras vías.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

### 4.2.4. *Mycobacterium avium-intracellulare* (complejo)

Constituyen un complejo de especies relacionadas entre sí. Producen infección respiratoria y diseminada, por lo que pueden aislarse de múltiples muestras clínicas. Hoy en día su incidencia ha disminuido drásticamente desde que la infección por el VIH se controla mejor con tratamiento.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación, raro por otras vías.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

### 4.2.5. Otras micobacterias atípicas

Su aislamiento es poco frecuente en los laboratorios de Microbiología y, en muchas ocasiones, no tienen significación clínica (micobacterias contaminantes del ambiente). La patogenicidad suele ser baja o muy baja, aunque nunca despreciable.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación y por vía cutánea.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Accidentes biológicos: trabajo en el laboratorio de micobacterias	PNT-SL-03	
		Edición N° 01	Página 4 de 4

#### 4.2.6. Micobacterias tuberculosas multirresistentes (MDR) y extrarresistentes (XDR)

Se trata de cepas de *M. tuberculosis* y de *M. bovis* que presentan la particularidad de ser resistentes a múltiples fármacos antituberculosos, tanto de primera como de segunda línea. En algunos países y en algunos grupos de población parece que su diseminación progresa. Por lo tanto, estas cepas son particularmente peligrosas, y por eso se les dedica este apartado específico.

Afortunadamente, las cepas MDR y XDR son muy infrecuentes en nuestro país. Por eso, en ausencia de una sospecha clínica o epidemiológica explícita, el riesgo es prácticamente nulo, con lo que no deben tomarse medidas de protección adicionales a las del resto de micobacterias.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación, raro por otras vías.

**Medidas de protección:**

- En ausencia de sospecha, las medidas estándar señaladas anteriormente.
- **Si existiera sospecha, se debe avisar al facultativo responsable** del laboratorio, puesto que cualquier manipulación debe hacerse bajo su supervisión directa.

#### 4.3. OTRAS BACTERIAS QUE SE PUEDEN AISLAR EN EL LABORATORIO DE MICOBACTERIAS

Aparte de bacterias contaminantes (no patógenas), es posible aislar cepas de *Nocardia* en los medios de cultivo de micobacterias. La nocardiosis es una enfermedad grave que afecta a los pacientes inmunodeprimidos, y muy raramente a los inmunocompetentes.

**Mecanismo de transmisión:** por inhalación y por vía cutánea.

**Medidas de protección:** medidas estándar señaladas anteriormente.

### 5. RESPONSABILIDADES

Estas instrucciones son de obligado cumplimiento para todo el personal del laboratorio de Microbiología.



Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
		Edición N° 01	Página 2 de 7

## 1. PROPÓSITO Y ALCANCE

El objeto de este procedimiento es describir los conceptos teóricos en que se basa la actuación práctica ante un derrame producido en el laboratorio y establecer unas pautas básicas de actuación en caso de producirse un derrame biológico o químico, con el fin de establecer una rápida actuación para minimizar las posibles consecuencias. También se relacionan las bases teóricas que fundamentan dicha actuación.

Este procedimiento es aplicable al personal e instalaciones del laboratorio de Microbiología del hospital ante un derrame. En caso de disponer de un laboratorio de nivel de contención biológica 3 (NCB-3), es aconsejable realizar un procedimiento específico para él teniendo en cuenta sus características de construcción e instalación.

## 2. FUNDAMENTO

### 2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Un derrame es una situación de emergencia que se puede dar en un laboratorio de Microbiología. Puede ocasionar lesiones corporales, pérdida de materiales valiosos y originar la evacuación del laboratorio o del hospital entero, por lo que exige que el personal que lo detecta actúe rápida y eficazmente.

Ante un derrame en el laboratorio, se debe proceder a su neutralización, absorción y eliminación. Se utilizarán los medios y equipos en función de la peligrosidad, tipo y volumen del producto derramado. Según el volumen, los derrames se clasifican en:

**a) Derrames de pequeños volúmenes:** el personal del propio laboratorio responde a la emergencia, pues conoce las características del producto derramado y las técnicas de neutralización, absorción y eliminación.

**b) Derrames de grandes volúmenes:** el laboratorio deberá contar con la ayuda de los servicios externos y del personal propio del laboratorio.

Las **causas más frecuentes** de derrames son:

- Vuelco de un recipiente.
- Caída de un recipiente.
- Rotura de un recipiente o equipo.
- Reacción descontrolada entre dos sustancias incompatibles.
- Derrame durante el trasvase de líquidos.

El control de los derrames se fundamentará en las fichas de seguridad de los productos, que a su vez determinarán la adecuación de los medios disponibles que se indican a continuación:

- a. **Equipos de protección individual (EPI):** guantes, mascarillas, ropa de protección para el cuerpo (buzo, bata, etc.) gafas y máscaras de gases y vapores. Estas últimas deben cubrir boca, nariz y ojos, estando especialmente indicadas con contaminantes muy irritantes.
- b. **Equipos de limpieza:** pala, escoba, bolsas para recoger los derrames.
- c. **Productos absorbentes o neutralizantes** en cantidad suficiente para controlar el derrame, en función del volumen y tipo de producto derramado.
- d. **Material absorbente:** papel de filtro, toallas, paños, etc.
- e. **Equipos autónomos de respiración:** incorporan la fuente suministradora de aire (botellas). Su utilización está indicada en los casos en que el aire es irrespirable y se requiere autonomía y libertad de movimientos.
- f. **Estación de seguridad:** armario donde se guardan todos los equipos de control de derrames.
- g. Inventario de los equipos de control de derrames.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
		Edición N° 01	Página 3 de 7

## 2.2 DEFINICIONES

**Derrame:** vertido involuntario de fluidos contenidos en equipos o recipientes ya sea por mala praxis o por ruptura del recipiente que contiene al fluido.

**Absorbente:** producto que ayuda a contener y controlar los derrames líquidos. Presenta distintas formas y tamaños para satisfacer la mayoría de las necesidades.

**Neutralizante:** compuesto químico con un nivel de pH definido y cuya función se basa en modificar el pH del producto del derrame contrarrestando sus efectos negativos.

## 3. DOCUMENTOS DE CONSULTA

- Pérez JL, Alados Arboledas JC, Borrell Solé N, Déniz Naranjo C, Mulet Aguiló X, Ruiz de Gopegui E. Manual de Seguridad. Laboratorio de Microbiología Clínica. Madrid: GEGMIC-SEIMC. 2010
- [http://www.seimc.org/contenidos/gruposdeestudio/gegmic/dcientificos/documentos/gegmic\\_dyc1\\_2009.pdf](http://www.seimc.org/contenidos/gruposdeestudio/gegmic/dcientificos/documentos/gegmic_dyc1_2009.pdf)
- PNT-SL-01 de este procedimiento SEIMC. Normas generales de trabajo con las cabinas de seguridad biológica.
- PNT-SL-02 de este procedimiento SEIMC. Gestión de residuos
- PNT-SL-04 de este procedimiento SEIMC. Actuación ante un accidente biológico

## 4. PROCEDIMIENTO

### 4.1 EQUIPO DE EMERGENCIA

Tal como establecen las normativas, debe existir un Equipo de Emergencia que está formado por el Jefe de Emergencia, Jefe de Intervención, Supervisor de Seguridad, Equipo de Primera Intervención y Equipo de Segunda Intervención.

Estas personas han de reunir las siguientes características:

- Ser responsables de mantener los elementos de actuación y protección ante un derrame en su lugar y en correctas condiciones, y las vías de evacuación siempre despejadas y libres de obstáculos.
- Tener la capacidad de liderar las acciones necesarias para asegurar una evacuación total y ordenada.
- Estar adiestradas en las técnicas de actuación ante un derrame conociendo las características y el uso de los elementos de actuación y protección.

### 4.2 ELEMENTOS DE ACTUACIÓN Y PROTECCIÓN

Los tipos de EPIs y utilización se han seleccionado en función de la peligrosidad del producto derramado, (datos de la ficha de datos de seguridad), y del volumen del derrame. De manera general, se recomienda la utilización de guantes, ropa, gafas de seguridad y mascarilla o máscara de gases y vapores, todos ellos disponibles en la Estación de Seguridad.

En cuanto a los absorbentes y neutralizantes, se han establecido teniendo en cuenta la actividad del laboratorio y los productos que se utilizan. Normalmente debe disponerse de agentes específicos para ácidos, bases, disolventes orgánicos y metales pesados.

### 4.3 ACTUACIÓN ANTE PEQUEÑOS DERRAMES

#### 4.3.1. Derrames biológicos

##### a) Derrames en las instalaciones

Ante cualquier derrame de material biológico, independientemente del tipo y del tamaño, el personal del laboratorio **debe mantener la calma** y proceder a recogerlo inmediatamente según los pasos siguientes:

1. Detener el derrame lo más pronto posible.



Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
		Edición N° 01	Página 4 de 7

2. Atender al personal afectado evacuándolo inmediatamente.
3. Alertar inmediatamente sobre el derrame al personal presente en la zona afectada.
4. Evacuar la zona afectada inmediatamente.
5. Avisar al Supervisor de Seguridad del laboratorio.
6. Quitarse los equipos de protección afectados por el derrame y desecharlos como residuos biológicos.
7. Evaluar el riesgo del derrame basándose en:
  - Volumen de material biológico derramado.
  - La concentración del agente biológico en el material biológico derramado.
  - El riesgo de los agentes biológicos implicados.
  - La vía de infección de los agentes biológicos implicados.
  - El efecto que origina el agente biológico.
  - La Ficha de Datos de Seguridad, si está al alcance.
8. Cuando se considere oportuno, precintar el local afectado al menos 30 min, de modo que los aerosoles formados se depositen.
9. Transcurrido este tiempo y con los EPIs adecuados, realizar la descontaminación. Al menos, deben utilizarse guantes y gafas, y mascarillas si el agente biológico es transmisible por inhalación.
10. Cubrir el derrame con un material absorbente como el cilindro absorbente, toalla absorbente, papel de filtro, etc. de tal manera que se cubra toda la superficie del derrame. Verter sobre el material absorbente, hipoclorito sódico que contenga 5 g/L de cloro libre recién preparado (**dilución al 10% de lejía doméstica**) y dejar actuar durante 20–30 min.
11. Recoger el material absorbente en recipientes para residuos biológicos.
12. Limpiar la zona con abundante agua y detergente y ventilar.
13. Notificar el incidente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

#### b) Derrames en el interior de la cabina de seguridad biológica (CSB)

Si se produce un derrame de material biológico en una CSB, se deben seguir las siguientes pautas:

1. **NO desconectar la cabina.**
2. Quitarse los equipos de protección afectados por el derrame y desecharlos como residuos biológicos.
3. Realizar la descontaminación con los equipos de protección adecuados. Al menos, deben utilizarse guantes y gafas, y mascarillas si el agente biológico es transmisible por inhalación.
4. Cubrir el derrame con papel de filtro o toallas absorbentes para evitar su dispersión dentro de la cabina.
5. Verter sobre dicho material absorbente, un desinfectante de acuerdo al agente biológico implicado en el derrame (lejía, sales de amonio cuaternario, alcohol al 70%, etc.) valorando su efecto corrosivo sobre la superficie de la cabina de seguridad biológica y dejar actuar de 20–30 min. En caso de requerir lejía está se utilizará a una dilución del 10% de lejía doméstica (5g/L de cloro libre) siendo muy importante no prolongar su acción más de 30 min y proceder inmediatamente a su neutralización.
6. Recoger el material absorbente en recipientes para residuos biológicos.
7. Limpiar la cabina con abundante agua y detergente y ventilar dejándola en funcionamiento.
8. Notificar el incidente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

#### c) Rotura de un tubo en el interior de una centrífuga en funcionamiento

Se deben seguir los siguientes pasos:

1. Desconectar la centrífuga.
2. No abrir la centrífuga hasta pasados 30 min.
3. Avisar al Supervisor de Seguridad del laboratorio.
4. Realizar la descontaminación con los equipos de protección adecuados. Al menos, deben utilizarse guantes y gafas, y mascarillas si el agente biológico es transmisible por inhalación.
5. Proceder a abrir los cestillos de seguridad de la centrífuga en una cabina de seguridad.
6. Usar guantes gruesos resistentes y pinzas para extraer los vidrios rotos.

Servicio / Unidad de Microbiología	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
Hospital.....		Edición N° 01	Página 5 de 7

7. Los tubos rotos, fragmentos de vidrio, cestas o canastas, soportes, rotor, etc., deben esterilizarse mediante autoclave de vapor. En caso que no resistan este proceso, deben sumergirse durante 24 h en un desinfectante no corrosivo (alcohol etílico al 70 %, derivados de amonio cuaternario, etc.), de eficacia conocida a la dilución habitual frente a los agentes biológicos implicados. El desinfectante debe diluirse según las indicaciones del fabricante.
8. Se valorará el uso de los tubos intactos con sus correspondientes tapones. Si éstos fueran imprescindibles, pueden introducirse en otro recipiente con un desinfectante adecuado al agente biológico implicado (alcohol 70%, sal de amonio cuaternario, lejía doméstica al 10%, etc.) y su contenido podrá recuperarse en 60 min.
9. Limpiar el interior de la centrifuga con paño, toalla o algodón empapado en el mismo desinfectante a la dilución apropiada. Lavar con agua y detergente suave y dejar secar.
10. Al día siguiente volver a repetir la operación de lavado y dejar secar.
11. Todo el material utilizado para la desinfección y limpieza se eliminará como residuos biológicos.

#### 4.3.2. Derrames químicos

##### a) Derrames en las instalaciones

Ante cualquier derrame de material químico, independientemente del tipo y del tamaño, el personal del laboratorio debe **mantener la calma** y proceder a recogerlo inmediatamente según los pasos siguientes:

1. Detener el derrame lo más pronto posible.
2. Delimitar y aislar la zona.
3. Alertar inmediatamente sobre el derrame al personal presente en la zona afectada.
4. Colocarse los equipos de protección adecuados. Al menos debe utilizarse guantes y gafas y máscaras de gases y vapores si es peligroso por inhalación.
5. Identificar el material derramado; si se trata de un derrame potencialmente inflamable, eliminar las fuentes de calor y aumentar la ventilación de la zona de derrame. Si no se conocen los riesgos asociados, consultar la Ficha de Datos de Seguridad del producto químico derramado.
6. En el caso de derrames tóxicos o con afectados, atender y trasladar a una zona segura a los heridos y evacuar a toda persona no esencial de la zona del derrame.
7. **Neutralizar y absorber** el derrame según el tipo, siguiendo el principio de fuera hacia adentro: en el caso de derrame líquido, el material absorbente se esparce en toda el área del derrame comenzando por la parte externa, rodeando el derrame y continuando hacia el interior del mismo. Para la neutralización se debe seguir las recomendaciones de la Ficha de Datos de Seguridad. Como pautas generales se pueden seguir las siguientes:
  - **Líquidos inflamables:** debe absorberse con carbón activo u otros absorbentes específicos que se pueden encontrar comercializados. No se debe emplear nunca serrín por ser también inflamable.
  - **Ácidos:** debe absorberse con la máxima rapidez ya que tanto el contacto directo, como los vapores que se generan, pueden causar daño a las personas, instalaciones y equipos. Para su neutralización se aconseja disponer de un neutralizador comercializado. En caso de no disponer de ellos, se puede neutralizar con una solución concentrada de bicarbonato sódico. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.
  - **Bases:** debe absorberse con productos específicos comercializados. En caso de no disponerse de ellos, se neutralizaría con abundante agua a pH ligeramente ácido. Una vez realizada la neutralización debe lavarse la superficie con abundante agua y detergente.
  - **Otros líquidos no inflamables ni tóxicos ni corrosivos:** pueden absorberse con serrín.
8. Recoger el material absorbente en bolsas de residuo químico y gestionarlo según la naturaleza del material derramado, indicando en la bolsa el tipo de derrame ocurrido.
9. Limpiar la zona con abundante agua y ventilar.
10. Notificar el incidente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

##### b) Derrames en el interior de la cabina de seguridad biológica (CSB)

En el caso de producirse un derrame de material químico en una **cabina**, se deben seguir las pautas establecidas anteriormente para la actuación ante derrames. Estas pautas son:

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
		Edición N° 01	Página 6 de 7

1. Desconectar la cabina.
2. Quitarse los equipos de protección afectados por el derrame y desecharlos como residuos químicos.
3. Colocarse los equipos de protección adecuados y proceder a recoger el derrame químico. Al menos, deben utilizarse guantes y gafas, y máscaras de gases y vapores, si el producto químico es tóxico por inhalación.
4. Cubrir el derrame con papel de filtro o toallas absorbente para evitar su dispersión dentro de la cabina.
5. Verter sobre dicho material absorbente, neutralizantes líquidos de acuerdo con la ficha de datos de seguridad del producto químico implicado.
6. Recoger el material absorbente en recipientes para residuos químicos, indicando su tipo.
7. Limpiar la cabina con abundante agua y detergente y ventilar dejándola en funcionamiento.
8. Notificar el incidente al Servicio de Prevención de Riesgos Laborales.

#### 4.3.3. Derrames de grandes volúmenes

Se establecen secuencialmente los **Planes de Alarma, Intervención y Evacuación**:

A) El **Plan de Alarma** establecido implica que uno de los integrantes del Equipo de Primera Intervención informe de la situación existente en el laboratorio:

- Llamar al teléfono de emergencia establecido en el hospital indicando:
  - a. Nombre y puesto de trabajo.
  - b. Laboratorio o instalación afectados.
  - c. Breve descripción del derrame.
  - d. Existencia o no de heridos.
- Comunicar por la vía más rápida (teléfono, en persona, etc.) al personal de los laboratorios o de instalaciones colindantes, dando preferencia a los laboratorios con instalaciones más complejas, como los laboratorios de NCB3.
- Avisar al Director del Laboratorio de la situación y al Supervisor de Seguridad.

B) El **Plan de Intervención** establecido, implica:

- Otro de los integrantes del Equipo de Primera Intervención comienza a eliminar aquellos elementos que pueden agravar la situación en el laboratorio.
- Los integrantes del Equipo de Primera Intervención, tras comunicar la situación y realizar aquellas tareas que minimicen la gravedad de la situación, acuden al armario de seguridad para:
  - a. Identificarse como tales mediante chalecos: el chaleco de color naranja para el Supervisor de Seguridad, y el amarillo para el resto de componentes.
  - b. Recoger aquellos materiales y equipos requeridos: guantes, gafas, mascarillas, máscaras de gases y vapores, etc.

C) El **Plan de Evacuación** establecido, implica que:

- El Supervisor de Seguridad, identificado con el chaleco naranja, se pone en contacto con algún integrante del equipo de Segunda Intervención para intercambiar información sobre la emergencia, y coordina la actuación del resto de miembros del Equipo de Primera Intervención mientras espera la llegada del Jefe de Intervención y ponerse a su disposición.
- El resto de miembros del Equipo de Primera Intervención, identificados con el chaleco amarillo, comienza a evacuar al personal del laboratorio:
  - a. Informan al personal del tipo y gravedad de la emergencia.
  - b. Procuran calmarlo, indicándoles que deben:
    - Desconectar aquellos elementos que puedan agravar la situación del derrame: mecheros, hornos, mantas, etc. En caso de derrame químico desconectar también las cabinas, no así en el caso de derrame biológico.
    - Salir sin recoger nada, en silencio y sin retroceder.
  - c. Les informan del punto seguro de reunión y de la vía de evacuación que deben seguir para llegar a él.

Servicio / Unidad de Microbiología Hospital.....	Emergencias internas: derrames	PNT-SL-04	
		Edición N° 01	Página 7 de 7

- d. Revisan la ausencia de personal de todos los locales del laboratorio señalándolo con una pegatina de “revisado” tras cerrar la puerta.
- Todos los miembros del Equipo de Primera Intervención, tras finalizar la evacuación del personal del laboratorio, se dirige hacia el punto seguro de reunión mientras espera la llegada del Jefe de Intervención para ser informados de las decisiones del Jefe de Emergencia y ponerse a disposición de los servicios de ayuda externa.

## 5. RESPONSABILIDADES

- Estas instrucciones son de obligado cumplimiento para todo el personal del laboratorio de Microbiología.
- El Servicio de Prevención de Riesgos, debe ayudar debe colaborar en la elaboración de Manual de Seguridad del laboratorio y evaluar su implantación.
- El Director del Laboratorio debe supervisar y mantener actualizado el Manual de Seguridad del laboratorio entregado a todos los trabajadores del laboratorio, con constancia por escrito de este hecho.
- El Supervisor de Seguridad es el responsable del cumplimiento diario de dicho procedimiento, así como del registro de todos los incidentes.
- Tanto el Director del Laboratorio como el Responsable de Seguridad, deben trabajar estrechamente con el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Alados JC, Gómez E, Leiva J, Rojo E. Seguridad en el laboratorio de Microbiología Clínica (Pérez JL, ed). Madrid: SEIMC. 2013.
2. Gadea E, Guardino X, Rosell MG. NTP 500: Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1998.
3. Guardino X, Gadea E, Rosell MG. NTP 399. Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de fugas y vertidos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 1995.
4. World Health Organization. Laboratory biosafety manual, 3ª ed. Geneve: Wold Health Organization. 2004.