

INFORME FIPSE

Manual de bioseguridad

para un laboratorio
de Investigación
sobre el VIH

Laura Díaz Muñoz
María Ángeles Muñoz-Fernández



INFORME FIPSE

Manual de bioseguridad

para un laboratorio
de Investigación sobre el VIH

Laura Díaz Muñoz y M.^a Ángeles Muñoz-Fernández
Prólogo de Esteban Domingo

Manual de Bioseguridad para un Laboratorio de Investigación sobre el VIH

Copyright © Laura Díaz Muñoz y M^aÁngeles Muñoz-Fernández. 2008.

Autores:

Laura Díaz Muñoz y M.^a Ángeles Muñoz-Fernández

Revisado para Fipse por:

José Alcamí Pertejo y Sonsoles Sánchez Palomino

Primera edición: septiembre 2008

Las autoras y FIPSE no se responsabilizan del uso indebido de la información contenida en este manual ni de los daños y perjuicios que pudieran producirse como resultado de un mal uso de la misma.

Las autoras y FIPSE recomiendan a los lectores la periódica actualización de la legislación, las guías técnicas y las recomendaciones clínicas elaboradas por las instituciones al respecto.

ISBN: 978-84-691-6069-5

PRÓLOGO

Una obra necesaria

El SIDA ha tenido un impacto social sin precedentes, a pesar de otros graves episodios de enfermedades emergentes como fueron la pandemia de gripe de 1918 o la emergencia del síndrome agudo respiratorio severo (SARS) en 2003. Probablemente lo que más ha impresionado a nuestra sociedad ha sido ser testigos de la identificación de un nuevo agente vírico, su circulación inicial entre colectivos de homosexuales, su expansión a nivel mundial hasta afectar a cualquier grupo poblacional y las graves dificultades para el control de la enfermedad. A medida que el conocimiento del virus causal, el virus de la inmunodeficiencia humana tipo 1 (VIH-1), ha aumentado, se han podido desarrollar nuevas terapias de combinación efectivas, pero que lamentablemente son asequibles solamente a una minoría de la población afectada. El impacto negativo del SIDA se ha acrecentado con el reconocimiento de nuestra incapacidad para abordar la precaria situación económica y social que se está viviendo en muchos países de África, que entronca con la inoperancia para controlar el SIDA. España no ha sido ajena a la tragedia. Con uno de los índices de SIDA mayores entre los países de nuestro entorno, estamentos médicos y científicos se movilizaron desde la década de 1980 para dar respuesta al nuevo y gran desafío.

En las últimas décadas la cantidad de publicaciones en forma de libros y artículos de revistas que se refieren al VIH-1 y al SIDA ha sido espectacular, tanto a nivel nacional como internacional. Se han editado monografías sobre epidemiología de la enfermedad, sobre el arsenal de inhibidores del VIH-1 disponible y cómo administrarlos en múltiples terapias de combinación. Se han divulgado las implicaciones éticas y religiosas de la enfermedad y de los métodos para su control. Pocas parcelas han quedado sin tratar. En las revistas especializadas se han diseccionado los múltiples componentes del virus y los productos de expresión de su genoma, en interacción con las células y organismo hospedadores. Conocemos el origen del virus, su historial evolutivo y, en buena parte, los mecanismos e interacción con el sistema inmune para producir la inmunodeficiencia que caracteriza la enfermedad asociada al virus. Se ha obtenido una gran cantidad de información científica que, además, ha tenido, como consecuencia, un conocimiento sin precedentes sobre retrovirus y también una notable mejora en el tratamiento de los pacientes infectados. Para aquellos pacientes con acceso a las últimas combinaciones de inhibidores del VIH-1 (lamentablemente todavía una minoría) el SIDA puede considerarse en gran medida una enfermedad crónica, en vez de la enfermedad con pronóstico fatal a corto plazo, tan sólo unos años atrás.

En este panorama de progreso en el control del SIDA y en el conocimiento de su virus causal, quedaba una parcela poco desarrollada pero extraordinariamente necesaria para aquellos profesionales o estudiantes implicados en el trabajo con el VIH-1: una guía sobre seguridad de laboratorio. Las doctoras María Ángeles Muñoz-Fernández y Laura Díaz Muñoz, del Laboratorio de Inmunobiología Molecular del Hospital Gregorio Marañón, han elaborado un acertadísimo *Manual de Bioseguridad de un Laboratorio de Investigación sobre el VIH* bajo los auspicios de FIPSE, una fundación que está llevando a cabo una gran labor de apoyo a la investigación sobre el SIDA. Este manual huye de alarmismos y exageraciones, lo que refleja que las autoras conocen la realidad de los laboratorios clínicos y de investigación. María Ángeles y Laura son investigadoras practicas en el sentido más positivo del concepto: viven en la frontera entre la investigación básica y clínica y su guía sobre bioseguridad se cimienta en la experiencia propia del trabajo cotidiano con el VIH-1. Hay mucho de penetración en las características del VIH a través de las páginas de este manual, así como de información sobre normativa, riesgos químicos y biológicos, recomendaciones para la instalación y funcionamiento del laboratorio y medidas preventivas. Todo ello tiene una aplicabilidad muy general para cualquier laboratorio que trate con agentes patógenos. Este manual será ciertamente recibido con interés no solamente por las personas que trabajan con el VIH-1, sino por todos aquellos que tratan con cualquier tipo de agente patógeno en la práctica médica, investigación o enseñanza.

Felicito a las autoras por una obra incisiva, completa y oportuna.

Esteban Domingo

Centro de Biología Molecular Severo Ochoa
Agosto de 2008

AGRADECIMIENTOS

El elemento básico de cualquier laboratorio son las personas que lo integran y hay que mimar a los componentes del grupo sin tener miedo a los cambios. Nosotros contamos con un gran equipo de investigadores de todas las categorías que desde un principio han apoyado y colaborado en la elaboración de este manual. En el grupo destaca el talento, la innovación, un ambiente de libertad, los buenos resultados, no se penalizan los errores, competimos por la calidad y no por la cantidad, siempre se aportan propuestas de mejora, somos creativos en esencia, creamos interactuando, creamos valor, nos encontramos en el entorno adecuado en el que tenemos unos objetivos a alcanzar, disfrutando, día a día, con nuestro trabajo. Por eso, todos hemos creído desde el principio y seguimos creyendo en que en este ambiente es necesaria una **política de gestión de calidad de riesgos laborales**. Por todo ello, agradecemos a cada uno de los miembros del laboratorio su colaboración, desde los más antiguos hasta los más recientes en la incorporación al grupo, porque sin duda todos ellos han aportado un granito de arena en la elaboración de este manual (Susana Álvarez, José Luis Jiménez, Lola García, Maribel Clemente, Almudena Blanco, Raquel Lorente, María Jesús Serranía, Aránzazu del Moral, Beatriz Larrú, Pepa González, Claudia Palladino, Luis Chonco, Nick Weber, Alberto Martínez, Alicia Pérez, Natividad de las Cuevas, Rafael Gras, Isabel García, Jorge Gallego, Coral Gómez, Cristina Prieto, Luis López, Teresa Gonzalo, Carmen Arroyo, Rafael Correa, Santiago Jiménez, Marjorie y Carolina Gutiérrez).

Queremos agradecer la participación y colaboración de FIPSE en la elaboración de este manual, así como en su divulgación. Esperamos que este manual ayude en la realización del trabajo en el campo de la ciencia de una forma segura y cómoda para todos los trabajadores. Así mismo, también queremos agradecer a la Fundación Caja Navarra por creer en nuestro grupo y en nuestra capacidad para ayudar a la mejora de la calidad de vida de todas las personas.

Las bacterias se desarrollan intercambiando información en forma de DNA, la innovación surge del trabajo entre los miembros del grupo. Se necesita un entorno físico y emocional adecuado, una buena política de calidad en la que se incluyen los riesgos laborales.

Este manual se ha elaborado según las normativas y guías vigentes actualmente, por lo que el lector deberá informarse si hay cambios en alguna normativa.

Gracias a todos por conseguirlo.

Laura Díaz Muñoz y María Ángeles Muñoz-Fernández

1

RIESGOS
BIOLÓGICOS

p. 8

2

RIESGOS
QUÍMICOS

p. 38

3

RECURSOS
DEL LABORATORIO

p. 46

4

MEDIDAS PREVENTIVAS
Y DE PROTECCIÓN

p. 70

5

GESTIÓN
DE RESIDUOS

p. 90

6

CONDUCTA ANTE
UN INCENDIO

p. 102

7

CONDUCTA ANTE
UN ACCIDENTE

p. 108

8





RIESGOS
ERGONÓMICOS

p. 122

9

ANEXOS

p. 154

-  Legislación relativa al tema.
-  Obligación en el cumplimiento de la norma.
-  Muy importante.
-  Prohibido realizar la acción.

1

RIESGOS BIOLÓGICOS

1.1. Introducción a los riesgos biológicos.

- A) Exposición a los agentes biológicos en el trabajo:
 - I. Categorías de exposición a agentes biológicos.
 - II. Vías de entrada de los agentes biológicos.

1.2. Clasificación de los agentes biológicos.

- A) Grupo biológico perteneciente a virus:
 - I. Riesgos comunes por trabajar con virus.
- B) Accidentes laborales con el VIH.

1.3. Laboratorio de investigación con agentes biológicos.

- I. Riesgos de origen.
- II. Aspectos organizativos del laboratorio.
- B) Riesgo de infección con fluidos biológicos:
 - I. Factores que influyen en el riesgo de infección por el VIH.
 - II. Cultivos celulares.

1.4. Identificación de riesgos en el laboratorio.

- A) Identificación teórica de los riesgos.
- B) Evaluación del puesto de trabajo y del trabajador expuesto.

1.5. Medición y valoración de los agentes biológicos presentes en el laboratorio.

- A) Tipos de estudios.
- B) Aerosoles:
 - I. Medición de los aerosoles en el ambiente de trabajo.
 - II. Equipos de muestreo.
 - III. Identificación de la composición de los aerosoles.
- C) Límites de exposición laboral.

1.1. Introducción a los riesgos biológicos

Dentro del ámbito laboral se pueden producir accidentes laborales durante cualquier actividad laboral. No obstante, desde el punto de vista de la prevención, los accidentes no son nunca eventos debidos al azar. Van a existir factores que van a poder controlarse y evitarse. Cuando no existe una política preventiva en el trabajo aumenta el riesgo de producirse los accidentes. Por tanto, los accidentes se podrán evitar llevando una buena política de gestión de los riesgos laborales.

En este caso será fundamental que existan unas normas dentro del laboratorio de investigación que eviten estos accidentes y protejan a los trabajadores de los mismos. Si el laboratorio de investigación realiza su principal actividad de trabajo con el agente biológico del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), se tendrá que tener en cuenta los posibles mecanismos de contagio por este agente, sin perder de vista los posibles riesgos por otros agentes.

En general, salvo en profesiones en las cuales se está manipulando o se puede tener contacto con el VIH directamente como es en el caso de investigadores y personal sanitario, etc., el VIH no va a constituir un riesgo especial para el resto de las profesiones laborales.

En el año 1995 surgió la *Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)*. Esta ley surgió para proteger a los trabajadores. Desde entonces, están recogidas una serie de garantías y responsabilidades para realizar cualquier trabajo en las mejores condiciones de seguridad.

Es decir, si se aplica esta normativa, se va a disponer de los adecuados niveles de protección para la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Debido a que en el laboratorio de investigación se trabaja principalmente con agentes biológicos, con esta ley también se pretende garantizar la protección contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Así mismo, se dispone de un Real Decreto (*R/D 664/1997*) donde se define como *agentes biológicos*:

L

“Microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad”.

A) EXPOSICIÓN A LOS AGENTES BIOLÓGICOS EN EL TRABAJO

Se entiende por **“exposición a agentes biológicos”** en el trabajo, la presencia de éstos en el entorno laboral. En torno a este ámbito, apareció el 26 de noviembre de

1990 una *Directiva del Consejo 90/679/CEE*, mediante la cual se *“pueden tomar medidas destinadas a promover la mejora de la seguridad y salud de los trabajadores que estén expuestos a agentes biológicos”*.

Exposición a los agentes biológicos:

- **Tras un accidente laboral.** Habitualmente es comunicado, investigado y con causas que casi siempre se pueden determinar. Por ejemplo: cortes o pinchazos producidos con herramientas o instrumentos contaminados.
- **Tras una exposición laboral.** La especialidad dentro de los riesgos laborales que estudia los agentes biológicos y químicos se denomina **“Higiene Industrial”**.

El estudio de los agentes químicos es relativamente sencillo, ya que se puede saber las concentraciones que se están manipulando, mientras que con los agentes biológicos no siempre se dispone de dicha concentración. Esto hace que un agente biológico pueda estar presente en el ambiente de trabajo en una concentración determinada, que puede o no causar daño en la salud de los trabajadores.

I. Categorías de exposición a agentes biológicos

Se pueden distinguir tres grandes categorías de exposición a los agentes biológicos.

Categorías de exposiciones frente a los agentes biológicos:

- **Exposiciones derivadas de una actividad laboral.** Va a existir una intención deliberada de utilizar o manipular el agente biológico. Constituye el propósito principal del trabajo. Actividades de este tipo serían las desarrolladas con animales infectados en los laboratorios de investigación, cultivos celulares, en el diagnóstico microbiológico, etc.
- **Exposiciones relacionadas con las industrias de la biotecnología.** Se van a manipular agentes biológicos en industrias farmacéuticas con el fin de obtener antibióticos, enzimas y vacunas virales. Industria alimentaria para la obtención de cerveza, quesos, yogur, etc.
- **Exposiciones accidentales al propósito principal del trabajo.** Exposición a un agente biológico que no deriva de la propia actividad laboral. Tendremos, por ejemplo, un trabajador que sufre una infección respiratoria transmitida por otro trabajador.

II. Vías de entrada de los agentes biológicos

Se pueden distinguir varias vías de penetración, entre las cuales se destacan:

i

Vías de penetración en el organismo de los agentes biológicos:

- **Vía respiratoria.** Puede introducirse en el sistema respiratorio del trabajador al ser inhalado en forma de aerosoles en los procesos habituales en el laboratorio, como es al centrifugar muestras, al agitar los tubos, o a través de aspiración de secreciones, toses, estornudos, etc.
- **Vía digestiva (fecal-oral).** Introducción en el sistema digestivo del trabajador al producirse una ingestión accidental. Por ejemplo, al pipetear con la boca, al comer, beber, o fumar en el lugar de trabajo, etc.
- **Vía sanguínea, piel o mucosas.** Entraría en estos sistemas como consecuencia de producirse pinchazos, mordeduras de animales, cortes, erosiones, salpicaduras, etc.
- **Otras vías.** La exposición a agentes biológicos también puede producirse por un mal diseño en los edificios.

Por ejemplo:

- Sistema de aire acondicionado. Pueden existir microorganismos que según su tipo y concentración pueden llegar a ser perjudiciales para la salud, como son bacterias, virus, hongos, además de los ácaros del polvo.
- Humidificadores y sistemas de agua. Se puede producir la llamada “fiebre del humidificador”. A través de los sistemas de agua y torres de refrigeración se pueden propagar microorganismos como la *legionella*. Los microorganismos pueden producir metabolitos tóxicos o irritantes. Por ejemplo, las esporas fúngicas pueden producir alergias y reacciones de hipersensibilidad.

En general, cuando el mal diseño de un edificio está implicado en enfermedades que padece el personal laboral, se denomina como “**Síndrome del Edificio Enfermo**”.

En la tabla 1, se muestran las diferentes exposiciones del personal que trabaja en laboratorios clínicos o de investigación (SOISS- Medellín, 1994).

TABLA 1. Exposición del personal de laboratorio clínico

PROCEDIMIENTO	EXPOSICIÓN
Manejo de jeringas, agujas y material corto punzante.	Inoculación accidental de sangre u otros fluidos corporales.
Manejo de frascos, ampollas y otros recipientes que contengan sangre o fluidos corporales.	Desperfectos o rupturas en los recipientes que pueden generar contacto accidental con sangre u otros fluidos corporales.
Manipulación de muestras y transporte de materiales.	Contacto con sangre, fluidos corporales y materiales potencialmente infecciosos, por salpicaduras, aerosoles o derrames.
Procesamiento de muestras como extendidas de sangre periférica y sedimentaciones.	Piel no intacta expuesta a fluidos corporales. Contacto accidental con materiales potencialmente infectados.
Trabajo con equipos que contengan sangre o fluidos corporales.	Contacto accidental con materiales potencialmente infectados.
Descarte de equipos y materiales.	Cortadas, y accidentes por descargue inapropiado de jeringas, agujas y material cortopunzante.
Descarte de muestras.	Contacto con sangre o fluidos corporales por salpicaduras.
Manejo de centrifugas. Manejo de ultracentrifugas. Dispositivos para agitar los cultivos y las pruebas de VDRL.	Aerosoles, salpicaduras, derrames de sangre u otros fluidos corporales y lesiones por ruptura de tubos.

1.2. Clasificación de los agentes biológicos

Para saber a qué riesgos está expuesto el personal laboral del laboratorio se tendrá que saber qué riesgos presenta el trabajar con un agente biológico en concreto.

Con este fin, se han clasificado los agentes biológicos en diferentes categorías según su índice de riesgo. La clasificación en categorías de riesgo es tanto para bacterias como virus y hongos. Existe una legislación relacionada, entre la que se encuentra la *Directiva 90/679/CEE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos*, donde en su artículo 2 se establece la clasificación de los agentes biológicos en cuatro grupos de riesgo, según su diferente índice de riesgo de infección.

i

Clasificación de los agentes biológicos:

- **Agente biológico de grupo 1. (*Riesgo individual y poblacional escaso o nulo*).** Agente biológico que resulte poco probable que cause enfermedad en el ser humano.
- **Agente biológico de grupo 2. (*Riesgo individual moderado y poblacional bajo*).** Agente patógeno que pueda causar una enfermedad en el ser humano y pueda suponer un peligro para los trabajadores, existen generalmente profilaxis o tratamientos eficaces.

Ejemplos: Virus de la influenza tipo A, B y C.
Virus del papiloma humano.
Virus del sarampión.
Virus de las paperas.
Virus respiratorio sincitial.
Virus del EpsteinBarr.
Bacteria: *Legionella pneumophila*.
Hongo: *Penicillium* sp.

- **Agente biológico de grupo 3. (*Riesgo individual elevado, poblacional bajo*).** Agente patógeno que pueda causar una enfermedad grave en el ser humano y presente serio peligro para los trabajadores, existe el riesgo de que se propague a la colectividad, pero existen generalmente profilaxis o tratamientos eficaces.

Ejemplos: Virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). (*) (D)
Virus de la rabia. (*)
Virus de las leucemias humanas de las células T (HTLV-I y II). (*) (D)
Virus SIV. (*)
Encefalopatía espongiforme bovina (BSE). (*) (D)
Virus de la hepatitis C. (*) (D)
Bacteria: *Mycobacterium tuberculosis*.
Hongo: *Histoplasma capsulatum*.

i

- **Agente biológico de grupo 4. (*Riesgo individual y poblacional elevado*).** Agente patógeno que puede causar una enfermedad grave en el ser humano y presente serio peligro para los trabajadores; existen muchas probabilidades de que se propague a la colectividad; no existen generalmente profilaxis o tratamientos eficaces.

Ejemplos: Virus de la fiebre hemorrágica de Crimea/Congo.
Virus del Ébola.
Virus de Marburg.
"Whitepox" virus (variola virus). (V)

No hay bacterias ni hongos clasificados en este grupo.

Notas: (*) : Normalmente no infecciosos por vía aérea.
(D) : La lista de trabajadores expuestos debe mantenerse durante 10 años.
(V) : Existencia de una vacuna.

Estos cuatro grupos de riesgo biológico condicionan las medidas preventivas a utilizar. Las medidas preventivas podrán ser individuales, donde se protege al trabajador de forma individual, así como medidas colectivas, donde se protege a todos los trabajadores de forma colectiva.

Las medidas preventivas estarán relacionadas con:

i

- La manipulación del material biológico en cuestión.
- La instalación del laboratorio.
- Las medidas de protección adoptadas.
- Las técnicas de laboratorio empleadas.

Los agentes biológicos clasificados dentro del grupo 3 pueden transmitirse por vía aérea o no. Se deberá tener en cuenta esta variable tanto en la evaluación de riesgos como a la hora de planificar las medidas y niveles de contención para este agente. Si el agente biológico no se transmite por vía aérea, las medidas no van a ser tan rigurosas, salvo indicación de lo contrario de la autoridad sanitaria, a la que se debe informar, previamente, de tal circunstancia.

Según esta clasificación, el VIH es un agente biológico que se encontraría englobado dentro del grupo 3. No obstante, el VIH es un agente biológico que no se transmite por vía aérea.

A) GRUPO BIOLÓGICO PERTENECIENTE A VIRUS

Los virus son parásitos obligados y, por tanto, necesitan de un ser vivo para su desarrollo. Las personas van a actuar como amplificadores y diseminadores.

El contagio de este tipo de agentes biológicos no solamente va a ser por accidentes laborales, ya que pueden estar influyendo factores tales como el aumento de la ocupación en el lugar de trabajo o una escasa renovación del aire.

Una de las características que presentan estos tipos de agentes biológicos, englobados dentro del grupo “virus”, es el que los trabajadores afectados van a presentar síntomas bien definidos y característicos del tipo de virus. Gracias a estos síntomas nos van a permitir la demostración de una relación entre la enfermedad que tenga el trabajador en cuestión y el virus que causa esta enfermedad.

Lo aconsejable al comenzar a trabajar en un laboratorio donde se trabaja con agentes biológicos es disponer del estado basal frente a estos agentes del trabajador. Es muy importante realizar esta determinación porque de esta manera se podrá demostrar que el trabajador se ha infectado durante la realización de su trabajo. El trabajador no tiene que verse amenazado por esta prueba, ya que la información es confidencial entre el médico y el trabajador.

Cuando se trabaja con un agente biológico perteneciente al grupo 3, como sería en el caso del VIH, es obligatorio realizar al trabajador un chequeo médico obligatorio anual, debido al riesgo poblacional que presentan los agentes del grupo 3. Mediante estos chequeos se tendrá información acerca del estado de salud del trabajador antes de que empiece a trabajar con este agente y durante el ejercicio del mismo. Estos chequeos no impiden que cuando se produzca un accidente laboral sea obligatorio comunicárselo al servicio de prevención, el cual realizará las medidas oportunas y en caso de producirse una infección en el trabajador, establecerá la relación entre enfermedad y virus por motivo de su trabajo.

I. Riesgos comunes por trabajar con virus

i

Riesgos comunes del grupo de virus:

- Riesgos debidos a las características intrínsecas del virus. Es muy importante saber la vía de entrada. Si se transmiten por contacto a través de heridas y sangre o de otros fluidos como es el plasma, suero o células infectadas.
- Riesgo por la resistencia o vida media del virus fuera de los fluidos biológicos. Se prestará especial importancia a zonas como el aire y zonas donde puede haber vertidos. En el caso particular del trabajo con muestras infectadas con VIH, tendremos que tener en cuenta si la muestra biológica está infectada

por otro tipo de virus, como es el VHC, o por otros agentes biológicos, como es la tuberculosis. Dependiendo del tipo de virus con el que se trabaja y del modo de transmisión (aérea, por contacto, etc.) tendremos que tener que utilizar unas medidas u otras.

- Riesgo por la generación de aerosoles que contenga virus. Debido a que en la actividad diaria en el laboratorio de investigación se van a poder generar aerosoles al centrifugar, resuspender y pipetear muestras contaminadas, se tendrá que tener especial cuidado en las partes no estériles del laboratorio donde no se va a trabajar en el interior de una cabina de seguridad biológica.
- Riesgo por la utilización de reactivos químicos además del agente biológico. Por ejemplo, para la realización de experimentos se necesitan reactivos como es el etanol, metanol, propanol y a la cantidad a la que están expuestos los trabajadores.
- Riesgo por las características del local o edificio de trabajo. Estaría incluido la distribución de armarios, cabinas de flujo, así como el acceso a las instalaciones y aires acondicionados.

Como se ha indicado anteriormente, para los agentes biológicos, como el VIH, no se dispone de unos valores biológicos con los que comparar, al contrario de lo que ocurre con los agentes químicos. No obstante, se puede relacionar fácilmente el agente con la infección o enfermedad que presente un trabajador, ya que las patologías son muy específicas, en este caso patologías derivadas del VIH. Sin embargo, no se sabe la cantidad de virus por los cuales va a haber una infección o no.

B) ACCIDENTES LABORALES CON EL VIH

Desde que surgió la ley LPRL y, por tanto, la obligatoriedad de la existencia de normas frente a los riesgos laborales, se han ido incrementando los estudios realizados para estimar el riesgo de accidentes según actividad y agentes manipulados (ya sean químicos, físicos o biológicos).

Dentro del personal expuesto con riesgo frente al VIH estarían incluidos: médicos, enfermeras, técnicos de laboratorio, odontólogos, investigadores y empleados de establecimientos asistenciales, así como operarios involucrados en la recolección y transporte de residuos biológicamente peligrosos. Es decir, trabajadores cuya actividad signifique contacto con pacientes, o con sangre u otros fluidos biológicos procedentes de individuos bajo tratamiento o control de pruebas de laboratorio.

La mayoría de los accidentes registrados han sido por contacto cutáneo y suponen aproximadamente un tercio de los accidentes laborales entre el personal sanitario.

Durante 1995 ya se registraron unos 223 casos de accidentes producidos por el VIH por pinchazos. De estos accidentes, se produjeron unas 79 seroconversiones, siendo el personal más afectado el dedicado a la enfermería y a las extracciones de sangre. Durante el estudio, previo consentimiento y tras haber sido informado a la persona, se procederá a la extracción de sangre para la determinación de anticuerpos frente al VIH. Si la fuente era desconocida y el accidentado era VIH negativo, se procedió a realizar controles periódicos de serología cuando se produjo el accidente, al cabo de mes y medio, tres, seis y doce meses siguientes (NTP-447).

Existe otro estudio realizado durante 16 años (1986-2001) en un Hospital General de Madrid, donde se registraron 550 accidentes con fuente VIH positiva. La media fue 34,4 accidentes por año y la tasa de exposición fue del 7,5 por cada 1.000 trabajadores al año. Del estudio se concluyó que el colectivo profesional más afectado fue el de enfermería con un 54,4%, y las lesiones más frecuentes fueron las percutáneas con un 80,2%. Las zonas más afectadas fueron los dedos de las manos con un 75,6%. El 53% de los accidentes finalizó el seguimiento serológico sin registrarse seroconversiones.

Existe otro estudio multicéntrico (1996-2002) realizado por la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene (EPINETAC) en 106 centros. Los datos del estudio fueron 3.362 accidentes anuales percutáneos (llegando a 5.379 casos reales) y el personal más afectado fue el de enfermería. La tasa de exposición por cada 100 trabajadores aumentó en un 58% de 1996 a 2002.

Cada año se declaran en España una media de 3.666 exposiciones accidentales a sangre o material biológico infectado por el VIH. Se estima que de cada 100 trabajadores sanitarios, 1 de cada 10 se expone al virus de la hepatitis C (VHC), 1 de 20 al VIH, y 1 de cada 50 al virus de la hepatitis B (VHB). Por este motivo, el Ministerio de Sanidad y Consumo aprobó, en octubre de 2004, el destino de 3,59 millones de euros distribuidos entre las comunidades autónomas en proyectos piloto para la instalación de dispositivos preventivos.

En la Comunidad de Madrid se implantaron en 2005 procedimientos y productos de seguridad y un sistema de vigilancia y registro frente a accidentes con riesgo biológico en el ámbito sanitario.

1.3. Laboratorio de investigación con agentes biológicos

La enfermedad que produce el agente biológico del VIH (SIDA) no es un problema de unos pocos. El conocimiento actual sobre la enfermedad, permite considerarla como un verdadero problema de salud pública y, por tanto, para su control y erradicación se necesita la colaboración de toda la sociedad.

Si exceptuamos el contagio vertical del VIH por el cual se produce la transmisión de la infección, de la madre al hijo, los mecanismos demostrados para contraer la infección por el VIH son la transmisión a través de las relaciones sexuales y mediante el contacto con sangre contaminada.

Dentro de las actividades desarrolladas en el laboratorio vamos a tener cultivos celulares, a los cuales vamos a someter a infecciones *in vitro* de muestras de sangre procedentes de individuos infectados. La manipulación de estas muestras va a tener que realizarse con todas las medidas preventivas, ya que es a través de la vía parenteral (heridas, pinchazos), así como por salpicaduras cuando se producen los accidentes más habituales por los cuales el personal laboral tiene mayor riesgo de infectarse.

I. Riesgos de origen

La prevención de los riesgos laborales en un laboratorio de investigación donde se van a manipular agentes biológicos presenta unas características propias que la diferencian de otras áreas productivas. Por tanto, en un laboratorio de investigación se va a tener una serie de riesgos de origen con consecuencias muy variadas. s

Riesgos de origen:

- Las instalaciones del laboratorio.
- Los productos/organismos vivos que se manipulan. Los productos u organismos que se suelen manejar en el laboratorio son en general muy peligrosos. Normalmente se suelen emplear en pequeñas cantidades y de manera discontinua.
- Las operaciones que se realizan con ellos para la actividad investigadora.

II. Aspectos organizativos del laboratorio

Además de tener en cuenta a los trabajadores afectados por la exposición a los agentes biológicos, se tiene que tener en cuenta la organización dentro del laboratorio.

Por este motivo, para tener una buena gestión preventiva dentro del laboratorio se están implantando unos "**criterios de calidad**". Estos procedimientos de calidad tienen como fin el que el laboratorio disponga de una política de seguridad y de calidad. Se definen como buenas prácticas aquellos "*procedimientos de organización y trabajo, bajo los cuales los estudios se planifican, realizan, controlan, registran y exponen*". Su objetivo es asegurar la calidad e integridad de todos los datos obtenidos durante un estudio determinado y también reforzar la seguridad.

Con estos criterios se puede obtener tanto una acreditación o certificación del laboratorio basándose en las normas *ISO (ISO 9000)*, así como la obtención de unas

“buenas prácticas de laboratorio” tipo **GLP**, basándose en la normativa europea **NE 45001**. Conviene tener en cuenta que un buen procedimiento de trabajo es condición indispensable para la seguridad y no puede suplirse con material especializado, el cual no deja de ser un complemento. La experiencia demuestra que los laboratorios que han implantado una política de calidad presentan un elevado nivel de seguridad.

Ya entre los años 1979 y 1980, un grupo de expertos elaboró dentro de la Comunidad Europea un documento sobre “buenas prácticas de laboratorio” o **GLP**. El 12 de mayo de 1981 se publicó el texto definitivo bajo el título de *OECD Principles of Good Laboratory Practice*. En este texto se especifican las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas relativas a la aplicación de los principios de prácticas correctas de laboratorio y al control de su aplicación para las pruebas sobre sustancias químicas. Posteriormente apareció la **Directiva del Consejo 87/18/CEE** del 18 de diciembre de 1986.

En la legislación española se establecieron estas buenas prácticas de laboratorio en el *R/D 822 del 28 de mayo de 1993*, publicado en el *B.O.E., n.º 128, del 29 de mayo de 1993*.

En 2004 surgió la *Directiva 2004/9/CE* que deroga a la Directiva 88/320/CEE, donde se contempla un sistema de control de los laboratorios que supuestamente cumplen las **GLP**.

B) RIESGO DE INFECCIÓN CON FLUIDOS BIOLÓGICOS

Los fluidos biológicos infectados con los que están en contacto los trabajadores puede que no estén infectados con un solo agente biológico aislado. En un gran porcentaje de casos, los fluidos infectados por el VIH proceden de muestras de pacientes coinfectados por otros virus o microorganismos. Por ejemplo la coinfección VIH/VHC o la infección por microorganismos que se transmiten por vía aérea, como la tuberculosis.

De este modo, se ha establecido que el riesgo de contagio después de un accidente por pinchazo o corte para VHB es de un 30%, un 3% para el VHC y un 0,3% para el VIH (tabla 2).

En caso de contacto del VIH con las mucosas o con la piel herida, el riesgo de contaminación es del 0,04%, no habiéndose cuantificado para el VHB y el VHC. Este bajo riesgo para el VIH no evita que se establezcan todas las medidas de seguridad antes y, en caso de producirse, después. Actualmente es obligatoria la vacunación para VHB a todo el personal laboral que puede tener contacto con este agente. Esta vacunación ha producido una disminución en el número de contagios que se estaban dando hasta ahora en los profesionales que manipulaban estos agentes biológicos en todo el mundo.

TABLA 2. Riesgo de transmisión por exposición percutánea o sangre contaminada

VIRUS	%
Virus de la hepatitis B	6,0-30,0
Virus de la hepatitis C	1,2-6,0
VIH	0,25-0,4

Estas cifras reflejan una menor capacidad de infección del VIH y del VHC con relación al VHB.

Riesgos de transmisión de agentes biológicos en fluidos:

- La gravedad de la infección.
- Pronóstico. Poco claro para el VIH. Para el VHC, del 60 al 70% de los casos se convierten en crónicos, y para el VHB un 10% de los casos se convierten en crónicos, siendo responsable a su vez de formas fulminantes.
- La existencia de vacuna. Sólo contra el VHB.
- La existencia de profilaxis:
 - Inmunoglobulinas específicas para el VHB.
 - Antirretrovirales para el VIH.
 - En el momento actual no existe profilaxis para el VHC.

Se ha estimado, a través de estudios estadísticos, que el promedio de transmisión del VIH en trabajadores que manipulan este agente y han sufrido una exposición de la piel con sangre infectada, era alrededor del 0,3% y por contacto con mucosa del 0,09%. Aunque se han registrado casos de transmisión del VIH a través de piel erosionada, el riesgo promedio es menor que el derivado de contactos con mucosas.

Las enfermedades producidas por el VIH, VHB y VHC contraído por personal sanitario, de investigación o trabajadores a cargo de la recolección o transporte de residuos biológicamente peligrosos, constituyen **enfermedades profesionales** y están incluidas en el listado de enfermedades profesionales dentro del listado oficial de la *Ley 24.557 sobre riesgos del trabajo*. Es muy importante que se tenga un reconocimiento médico con carácter profesional de una enfermedad.

Para establecer una relación entre enfermedades que manifiestan o padecen unos trabajadores que realizan la misma actividad laboral y un agente en concreto (ya sea biológico, químico o físico) se tienen que realizar unas etapas. Entre estas etapas, la primera corresponde al conocimiento del medio ambiente y las condiciones de trabajo a

los que están sometidos. Posteriormente, al conocimiento clínico y biológico y, finalmente, al marco legislativo y médico legal que permite establecer las diferencias entre las enfermedades profesionales y comunes.

Es primordial que se comunique cualquier accidente producido durante la jornada laboral al departamento correspondiente para que se puedan realizar las etapas anteriores y establecer una enfermedad como enfermedad profesional.

El personal que tiene más riesgos de infección son aquellos que trabajan en la asistencia sanitaria y están expuestos a riesgos especialmente altos para su salud. Según las estadísticas de la Unión Europea, el número de accidentes laborales entre este colectivo es un 33% más alto que entre el personal de cualquier otro ámbito profesional.

1. Factores que influyen en el riesgo de infección por el VIH

A través de estudios epidemiológicos y de laboratorio, se sugieren que son varios los factores que inciden en el riesgo de transmisión del VIH.

i

Riesgo de transmisión del VIH:

- **Cantidad de sangre involucrada.** Va a depender si el accidente ha ocurrido con una gran cantidad de sangre o no. Es decir, si hay sangre visible. También influirá si, por ejemplo, el accidente ha sido con una aguja y ésta se ha introducido directamente en un vaso sanguíneo.
- Si se produjo un corte, la profundidad del mismo.
- Si la sangre implicada procede de un paciente en estadio avanzado de la enfermedad.
- **Presencia de cepas del VIH agresivas o más patogénicas.** No todas las muestras infectadas tienen el mismo tipo de virus del VIH. Pueden contener aislados virales o cepas inductoras de sincitios o X4, que son más agresivas que las cepas no inductoras de sincitios o R5. Se pueden observar al microscopio (figura 1).
- **Posibilidad de cepas multiresistentes.** Son más difíciles para realizar un tratamiento eficaz en el paciente. Se realizan estudios fenotípicos y/o genotípicos.
- **Carga viral del paciente.** Sería una medida adicional para valorar el riesgo de transmisión, aunque no es de gran utilidad.
 - La carga viral sólo refleja el nivel de virus libres en sangre periférica y no se puede descartar que existan células infectadas con carga viral negativa. Aunque una carga viral baja (menos de 1.500 copias de RNA/ml) sugiere un riesgo menor de infección.
 - Además, cuando se realizan técnicas de cultivo o aislamiento del VIH *in vitro*, aumenta la carga viral en la muestra, con lo cual aumentaría el riesgo de infección.

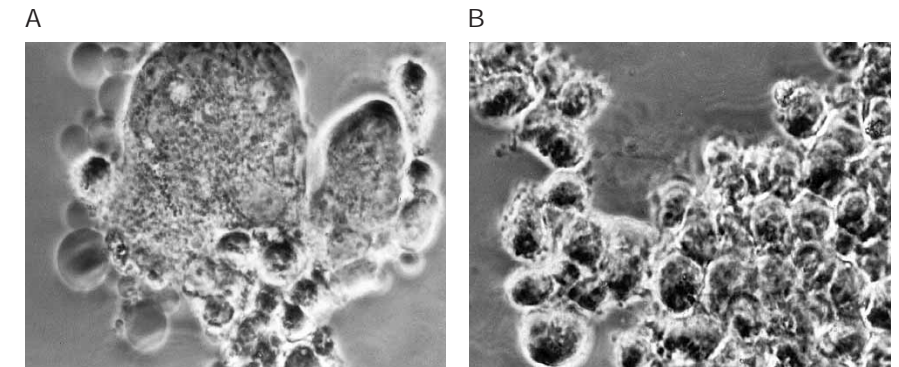


Figura 1. Representación de un aislado viral X4 (A) y R5 (B).

El grado de inmunidad en el que se encuentra el trabajador que ha sufrido el accidente puede influir en el riesgo de contraer la infección o no.

2. Cultivos celulares

En un laboratorio de investigación no solamente se van a manipular muestras procedentes de pacientes infectados, sino también se van a utilizar cultivos celulares.

El trabajo con cultivos celulares va a presentar unos niveles de riesgos variados debido a las características intrínsecas del tipo de cultivo celular utilizado y si lo vamos a someter a infecciones *in vitro* o no con aislados virales de laboratorio.

Riesgos de los cultivos celulares:

- Si las cepas o líneas celulares utilizadas tienen procedencia documentada para garantizar y evitar contaminaciones cruzadas de la línea celular original con otro tipo de células.
- El origen anatómico como el de la especie. Está directamente relacionado con su potencial infeccioso por virus u otros agentes patógenos en humanos. Los trabajadores que realicen los cultivos celulares no podrán utilizar sus propias células para los experimentos *in vitro*. Los cultivos primarios deberán obtenerse solamente de individuos que no tengan relación con el trabajo experimental que se esté realizando.
- Los cultivos celulares de mayor riesgo son los que proceden de primates y humanos, especialmente si derivan de sangre periférica, tejido linfoide y nervioso. Cuando se sospeche la infección del cultivo celular por un agente patógeno para el hombre, dichos cultivos deberán ser manejados en un nivel de contención adecuado al agente en cuestión.

1.4. Identificación de riesgos en el laboratorio

Dentro del laboratorio de investigación se tienen que identificar los riesgos a los que están sometidos los trabajadores y poder poner las medidas preventivas que sean más oportunas. Los riesgos se deben evaluar basándose en el peligro presentado por todos los agentes biológicos peligrosos presentes en el laboratorio y no sólo los basados en el VIH.

Para este fin, lo más aconsejable es recoger toda la información que esté disponible sobre las actividades que supongan una exposición por parte de los trabajadores a todos los agentes, aunque pertenezcan los agentes a varios grupos. Esta evaluación se deberá repetir regularmente y, en cualquier caso, cada vez que se produzca un cambio en las condiciones que puedan afectar a la exposición de los trabajadores.

En general se tiene que determinar en toda actividad que pueda suponer un riesgo para la salud:

i

- La índole.
- El grado.
- La duración de la exposición al riesgo en los trabajadores.

Normalmente, las actividades que se realizan en el laboratorio de investigación no solamente serán con fluidos biológicos procedentes de pacientes infectados, sino también con cultivos celulares, agentes químicos y otros tipos de virus diferentes al VIH. Por tanto, la evaluación de riesgos no solamente se tiene que hacer sobre las características intrínsecas del agente biológico VIH, sino sobre todos aquellos agentes con los que trabaje el personal laboral. De este modo se establecerán las medidas oportunas de corrección y protección adecuadas en cada caso.

Para la identificación y evaluación de los riesgos por exposición a agentes biológicos, se tiene que realizar una serie de estudios y actuaciones.

i

- Identificación teórica de los riesgos a los que están sometidos los trabajadores.
- Evaluación de todos los puestos de trabajo con riesgo y de los trabajadores que están expuestos.

La *Directiva 2000/54/CE* se especifica la determinación y evaluación de los riesgos en el lugar de trabajo, causados por agentes biológicos. Se debe aplicar dicha Directiva a

cualquier actividad en la que los trabajadores estén real o potencialmente expuestos a agentes biológicos a consecuencia de su trabajo.

Además de la Directiva anterior, en el *Real Decreto: R/D 664/1997* en su *artículo 4*, establece para la *identificación y evaluación de riesgos*:

L

... identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores.

Así mismo, la valoración del riesgo no debería basarse solamente en la cualificación profesional o en la ubicación del puesto de trabajo. Se debería determinar sobre todo, el grado de exposición física a los agentes biológicos. Ello implica que deben considerarse, además, los factores de riesgo procedentes de los diferentes fluidos utilizados, y no solamente la sangre. Y en su caso, si se encuentra trabajando con cultivos celulares. Además, se tendrá en cuenta la influencia de las características individuales de cada trabajador. Para la evaluación de los puestos de trabajo se tomarán a los trabajadores como grupos "homogéneos".

A) IDENTIFICACIÓN TEÓRICA DE LOS RIESGOS

Para la identificación teórica de todos los riesgos biológicos y no sólo del VIH al que están sometidos los trabajadores durante su trabajo en el laboratorio es fundamental incluir los puntos que permitan, al menos, la identificación de los riesgos:

Identificación de los riesgos:

- **Identificación teórica de los agentes biológicos más probables presentes en el ambiente de trabajo.** Se tendrán que considerar tanto las fuentes de exposición como sus reservorios, información científica y posibles estudios epidemiológicos de todos los agentes biológicos implicados.
- **El grado de virulencia del agente biológico.** Aunque no existan en la mayoría de los casos unos valores numéricos similares a los agentes químicos, en algunas ocasiones se puede disponer de la "dosis infectiva mínima" (DIM). Esta dosis va a representar la cantidad más pequeña de agente biológico necesario para provocar una infección, así como la facilidad de propagación, gravedad de las infecciones y eventuales tratamientos profilácticos y curativos.

- La inclusión de un agente biológico en un determinado grupo establece una valoración del riesgo intrínseco del agente biológico.
- Modos de transmisión: el agente puede transmitirse a través de aerosoles, por contacto directo e indirecto, lesiones, vectores, huéspedes intermediarios, etc.
- Las posibles vías de entrada de los organismos: respiratoria, digestiva, a través de la piel o mucosas, por heridas, parenteral, etc.
- La cantidad, volumen o concentración del agente en el material que se maneja en el lugar de trabajo.
- Datos epidemiológicos: presencia y grado de propagación del agente, frecuencia de infecciones, inmunización de la población y papel de los reservorios.
- Resistencia del agente biológico, supervivencia en las condiciones ambientales de trabajo: radiación ultravioleta, desecación, etc.
- Posibilidad de presentación de cepas multirresistentes.
- Posibilidad de desinfección.

B) EVALUACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO Y DEL TRABAJADOR EXPUESTO

Para la clasificación de los agentes biológicos en grupos se utilizan los riesgos infecciosos que presenta el agente. No obstante, en la evaluación se ha de tener en cuenta el efecto global. Por tanto, se deberán considerar también los posibles efectos inmunológicos y tóxicos de estos agentes, así como riesgo adicional a los mismos.

Por tanto, para saber exactamente a qué riesgos está expuesto un trabajador durante su actividad laboral diaria es necesario lo que se denomina **“evaluación del puesto de trabajo”** de cada trabajador. Es conveniente tener información acerca de su actividad laboral.

Para saber lo que el trabajador está realizando durante su actividad laboral se necesita hacer una ficha de su puesto de trabajo. Esta ficha se realizará de cada trabajador y se recogerá como información.



Ficha de los puestos de trabajo:

- Descripción del puesto de trabajo.
- Probabilidad de diseminación del material infectado por su trabajo. Se podrá producir durante el trabajo habitual como si ocurriese un accidente.

- Posibles vías de penetración del agente biológico. A través de heridas, contacto por proyección de líquidos contaminados, inhalación de aerosoles, etc.
- Frecuencia de exposición al agente biológico al realizar su trabajo.
- Factores relativos a la organización dentro del laboratorio y procedimientos de trabajo.
- Conocimiento de los posibles riesgos por parte del trabajador. Es obligatorio que el trabajador esté informado acerca de los riesgos a que está sometido al realizar su actividad laboral. Por tanto, en la ficha se recogerá su formación inicial y la recibida sobre su puesto de trabajo.
- Posibilidad de establecimiento de medidas preventivas para evitar los posibles accidentes, así como del seguimiento de la aplicación de estas medidas.
- Posibilidad de evaluación de los niveles de exposición a los que está sometido el trabajador. Se podrá realizar en aquellos casos en que sea posible la medida o identificación del agente biológico en el puesto de trabajo.

Para aquellas actividades en las cuales se sabe perfectamente el tipo de agente biológico que se está manipulando y constituye la principal actividad de trabajo, la evaluación de riesgos será relativamente simple ya que estarán bien determinadas las características de los microorganismos que se están utilizando además de los procedimientos que se emplean, así como los riesgos de exposición a los que está sometido el personal del laboratorio.

1.5. Medición y valoración de los agentes biológicos presentes en el laboratorio

La situación a la que se exponen los trabajadores frente a los riesgos biológicos es diferente a cuando se enfrentan a riesgos químicos o físicos. Dentro de la legislación relacionada con el trabajo realizado con agentes biológicos, normalmente no se dispone de unos límites máximos a los que el personal laboral puede estar expuesto durante su actividad diaria. Es decir, nos encontramos con una situación en la que se dispone de muy poca información sobre las **“dosis infecciosas”** o las concentraciones que inevitablemente van a causar enfermedades. Esto es debido a que va a influir en gran medida la constitución particular del individuo expuesto en si enfermará o no.

Rara vez se podrá efectuar una valoración ambiental cuantitativa semejante a las que se realizan con los agentes químicos. Por el momento, no existen criterios de valoración numéricos para agentes biológicos como contaminantes que permitan saber exactamente la peligrosidad de la situación. Existen publicaciones sobre los “**valores límite**” (TLVs) para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo. Para los agentes biológicos se emplean los “**índices biológicos de exposición**” (BEIs).

En la mayoría de los casos se desconocen las relaciones dosis-respuesta entre muchos contaminantes biológicos y enfermedades en los seres humanos. Éste es uno de los mayores obstáculos a la hora de establecer unos criterios de valoración que faciliten la evaluación de la exposición. Por este motivo, es fundamental que se realicen estudios exhaustivos sobre los agentes biológicos presentes en el medio de trabajo y sus posibles consecuencias. De este modo se podrán establecer las relaciones entre las posibles enfermedades profesionales relacionadas con dichos agentes.

Esta situación nos va a obligar a realizar un análisis previo en el cual, partiendo de la máxima información sobre la actividad laboral que se realiza en el laboratorio, se obtendrán los posibles procesos preventivos para evitar o limitar la exposición mediante:

- Planificación de la medición.
- Diseño de unos criterios de valoración.
- Selección de las medidas de prevención y control de la exposición.

Estos aspectos están muy relacionados y, por tanto, se deberán realizar a la vez. Para cada situación de trabajo se realizará una metodología en concreto teniendo en cuenta las características especiales para cada situación de trabajo.

Como se ha comentado anteriormente es muy importante que para la valoración y medición de los riesgos se determine la naturaleza o indole de riesgo, el grado y duración de la exposición.

Con la información que obtengamos de los apartados anteriores se podrán determinar las medidas a adoptar.

En el caso del trabajo en un laboratorio de investigación, normalmente se podrá trabajar con varios agentes biológicos. En este caso, el trabajo va a implicar la exposición a varias categorías de agentes biológicos.

Los riesgos a los que se enfrentan los trabajadores tendrán que evaluarse basándose en el peligro presentado por todos los agentes. Por tanto, la evaluación se realizará teniendo en cuenta la totalidad de la información que nos dará:

- La información derivada por la clasificación de los agentes biológicos en grupos de riesgo.
- Las recomendaciones de una autoridad responsable. Esta autoridad dispondrá si es conveniente controlar el agente biológico para proteger a los trabajadores cuando éstos estén o puedan estar expuestos a dichos agentes por su trabajo.
- La información sobre las enfermedades que pudieran contraer los trabajadores por su trabajo. Implica la información que exista sobre las enfermedades relacionadas hasta el momento con el agente biológico en cuestión.
- Los efectos alérgicos o tóxicos potenciales vinculados a la razón del trabajo.
- El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.

La medición y evaluación de los riesgos dentro del laboratorio de investigación se realiza según la metodología que se emplea dentro de la especialidad de la Higiene Industrial. De este modo, se determinará:

- La identificación del contaminante, de sus focos de contaminación, del proceso productivo que lo ha originado y de sus características toxicológicas.
- La medición del contaminante que permitirá determinar cuáles son las concentraciones o niveles del agente en el ambiente de trabajo.
- La valoración de la situación de riesgo. Criterios de valoración que nos permita comparar los resultados de la medición y saber si estamos en una situación segura o si es peligrosa.

A) TIPOS DE ESTUDIOS

La medición y valoración de los agentes biológicos presentes en el laboratorio dependerá de si el agente está de forma constante o por el contrario sólo en momentos concretos. Por este motivo, se podrán realizar dos tipos de estudios:

Tipos de estudios:

- Estudios a largo plazo o crónicos. Los métodos de medición recomendables serían aquellos que permitieran tiempos de muestreo largos. Por ejemplo, los equipos de toma de muestra en filtros. Estos equipos constan de un filtro con un diámetro en concreto para el agente que queramos medir. Se pueden utilizar varios modelos como el portafiltros de dos casetes o de tres casetes, o casete-ciclón.

Aunque éste no sea el método más recomendable si lo que se está buscando son agentes biológicos vivos y cultivables.

- **Estudio de los efectos agudos.** Con este tipo de estudios se pretende caracterizar los picos de emisión de la contaminación para poder cuantificarlo lo más exactamente posible. Es probable, aunque no seguro, que esta emisión ocurra cuando la actividad laboral sea máxima. Por lo tanto, para poder ayudar a identificarlo y medirlo, el muestreo se realizaría durante la peor situación.

Los métodos para identificar y valorar los agentes biológicos estudiados dependerán del tipo y la forma en que los diferentes agentes biológicos puedan estar presentes. De este modo, nos podemos encontrar con:

- Microorganismos íntegros vivos y viables.
- Estructuras o componentes químicos y/o biológicos.

B) AEROSOLES

Hay que tener en cuenta que los agentes biológicos manipulados pueden estar presentes en el ambiente de trabajo de diferentes formas. Una de la forma que puede tener más peligro para producir una infección es la formación de **"aerosoles"** durante la manipulación habitual en el laboratorio del agente infeccioso.

Los aerosoles están constituidos por partículas, moléculas de tamaño grande, compuestos orgánicos volátiles, microorganismos cultivables y contables, microorganismos muertos (con sus fragmentos, toxinas, partículas y producto de desechos) que están vivos o que proceden de un organismo vivo.

I. Medición de los aerosoles en el ambiente de trabajo

Se van a formar aerosoles durante los procedimientos normales de trabajo del laboratorio como sería al centrifugar, pipetear, abrir tubos, etc. No obstante, para la realización del trabajo en el laboratorio de una forma segura, se realizará dentro de unos límites de concentración de aerosoles permitidos.

Para saber en qué situación se encuentra el trabajador se medirán y cuantificarán dichas concentraciones en el ambiente de trabajo en el laboratorio. Una complicación que surge al estudiar la concentración de aerosoles en el trabajo es que no suelen estar especificados ni la metodología ni los criterios de valoración que deben ser usados para la medición.

En la tabla 3 se muestra un esquema de dónde se debería muestrear para tener toda la información posible de la concentración de los aerosoles presentes en el medio de trabajo.

TABLA 3. Esquema de dónde muestrear

Para el muestreo se tendrá que identificar por lo menos:

- *Focos de contaminación.*
- *Estimar la posibilidad de generación de aerosoles.*
- *Tratar de predecir los gradientes espaciales y temporales de aerosoles.*

Se muestreará en:

- Posibles zonas donde existan diferencias en la composición y concentración de los aerosoles, por ejemplo:
 - En el exterior y en el interior,
 - o en las proximidades del foco de contaminación,
 - y en las áreas definidas como "control".

- Zonas donde los trabajadores puedan padecer las exposiciones más altas y más bajas.

- Zonas a las que se puede o no tener acceso.

Para este objetivo se tendrá que seleccionar, por lo menos, una de las siguientes localizaciones:

- Donde haya una exposición alta.
- Donde haya una exposición baja.

Si fuera posible es conveniente muestrear en las siguientes zonas:

- En el exterior, cerca de fuentes potenciales (reservorios) de contaminación que pudiera entrar en el edificio.
- En el exterior, en una zona suficientemente alejada de los focos potenciales de contaminación.

II. Equipos de muestreo

A través de distintos equipos de muestreo podemos conocer los niveles de concentración en el lugar de trabajo y así poder medir una posible contaminación ambiental y de superficies por **"aerosoles"**. Se tiene que tener en cuenta el agente biológico con el que estemos trabajando para saber qué método utilizar en la medición.

Los equipos de muestreo para aerosoles se encuentran legislados según la norma europea *UNE-EN 13205*.

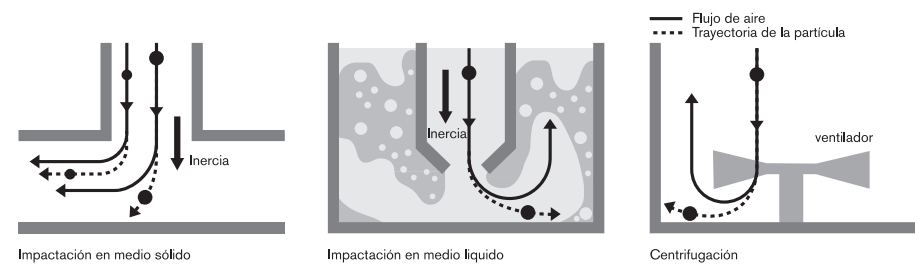
Existen métodos que dan el número total de agentes y/o el número de microorganismos cultivables. Con estos métodos veremos la formación de colonias en un medio de cultivo adecuado para el agente.

- Presencia de elementos celulares provenientes de dichos agentes, como pueden ser endotoxinas y glucanos.
- Cuantificación de los metabolitos tanto primarios, como es el ATP, como secundarios (micotoxinas), que pueden servir de marcadores de la actividad de los agentes biológicos, o encontrarse en los aerosoles muestreados.

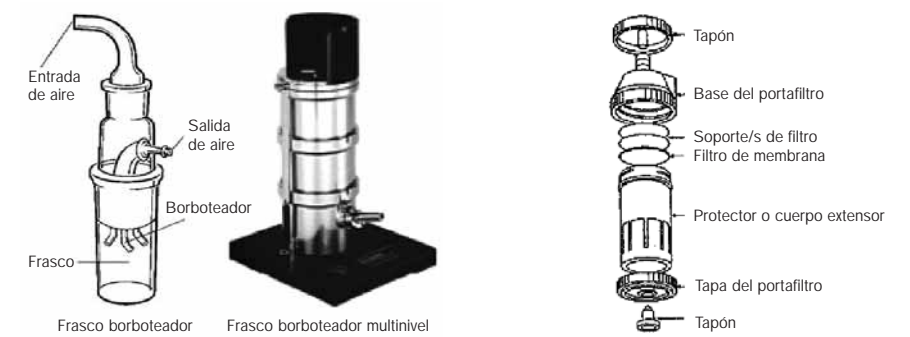
Selección del equipo de muestreo según:

- La naturaleza de los agentes biológicos estudiados.
- El ensayo analítico necesario para su identificación y/o cuantificación.
- Los lugares y períodos en los que se deba tomar la muestra según el agente biológico de interés.

Se utilizan según lo que se quiera cuantificar unos equipos específicos. En la tabla 4 se encuentran recogidos los aspectos generales para la selección del equipo o equipos más idóneos. Dentro de los equipos de muestreo más frecuentemente utilizados se encuentran los "impactadores inerciales", los "frascos borboteadores" o "impingers" y los equipos de toma de muestra con filtro. En la figura 2 se encuentra una representación de estos equipos.



A



B

C

Figura 2. Representación de un impactador (A), impingers (B) y equipos con toma de muestra con filtro (C). (Tomado de la NTP 609).

TABLA 4. Selección de los equipos de muestreo

Determinar los agentes biológicos que pueden estar presentes en el ambiente y cuáles son de interés.

Determinar qué indicadores serán utilizados para medir los agentes biológicos de interés y confirmar que el laboratorio los puede analizar.

Determinar qué tipo de información o indicadores serán necesarios:

- Concentración: ufc/m³, número de partículas/m³ u otras unidades.
- Identificación de microorganismos específicos: presencia/ausencia, identificación taxonómica.
- Concentración promedio, concentraciones pico, evaluación de la exposición: muestras personales.
- Distribución por tamaño de partícula.

Visitar los lugares escogidos para la toma de muestras e identificar posibles problemas o condicionantes de la medición:

- Concentraciones elevadas de aerosoles pueden implicar una sobrecarga del soporte de captación. Esto puede dificultar el análisis. (El caudal de aspiración tiene que ser suficientemente bajo o de muestreo suficientemente corto).
- Concentraciones bajas del aerosol podrían implicar que el material captado es insuficiente para su análisis. (El caudal de aspiración tendrá que ser suficientemente alto o el tiempo de muestreo lo suficientemente largo).
- Lugares con temperaturas extremas: la temperatura es elevada, el ambiente muy seco o hace mucho frío, las muestras se realizarán por impactación en medio de cultivo.

Los tiempos de muestreo cortos:

- La velocidad del aire dependerá de lo anterior, porque puede influir tanto en el soporte de captación como en la propia captación de las partículas.
- Comprobar si hay disponibilidad de conexión a la red eléctrica.
- Comprobar si pueden existir interferencias entre la toma de muestra y el normal desarrollo de las actividades.

Revisar bibliografía existente sobre los equipos de muestreo para saber si existe algún equipo más preciso en la actualidad.

El VIH pertenece al grupo de virus y, por tanto, los métodos de recogida y de análisis van a corresponder a este grupo.

Para el estudio de bioaerosoles compuestos por virus se utilizan como equipos de muestreo:

- *Impringers.*
- *Ciclones.*
- *Impactadores.*
- *Filtros.*

Posteriormente se podrá analizar la composición de estos bioaerosoles:

- *Cultivos celulares (concentración en n.º-m³, identificación del componente del aerosol)*
- *Inmunoensayos (anticuerpos marcados con fluorocromos), (confirmación de la composición del bioaerosol).*
- *Microscopia electrónica (identificación de los componentes).*
- *Pruebas genéticas mediante PCR (confirmación de la presencia del virus).*

Sin embargo, los estudios mediante equipos de muestreo presentan una serie de limitaciones:

- Escasa fiabilidad de los resultados.
- Falta de homologación y validación de los métodos disponibles para:
 - La toma de muestras.
 - La detección y análisis de los distintos componentes de los aerosoles.

III. Identificación de la composición de los aerosoles

Para saber qué tipo de agente biológico está presente en los aerosoles, se utilizan métodos de detección entre los cuales estarían:

- Cultivo de los agentes de riesgo en cuestión. Dependiendo del agente biológico que estemos estudiando, si nos encontramos ante un microorganismo que forme colonias, se podrá hacer un recuento de las mismas, observación al microscopio y posterior identificación. Por ejemplo, se puede realizar con los granos de polen, esporas fúngicas y otras partículas.
- Otros métodos donde podamos observar características del agente de riesgo son:
 - Características biológicas específicas.
 - Características químicas.
 - Características moleculares.

Actualmente, algunos de éstos métodos se encuentran en fase de desarrollo. Son utilizados para determinar la concentración de algunos componentes de los aerosoles, por ejemplo: alérgenos, endotoxinas, ergosterol, micotoxinas, etc. Este tipo de ensayos presentan una serie de ventajas, ya que permiten la utilización de sistemas de toma de muestra más eficaces, como es la filtración en donde se captan las partículas suspendidas en el aire quedándose retenidas en un material poroso cuando el aire lo atraviesa. Se pueden tener cuatro tipos de captación por este método: tamizado, interceptación, impactación y difusión. La toma de muestras de forma personal ofrece mayor sensibilidad y son menos susceptibles a interferencias.

C) LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

Se consideran “límites de exposición laboral” a aquellas concentraciones permisibles para un tiempo promedio. Normalmente, estos tiempos son de ocho horas al día y cuarenta horas semanales o de quince minutos para exposiciones de corta duración, determinados en función de si los posibles efectos son de tipo crónico o agudo.

No obstante, no existen criterios numéricos de valoración límite de exposición general para la concentración de los aerosoles cultivables por hongos y bacterias totales, o contables como son para el polen total, esporas de hongos o bacterias debido a que:

i

- Los aerosoles son mezclas complejas de diferentes clases de partículas variando sus componentes y concentraciones.
- Las concentraciones medidas de los aerosoles cultivables y contables dependen del método de toma de muestra y análisis.
- No se han establecido valores límite de exposición para los aerosoles individuales para prevenir la irritación o las respuestas tóxicas o alérgicas.
- La mayor parte de los datos de las concentraciones de los aerosoles específicos proceden más de medidas indicadoras que de la determinación de los agentes causantes reales.
- Los equipos de muestreo de aire más comúnmente utilizados sólo toman muestras “puntuales” en períodos cortos de tiempo y estas muestras aisladas pueden no representar la exposición humana.
- Para algunos aerosoles infecciosos hay datos de dosis-respuesta.
- Los contaminantes que tienen una procedencia biológica van a ser analizables. Son sustancias producidas por la materia viva que se pueden detectar utilizando ensayos químicos, inmunológicos o biológicos. Estarán comprendidas, entre otras: endotoxinas, micotoxinas, alérgenos y compuestos orgánicos volátiles.

Después de la medición se procede a la valoración y en función del resultado se procederá a poner las consecuentes medidas correctoras y preventivas que aseguren que en sucesivas evaluaciones la situación se mantenga segura.

No obstante, a pesar de tener bastante información sobre los posibles agentes, sus características vitales, ecología, su patogenicidad, mecanismos de transmisión y sobre los focos de contaminación es muy importante el hecho de que en muchas actividades el rasgo que caracteriza la exposición es la incertidumbre sobre la presencia de un agente patógeno.

2

RIESGOS QUÍMICOS

2.1. Adaptación del protocolo a la investigación.

- A) Ficha de seguridad de un producto químico.
- B) Precauciones en la manipulación de los agentes químicos.

2.1. Laboratorios con riesgo químico

En la actividad diaria de un laboratorio de investigación no solamente se van a manipular agentes biológicos, sino también agentes químicos para preparar muchos de los reactivos que se utilizan en los experimentos. Por tanto, toda persona que manipule un producto químico deberá tener conocimiento de sus características físico-químicas y toxicológicas.

Deberán conocerse, como mínimo, las frases de riesgo y seguridad (R y S) de los productos. Las frases R indican la naturaleza de los riesgos específicos atribuidos a las sustancias y preparados peligrosos. Las frases S indican los consejos de prudencia relativos a las sustancias y preparados peligrosos.

Ejemplos de frases R y S:

- R1:** Explosivo en estado seco.
- R2:** Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R3:** Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
- R4:** Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
- S1:** Consérvese bajo llave.
- S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S3:** Consérvese en lugar fresco.
- S4:** Manténgase lejos de locales habitados.

Además, y como norma general, cualquier manipulación de una sustancia química deberá realizarse dentro de las cabinas de laboratorio.

A) FICHA DE SEGURIDAD DE UN PRODUCTO QUÍMICO

Cuando se hace un pedido de un reactivo se tiene que disponer la ficha de seguridad del mismo. El fabricante, el importador o el distribuidor pueden entregar la ficha sobre papel o en forma electrónica. Se debe comunicar al usuario cualquier nueva información pertinente sobre el producto. Por tanto, se tienen que proporcionar datos que permitan identificar el producto y al fabricante o suministrador, así como un número de teléfono donde efectuar consultas de emergencia.

En la figura 3 se representa un ejemplo de una ficha de seguridad de un producto químico. En la ficha se encuentran recogidas las frases R y S. Esta ficha debe ser facilitada tanto para sustancias como para preparados al destinatario en el momento de la primera entrega del producto, o incluso antes para que pueda tomar las medidas necesarias para prevenir posibles riesgos en su utilización. En ella deben constar los datos necesarios para la protección de las personas y del medio ambiente.

Se deberá informar sobre los riesgos y peligros del producto y se informará al trabajador lo que representan las figuras y símbolos que normalmente están presentes en los productos químicos (figura 4), respecto a:

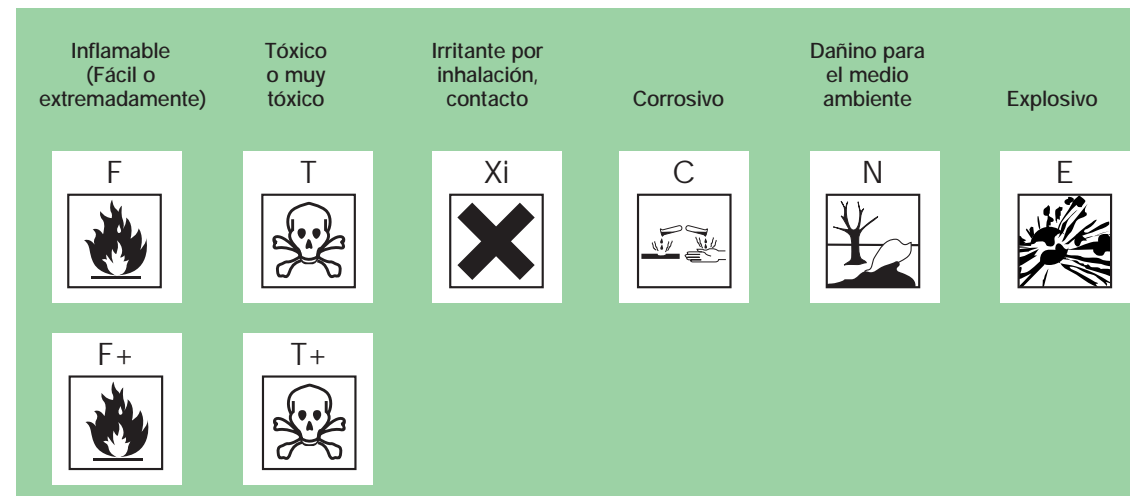


Figura 4. Principales señales de riesgo químico.

Información reglamentaria

Contiene:
Etiquetado:
Significado de las frases R y S:

Las sustancias químicas que forman parte de este producto no representan ningún peligro ni por sus propiedades físicas o químicas ni por la concentración de las mismas, según el Real Decreto 363/95 (clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas).

Figura 3. Representación de una ficha técnica con los datos de seguridad de un producto químico.

- **Inflamabilidad.** Representada con una F en la figura representativa.
- **Estabilidad y reactividad.**
- **Toxicidad.** Representada con una T.
- **Posibles lesiones por inhalación, ingestión o contacto dérmico.** Representadas con una Xi.
- **Primeros auxilios.**
- **Ecotoxicidad.** Representada con una N.

Para trabajar de una manera segura también es necesario comunicar al trabajador cómo almacenar las distintas sustancias químicas que están presentes en el laboratorio. Hay que tener cuenta que el almacenar ciertas sustancias juntas presenta un gran peligro para la salud de los trabajadores.

Se representan en la figura 5 las posibles combinaciones de almacenaje de las sustancias químicas.

Además se deberá informar al trabajador sobre las principales características del producto como es:

	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+	Se pueden almacenar juntos
0	Solamente podrán almacenarse juntos, adoptando ciertas medidas
-	No deben almacenarse juntos

Figura 5. Señal de almacén de sustancias químicas.



Información al trabajador de los productos químicos:

- Comportamiento y características del producto.
- Correcta utilización. Esto implica que se debe saber cómo manipular, almacenar y eliminar los productos químicos con seguridad.
- Controles de exposición. El trabajador debe saber con qué productos químicos está trabajando y sus peligros.
- Medios de protección. Los medios de protección pueden ser protección individual o colectiva. Se proporcionarán los equipos de protección al trabajador y se le informará de cómo utilizarlos.
- Actuaciones a realizar en caso de accidente. Se informará y formará al trabajador de cómo actuar en caso de accidente. Se dejarán en un sitio visible los procedimientos a realizar para neutralizar los derrames y cómo usar los extintores en caso de necesidad.

Propiedades físico y químicas:	Estabilidad y reactividad:
Aspecto: Líquido incoloro, claro.	Estabilidad: Estable en condiciones ambientales.
Olor: Ácido.	Condiciones a evitar: Evitar fuertes calentamientos.
pH: Ácido fuerte.	Materiales a evitar: Evitar el contacto con metales explosivos.
Punto de ebullición (°C).	
Punto de fusión (°C).	
Punto de inflamación o destello.	
Inflamabilidad (sólido, gas).	
Autoinflamabilidad (°C).	

Figura 6. Ejemplo de una ficha de seguridad donde se especifica la utilización del compuesto.

B) PRECAUCIONES EN LA MANIPULACIÓN DE LOS AGENTES QUÍMICOS

En general, durante la manipulación con cualquier agente químico se deberán tener en cuenta las siguientes precauciones:



- Si se tienen que calentar los tubos, se realizará en posición ladeada del tubo, sin cerrar del todo, dirigiendo la abertura en dirección contraria a uno mismo y a personas cercanas. Es conveniente utilizar pinzas.
- Es conveniente que para el encendido de mecheros se utilicen encendedores piezoeléctricos. Nunca dejarlos encendidos sin vigilancia.
- Para tener una buena sujeción de los tubos se utilizarán gradillas y soportes.
- Para evitar derrames se transportarán los productos químicos en bandejas o recipientes.
- Cuando se haya calentado un producto químico se deberá asegurar que está enfriado antes de poner directamente las manos para cogerlos.
- Las sustancias inflamables se utilizarán y almacenarán en las cantidades imprescindibles.
- Antes de utilizar sustancias inflamables deberemos asegurarnos de que no hay cerca mecheros encendidos, calentadores, etc.
- Los trapos o materiales ensuciados con aceite o sustancias inflamables deberán colocarse en recipientes cerrados y vaciarse diariamente neutralizando su contenido.
- Cerrar botellas y frascos inmediatamente después de su utilización.
- Siempre que sea necesario deberán utilizarse guantes específicos para los productos que se manipulan habiendo pasado las pruebas de resistencia.
- Las sustancias cuya disolución sea exotérmica deberán disolverse por porciones, agitando y enfriando continuamente.
- Si se produce un derrame de alguna sustancia combustible se procederá a:
 - Apagar el mechero si se estaba utilizando.
 - Cortar la corriente eléctrica en el exterior del laboratorio.
 - Asegurar una ventilación eficaz en el laboratorio.
 - Se absorberá el líquido con un cuerpo poroso que posteriormente se depositará en un lugar sin peligro.
 - Se eliminará como residuo tóxico.
- Las sustancias químicas deberán estar colocadas en recipientes con materiales adecuados, protegidos contra la acción directa de la luz o contra el calentamiento, cerrados y etiquetados debidamente.
- Asegurarnos el tipo de material del tubo según la sustancia química utilizada para evitar posibles corrosiones del tubo.

- Asegurarnos que el tubo de ensayo tiene la opacidad necesaria para la sustancia química usada (degradación por luz).
- Los metales alcalinos, como sodio o potasio, deberán conservarse con una capa protectora de un solvente con un punto de ebullición elevado (petróleo, aceite de parafina), y el fósforo blanco con una capa de agua.
- Los productos incompatibles deberán guardarse separadamente.
- Los recipientes que contengan productos agresivos no deberán almacenarse a una altura superior a 65 cm. Y serán recipientes de pequeña capacidad para su fácil manejo.



- No llenar al completo los tubos.
- Nunca se llevarán los tubos cogidos por la tapa o tapón ni con las manos. En todo caso se llevarán cogidos con los dedos.
- No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas.
- Nunca oler productos químicos si no se está debidamente informado.
- Nunca se deberán tocar con las manos ni probar los productos químicos.
- No trabajar separado de la mesa o de la poyata.
- No debe dejarse sin vigilancia ningún tipo de reacción química.

3

RECURSOS DEL LABORATORIO

3.1. Recursos del laboratorio.

- A) Organización del trabajo.
- B) Hábitos personales.
- C) Instalación del laboratorio:
 - I. Recomendaciones para la correcta instalación de un laboratorio.

3.2. Cabinas de seguridad biológica. Definición. Tipos.

- A) Tipos de cabinas de seguridad biológica:
 - I. Cabinas de seguridad biológica. Clase I.
 - II. Cabinas de seguridad biológica. Clase II.
 - III. Cabinas de seguridad biológica. Clase III.
- B) Selección de la cabina de seguridad biológica:
 - I. Selección de las cabinas de seguridad y niveles de contención por los riesgos que presenta el material manipulado.
 - II. Selección de las cabinas de seguridad biológica.
 - III. Recomendaciones para el uso de cabinas de seguridad biológica.

3.3. Niveles de seguridad.

- A) Instalación del laboratorio para nivel de contención biológica 3.

3.1. Recursos del laboratorio

El trabajo en los laboratorios presenta una serie de características que lo diferencian del que se desarrolla en otro tipo de medio. Los riesgos existentes en el laboratorio no son en general suficientemente valorados y tienen características propias que hacen que su valoración sea a veces muy complicada.

El principal aspecto a tener en cuenta es que los riesgos pueden ser variados. Es decir, se pueden detectar diferentes riesgos de origen que tendrán consecuencias muy diferentes que dependerán de:

- Las instalaciones existentes en el laboratorio.
- Las operaciones que se realicen. Hay que valorar la intensidad con que se trabaje con estos agentes biológicos. Si se trabaja de una forma prolongada o en cambio en momentos puntuales.
- Existencia de múltiples riesgos.

Por todo esto, a la hora de planificar un laboratorio de investigación se tendrán que considerar las diversas condiciones o recursos existentes para minimizar los riesgos. Por tanto, se tendrán que tener en cuenta, desde la organización en el trabajo, los hábitos personales, así como los niveles de seguridad, etc.

A) ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Es fundamental tener una buena organización dentro del laboratorio. Esta organización evitará los posibles accidentes y permitirá una buena política de prevención de riesgos en el trabajo diario.

En general, las siguientes normas a seguir son necesarias para evitar el que se produzcan accidentes:

- Es aconsejable tener un responsable de laboratorio para garantizar que se lleven a cabo reglas o los procedimientos preventivos establecidos en el laboratorio.
- El personal que acceda al laboratorio tendrá que estar autorizado e informado de la naturaleza de la investigación que se lleva a cabo en el laboratorio.
- Se tendrán que vacunar a todos los trabajadores contra el agente o agentes biológicos en cuestión siempre y cuando exista una vacuna disponible. Por ejemplo contra la hepatitis B.

- Existirá una lista de las personas autorizadas para trabajar en el laboratorio. Si el laboratorio de investigación es uno de contención biológica 3, estará colgada en la puerta de acceso al laboratorio.
- Cuando se realicen operaciones con riesgo, se tendrá que informar tanto al trabajador como al resto de las personas, aunque no intervengan en ellas, de las mismas y de sus características.
- Es obligatorio no trabajar nunca una persona sola en el laboratorio fuera de las horas habituales, por la noche o en operaciones con riesgo.
- Es conveniente trabajar aplicando la regla de trabajo en parejas para que una persona no se encuentre sola ante un accidente.
- En principio, el número de personas presentes en las zonas del laboratorio donde se encuentren las cabinas de seguridad no será superior al número de las mismas.
- En ciertas ocasiones una persona suplementaria trabajando en la poyata puede mejorar el rendimiento de los que trabajan en las cabinas de seguridad.
- Se tendrá que sustituir todo material de cristal por material de plástico.
- Debe evitarse el uso de agujas, jeringas y objetos cortantes. Cuando ello no sea posible, las agujas se recogerán en recipientes adecuados para evitar pinchazos accidentales.
- Deberá trabajarse en las vitrinas del laboratorio siempre que se manipulen productos tóxicos, inflamables y/o que se desprendan durante el proceso.
- Se deberá comprobar periódicamente el funcionamiento del extractor de las vitrinas, su estado general, el cumplimiento de los caudales mínimos de aspiración, uso adecuado y estar homologadas con motores a prueba de fuego y explosiones.
- En caso de manipular microorganismos, se utilizarán cabinas de seguridad biológica según el nivel de riesgo del agente manipulado y nunca en una vitrina de laboratorio.
- Deberá comprobarse la ventilación general del laboratorio.
- Los reactivos almacenados en el laboratorio deben preservarse del sol, no guardarse en estanterías altas, cuidar su etiquetado y mantenerlos en las cantidades imprescindibles.
- Ha de controlarse que las botellas una vez utilizadas se encuentren cerradas correctamente.

- Los envases a recuperar se enjuagarán y colocarán sin taponar para el proceso de lavado.
- Está prohibido fumar, beber y comer en los laboratorios.
- No deberán utilizarse refrigeradores convencionales para contener productos inflamables a no ser que se encuentren modificados para reducir el riesgo de chispas.
- El trabajo con radiaciones ionizantes se atenderá a lo especificado en el reglamento de funcionamiento de la instalación, que controlará el supervisor/a de la misma.
- Deberá existir un programa de lucha contra insectos y roedores.
- Se colocará la señalización internacional de riesgo biológico en las puertas de acceso al laboratorio. También deben señalizarse los congeladores y refrigeradores utilizados para guardar microorganismos con riesgo biológico para saber que hay un peligro de tipo biológico (figura 6).
- Deberán existir protocolos o normas visibles de qué hacer en caso de accidente en el laboratorio, tanto biológico como con productos químicos (teléfonos de emergencia, médicos de guardia, etc.).



Figura 6. Señal de peligro biológico (Directiva 679/90).

B) HÁBITOS PERSONALES

El personal de laboratorio tendrá que tener unos hábitos personales adecuados para minimizar y eliminar los riesgos a los que se enfrenta en la práctica habitual del laboratorio.



- Llevar recogidos los cabellos.
- Las batas y demás indumentaria de laboratorio no deberán llevarse a lugares de asistencia común como son las bibliotecas, cafeterías, salas de reuniones, comedores, etc., ni salir a la calle.
- Mantener en todo momento las batas y ropa de laboratorio abrochados.
- Si el trabajo lo requiere, el personal del laboratorio deberá utilizar los medios de protección individual adecuados (EPI).
- Cuando se utilicen agentes biológicos, se deberán utilizar guantes, batas y, en caso de riesgo de salpicaduras, gafas de seguridad, así como cuando se manipulen productos químicos o líquidos de cualquier tipo en ebullición.

- Antes de comenzar un experimento asegurarse de que los montajes y aparatos están en perfectas condiciones de uso. Ante cualquier mínima duda consultar con el responsable del trabajo.
- Si un producto químico salpica a los ojos, se utilizarán lavaojos (figura 7) de la manera siguiente:
 - Utilizar inmediatamente el lavaojos y lavarlos durante 15 minutos sin interrupción. Actuar con urgencia en menos de 10 segundos.
 - No dirigir una corriente de alta presión directamente al ojo. Es necesario mantener los ojos abiertos con ayuda de los dedos para el lavado debajo de los párpados.
- Lavarse las manos en profundidad (dedos, palmas de las manos, dorso de las manos y espacios entre los dedos) y secárselas preferiblemente con papel desechable o secadores de aire. Otra opción sería desinfección de manos con una solución de alcohol gel, dejándolas secar durante unos segundos.
- Cuando se manipulen animales infectados o se abran viales que puedan generar aerosoles fuera de las cabinas de seguridad biológica se deben emplear mascarillas u otros dispositivos que protejan a las vías respiratorias del trabajador.
- Al finalizar la actividad diaria de trabajo o cualquier otra operación se deberán recoger los materiales y todo lo usado para la realización del trabajo. De esta manera se van a evitar las acumulaciones innecesarias. El trabajador se asegurará de que la zona de trabajo queda en las debidas condiciones de limpieza.
- Todos los desechos biológicos, ya sean líquidos o sólidos, tienen que ser descontaminados antes de su eliminación y se seguirán las normas existentes en el centro de trabajo sobre la gestión de residuos.
- Todo el material contaminado hay que desinfectarlo e inactivarlo antes de salir del laboratorio, por el método que corresponda.
- La última persona en abandonar el laboratorio deberá asegurarse de que todos los equipos se encuentren apagados, así como las conducciones de agua y la energía eléctrica.
- El laboratorio se deberá dejar en un estado que evite el riesgo de incendio.
- Cualquier accidente con exposición a agentes infecciosos debe ser inmediatamente declarado al responsable del laboratorio, al médico de empresa y al servicio de prevención.



- No abandonar objetos personales en mesas de trabajo o poyatas.
- Nunca se pipeteará con la boca.
- No comer, beber ni fumar en los laboratorios.
- No guardar alimentos ni bebidas en los frigoríficos del laboratorio destinados al almacén de productos químicos o biológicos.
- No llevar pulseras, anillos, colgantes o mangas anchas que pudieran engancharse.
- No es aconsejable guardar la ropa de calle en los laboratorios, para lo cual deberá disponerse de taquillas fuera del área de trabajo.
- No utilizar nunca un equipo o aparato sin conocer perfectamente su funcionamiento.
- No utilizar lentes de contacto en el laboratorio, ya que en caso de accidentes por salpicaduras de productos químicos o sus vapores, al pasar por detrás de las lentes podrían provocar lesiones en el ojo antes de retirarlas. En estos casos se recomienda el uso de gafas de seguridad graduadas.



Figura 7. Representación de un lavaojos.

C) INSTALACIÓN DEL LABORATORIO

La seguridad dentro del laboratorio debe tenerse en cuenta desde la fase de diseño del mismo, aunque esto no siempre es posible.

Los laboratorios de tipo medio o pequeños se ubican muchas veces en locales no pensados para este uso y con la complicación de que con el paso del tiempo se ven ampliados con nuevos aparatos, quedando los locales pequeños y llenos. Cuando ocurre esta situación y se quiere tener una buena política de seguridad en el laboratorio

es complicado y caro e incluso puede que no se pueda realizar en muchos casos sin recurrir a un rediseño del laboratorio.

I. Recomendaciones para la correcta instalación de un laboratorio

Algunas normativas sí deben ser tenidas necesariamente en cuenta antes de diseñar y estructurar un laboratorio como la: "Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo", Orden de 9 de marzo de 1971 y la Norma Básica de la Edificación (NBE CPI 91 y la anterior, NBE CPI 82).

Según recomienda la O.M.S. en su *Manual de Bioseguridad* y también según la *Directiva 90/679/CEE del Consejo, para la protección de los trabajadores expuestos a agentes biológicos*, hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones para la instalación de un laboratorio:



- El laboratorio debe tener techos, paredes y suelos fáciles de limpiar, impermeables a líquidos, no porosos y resistentes a la acción de las sustancias químicas y productos desinfectantes.
- Los suelos deben ser antideslizantes, no porosos y se evitarán que se formen ángulos rectos.
- Las tuberías y conducciones no empotradas deben estar separadas de las paredes y evitar tramos horizontales para no acumular el polvo.
- Las superficies de trabajo tienen que ser impermeables y resistentes a los ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y al calor moderado.
- En las poyatas hay que evitar las baldosas con juntas de cemento. Además hay que calcular una longitud de 2 m por persona.
- Iluminación adecuada y suficiente y que no produzca reflejos (500 lux) (*Norma Técnica DIN 5053*).
- Los espacios entre mesas, armarios, campanas y otros muebles serán suficientemente amplios para facilitar la limpieza.
- Debe haber lavabos de manos, con agua corriente instalados preferentemente cerca de la salida.
- Las puertas deben estar protegidas contra incendios y cerrarse automáticamente. Estarán provistas de mirillas con cristal de seguridad de 40 por 23 cm, situado a la altura de la mirada (evitar accidentes y poder examinar el interior del laboratorio sin abrir la puerta).
- Fuera de las zonas de trabajo deberán estar los vestuarios, comedores o zonas de descanso.

- Deberá reservarse espacio para guardar los artículos de uso inmediato, evitando su acumulación desordenada sobre las mesas y pasillos.
- Para el almacenamiento a largo plazo se recomienda un local fuera de la zona de trabajo.
- Habrá que prever espacio e instalaciones para manejar y almacenar disolventes, material radiactivo y gases comprimidos en condiciones adecuadas de seguridad y siguiendo las normativas específicas para cada caso (*Norma 2600-128 para disolventes, NTP-589 para materiales radiactivos, ITC MIE-APQ-5 para gases*).
- Deben existir medios de protección contra incendios y un sistema de detección de humos y/o fuego con alarma acústica y óptica.
- No debe haber ninguna conexión entre las conducciones de agua destinadas al laboratorio y las del agua de bebida y no estarán juntas para evitar confusiones.
- El abastecimiento de agua potable al laboratorio estará protegido contra el refluo por un dispositivo adecuado.
- Instalación eléctrica segura y de suficiente capacidad para utilizar todos los aparatos del laboratorio con seguridad.
- Sistema de iluminación de emergencia para facilitar la salida del laboratorio en condiciones de seguridad. Conviene que haya un grupo electrógeno de reserva para alimentar el equipo esencial (estufas, congeladores, etc.).
- Se recomienda trabajar en depresión y una renovación de aire de 60 m³ por persona y hora.
- Se dispondrá de un botiquín suficiente e información sobre primeros auxilios, como de números de teléfonos para contactar en caso de emergencia o duda, en un lugar visible y accesible para todos los trabajadores.

3.2. Cabinas de seguridad biológica. Definición. Tipos

Una de las fases importantes en el diseño de un laboratorio es la elección del tipo de “**cabina de seguridad biológica**” para trabajar con los agentes biológicos en cuestión.

Se entienden como cabinas de seguridad biológica:

“una cabina proyectada para ofrecer protección al usuario y al ambiente de los riesgos asociados al manejo de material infeccioso y otros materiales biológicos peligrosos, excluyendo materiales radiactivos, tóxicos y corrosivos”. (NTP-233)

Por tanto, las cabinas de seguridad biológica ofrecen una protección al personal del laboratorio. El funcionamiento de estas cabinas se basa en la dinámica de los fluidos.

Es habitual que estas cabinas se denominen “**cabinas de flujo laminar**”. Pero no debe asociarse el término flujo laminar al de seguridad biológica, puesto que existen otros tipos de cámaras como son las cabinas de flujo laminar horizontal, cabinas de flujo laminar vertical, que únicamente aseguran un flujo de aire limpio y sin turbulencias sobre el trabajo que se realice, pero que en ningún modo proporcionan protección al trabajador.

A) TIPOS DE CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

I. Cabinas de seguridad biológica. Clase I

Su fundamento es similar al de una campana de humos. Es una cabina que trabaja a presión negativa y está abierta frontalmente. El aire procedente del local se introduce por la abertura frontal y es extraído al 100% de la misma (figura 8).

Se recomiendan velocidades de entrada de aire, para aberturas frontales no superiores a 20 cm, de 0,4 m/seg como mínimo y no superiores a 1 m/seg (velocidades superiores a 1 m/seg dan lugar a turbulencias y posibles retornos con lo que disminuiría el grado de protección proporcionado por la cabina).

El aire extraído de la cabina es descontaminado antes de su vertido a la atmósfera a través de filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air), filtros absolutos comprobados por test D.O.P., según *normas MIL-F51068C* y *BS 3928* que dictaminan una eficacia mínima del 99,99% para partículas de 0,3 μm de diámetro.

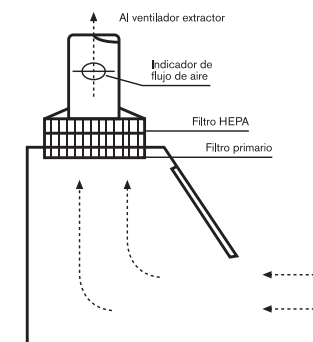


Figura 8. Cabina de seguridad biológica. Clase I. NTP-233

El uso de estas cabinas de clase I no evita o previene la exposición por contacto a materiales peligrosos.

II. Cabinas de seguridad biológica. Clase II

Se desarrolló para proteger a los trabajadores de los materiales manipulados y al mismo tiempo proteger dichos materiales de la contaminación externa.

El área de trabajo es recorrida por un flujo descendente de aire filtrado estéril o flujo laminar vertical (figura 9). Este tipo de cabina la utilizaríamos cuando los agentes biológicos manipulados están incluidos dentro de los grupos de riesgo 1 ó 2 y cuando queremos esterilidad. Por tanto, se pueden utilizar para preparar medios de cultivo, disoluciones de reactivos, etc.

El trabajador está protegido, ya que se crea una barrera de aire formada por la entrada de aire desde el local, a través de la abertura frontal y por el mencionado flujo descendente de aire filtrado estéril. Ambos flujos de aire son conducidos a través de unas rejillas situadas en la parte anterior y posterior del área de trabajo a un plano desde el cual el aire es redistribuido. Un tanto por ciento del mismo es extraído mientras que el resto es recirculado sobre el área de trabajo.

Las cabinas disponen de un sistema de filtración del aire mediante filtros HEPA donde el aire recirculado como el extraído deben ser filtrados al menos una vez. El número de ventiladores es asimismo variable.

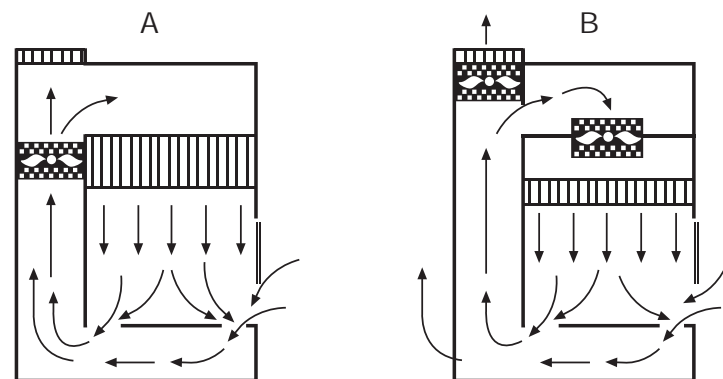


Figura 9. Cabinas de seguridad biológica. Clase II. Con un motor (A) y con dos motores (B). NTP-233

Existen dos tipos de cabinas Clase II. Ambos tipos difieren en la proporción de aire recirculado, en las velocidades de aire en la abertura frontal y sobre el área de trabajo (figura 10). Ambos tipos de cabina se pueden utilizar con el agente biológico del VIH.

Debido a que el volumen recircularizado es distinto en los dos tipos de cabina tipo II, se desaconseja la utilización del tipo IIA para procesos en los que se utilicen materiales inflamables o explosivos, los cuales se utilizarían en cabinas de seguridad tipo IIB.

Cabinas de seguridad biológica. Clase II. Tipo A

En este tipo de cabinas aproximadamente un 70% del volumen total del aire es recirculado sobre el área de trabajo, mientras que el 30% restante es extraído. La velocidad de entrada de aire para aberturas frontales de 20 cm debe ser, como mínimo, de 0,4 m/seg.

La velocidad de aire del flujo laminar descendente oscila según el diseño de la cabina, aunque es aconsejable, en media, un mínimo de 0,4 m/seg.

Cabinas de seguridad biológica. Clase II. Tipo B

A diferencia de la cabina de Clase II tipo A, aproximadamente un 30% del volumen total de aire es recirculado sobre el área de trabajo, mientras que en este caso el 70% restante es extraído. La velocidad de entrada de aire para aberturas frontales de 20 cm debe ser como mínimo de 0,5 m/seg. La velocidad de aire del flujo descendente, en media, debe ser de 0,25 m/seg.

III. Cabinas de seguridad biológica. Clase III

Estas cabinas son diferentes en concepto a las cabinas de Clase I y II. En este caso, la cabina está herméticamente sellada separando completamente al trabajador del trabajo que está realizando mediante barreras físicas, y va a contar para ello con un panel frontal completamente cerrado por lo cual la manipulación será a través de guantes de goma (figura 10).

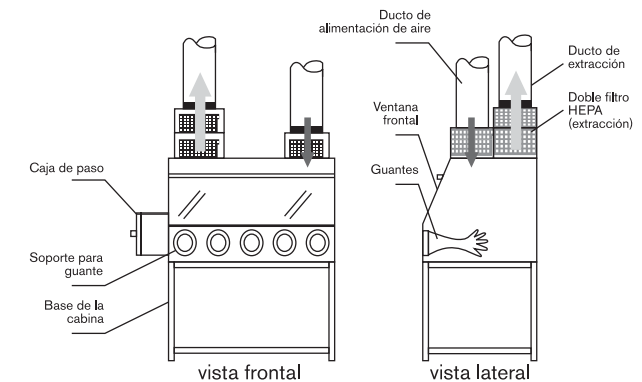


Figura 10. Cabina de seguridad biológica. Clase III. NTP-233

El aire es tomado del local o del exterior y filtrado mediante filtro HEPA. En su extracción, que va a ser del 100%, suele haber dos filtros HEPA montados en serie para la completa purificación del aire extraído. Este tipo de cabinas ofrece el grado máximo de protección al trabajador, obviando incluso la exposición por contacto.

Este tipo de cabina de seguridad biológica sería el más apropiado para la manipulación del virus VIH (aunque se pueda utilizar la de Tipo II), ya que es la cabina de seguridad biológica la que se aconseja en la manipulación de agentes biológicos clasificados como de riesgo 3 y 4.

B) SELECCIÓN DE LA CABINA DE SEGURIDAD BIOLÓGICA

Las cabinas de seguridad biológica constituyen el principal elemento dentro de la contención física para la protección del trabajador frente a los agentes biológicos. Va a actuar como barrera, evitando el paso de los agentes biológicos, como de sustancias nocivas al ambiente del local de trabajo y al trabajador.

I. Selección de las cabinas de seguridad y niveles de contención por los riesgos que presenta el material manipulado

La selección de la cabina de seguridad biológica a utilizar en el laboratorio de investigación dependerá de los riesgos generados por la manipulación de los agentes biológicos en cuestión (Tabla 5). Van a estar relacionados con los siguientes aspectos:

i Selección del tipo de cabina de seguridad biológica:

- Posibilidad de generación de aerosoles. En los procesos habituales del laboratorio como es al centrifugar, pipetear, etc., se pueden generar aerosoles. Los trabajadores tendrán que disponer de protección frente a la contaminación ambiental por estos bioaerosoles.
- Clasificaciones de los agentes biológicos manipulados en diferentes grupos de riesgo (tabla 5).

En España solamente se dispone del *Anexo V de la Propuesta de Directiva del Consejo 90/679/CEE*:

L “Sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo”.

En esta directiva se contempla el compromiso por parte de los Estados miembro de elaborar una clasificación según las definiciones de los grupos de riesgo.

TABLA 5. Relación de cabinas de seguridad biológica a utilizar según grupos de riesgo biológico

		CLASE I	CLASE II. TIPO A	CLASE II. TIPO B	CLASE III
Agentes biológicos	Grupo riesgo 1	Totalmente indicada	Totalmente indicada	Totalmente indicada	Totalmente indicada
	Grupo riesgo 2	Totalmente indicada	Totalmente indicada	Totalmente indicada	Totalmente indicada
	Grupo riesgo 3	Uso no recomendado	Puede utilizarse	Puede utilizarse	Totalmente indicada
	Grupo riesgo 4	Uso no recomendado	Uso no recomendado	Uso no recomendado	Totalmente indicada
	Productos de alta toxicidad Cancerígenos Sensibilizantes Otros	Puede utilizarse (*)	Totalmente indicada (*)	Totalmente indicada (*)	Totalmente indicada (*)

(*) Ante la eventualidad de que partículas de diámetro inferior a 0,3 μ atraviesen el filtro HEPA, el aire extraído de la cabina debe evacuarse al exterior y/o incorporar un sistema complementario de tratamiento del mismo.

En un laboratorio de investigación, además del principal agente biológico de riesgo, en este caso el VIH, se utilizan cultivos celulares para la realización de los diferentes experimentos *in vitro*. En esta situación se dispondrá de varios niveles de contención para proteger al trabajador de los riesgos derivados por el manejo de estos cultivos. Como puede observarse en la tabla 6, dependiendo de las características de las células empleadas se tendrá que adoptar un nivel de contención específico. Los riesgos derivados de los diferentes cultivos celulares que se pueden emplear se resumen en la figura 11.

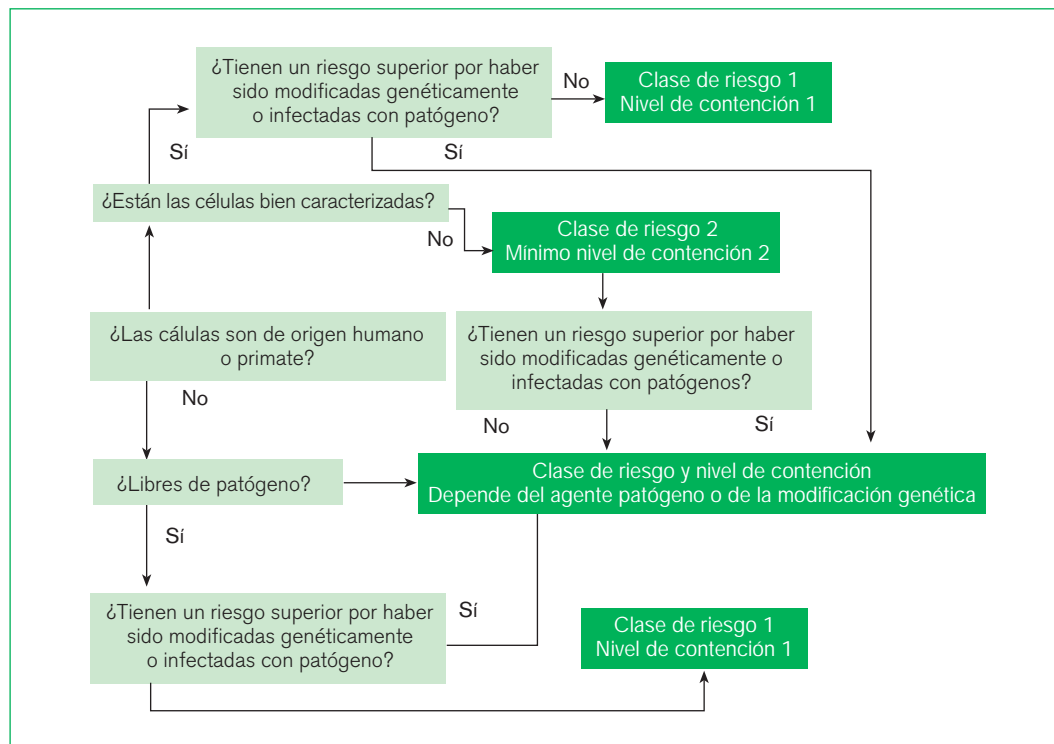


Figura 11. Esquema para contención biológica según el cultivo celular que se esté utilizando. (Fuente de la Universidad de Barcelona)

Por tanto, la selección de la cabina de seguridad biológica a utilizar dependerá de la actividad que se esté desarrollando en el laboratorio de investigación.

II. Selección de las cabinas de seguridad biológica

Selección de cabina de seguridad biológica. Clase I

La selección del empleo de una cabina de seguridad biológica del Tipo I va a depender de:

- i** **Agentes biológicos.** Aquéllos pertenecientes a los grupos de riesgo 1 y 2 según la propuesta de la Directiva anteriormente citada.
- Otros compuestos.** Este tipo de cabina puede ser usado para operaciones que impliquen la manipulación de compuestos químicos tóxicos y/o cancerígenos siempre y cuando se modifique el sistema de tratamiento del aire expulsado mediante filtros HEPA, y elementos que aseguren la limpieza del aire expulsado (filtros de carbón activo, convertidores catalíticos, incineradores, etc.).

Siempre se tendrá en cuenta que muchas de las operaciones que se realizan en el laboratorio se quieren realizar en un ambiente estéril y que este tipo de cabinas no lo proporcionan, puesto que el aire es tomado del ambiente de trabajo y no recibe ningún tratamiento.

Selección de cabina de seguridad biológica. Clase II

La selección de este tipo de cabina será por:

- i** **Agentes biológicos.** Todos aquellos agentes pertenecientes a los grupos 1 y 2. Algunos autores incluyen los agentes pertenecientes al grupo 3.
- Otros compuestos.** En general, estos tipos de cabinas pueden ser utilizados para la manipulación de compuestos químicos de alta toxicidad siempre y cuando se modifique el sistema de tratamiento del aire expulsado según lo indicado anteriormente.

La instalación eléctrica de la cabina debe estar convenientemente protegida (MIE-026 del REBT; Ministerio de Industria y Energía, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión).

TABLA 6. Elección del nivel de contención según el cultivo celular

CULTIVO CELULAR	CONTENCIÓN
Líneas celulares bien caracterizadas de origen humano o de simios. Líneas celulares no humanas ni de simios bien caracterizadas con bajo riesgo de infección endógena con patógenos humanos.	Nivel de contención 2 y empleo de cabina de bioseguridad.
Líneas celulares o cepas no totalmente caracterizadas o autenticadas.	Nivel de contención 2 y empleo de cabina de bioseguridad.
Células con patógenos endógenos y células deliberadamente infectadas.	Contención apropiada al patógeno.
Células sanguíneas humanas, células linfoides, tejido nervioso de origen humano o simio.	Contención apropiada al riesgo potencial.

Selección de cabina de seguridad biológica. Clase III

La selección de este tipo de cabina será en base a:

- i**
 - Agentes biológicos. Todos aquellos agentes pertenecientes a los grupos 3 y 4.
 - Otros compuestos. Este tipo de cabinas puede ser utilizado para la manipulación de compuestos químicos tóxicos y/o cancerígenos, siempre y cuando se modifique el sistema de tratamiento del aire expulsado según lo indicado anteriormente.

III. Recomendaciones para el uso de cabinas de seguridad biológica

Materiales y equipos

- O**
 - Se recomienda ubicar el material necesario para el trabajo en el interior de la cabina antes de empezar a trabajar. De este modo se evita que nada pase hacia dentro o hacia fuera de la misma hasta que el trabajo haya terminado. Siempre dentro de un orden, intentando no invadir toda la superficie, evitando acumulaciones innecesarias.
 - Es recomendable que el material a introducir en la cabina esté libre de partículas, por ello debería limpiarse cuidadosamente antes de su introducción en la misma ya que de otro modo se pueden producir contaminaciones en los cultivos celulares.
 - Es preferible utilizar tubos y/o frascos con tapones de rosca en lugar de tapones de algodón, ya que éstos desprenden fibras.
 - Todos los productos de desecho como placas de cultivo, medios de cultivo, muestras, etc., se sacarán de la cabina en recipientes impermeables y aptos para ser esterilizados en su caso y si no se eliminarán en los recipientes adecuados. Cuando sea preciso se tratará con lejía.

- - No es recomendable el uso de mecheros Bunsen o similares, pueden provocar desviaciones y turbulencias del flujo laminar y quemar los filtros HEPA. Es recomendable el uso de microincineradores eléctricos para la esterilización.
 - No se deben utilizar las cabinas como almacén de materiales y equipos de laboratorio.
 - No es aconsejable introducir en la zona de trabajo materiales que emitan fácilmente partículas tales como: papel, madera, cartón, lápices, goma de borrar, etc.

Procedimiento de trabajo

Se tendrá que tener procedimientos de trabajo por parte del personal de laboratorio que aseguren un buen uso dentro de las cabinas de seguridad biológica minimizando los posibles riesgos. Entre ellos se encontrarían:

- O**
 - Realizar movimientos lentos de brazos y manos en el interior de las cabinas para evitar crear corrientes de aire que rompan la laminaridad del flujo y pueden provocar la entrada o salida de contaminantes transportados por el aire.
 - Se deben evitar manipulaciones cerca de la superficie de trabajo, ya que el aire al chocar con la superficie se desplaza horizontalmente pudiendo recoger la contaminación depositada sobre la misma.
 - Se recomienda trabajar entre 5 y 10 cm sobre la mesa de la cabina, y por detrás de la "zona de partición de humos" que es aquella zona en la que el aire estéril descendente se divide para seguir su recorrido a través de las rejillas anterior y posterior de las cabinas de Clase II. Los movimientos se realizarán hacia el interior de la cabina. La zona de menor seguridad para el trabajador y el producto son los 8 cm más próximos a la abertura frontal.
 - A fin de preservar al máximo los filtros HEPA deben evitarse los golpes, la proyección de líquidos o salpicaduras, perforaciones, etc., contra la rejilla de protección del mismo.
 - Es recomendable la puesta en funcionamiento de la cabina unos 15-30 min antes del inicio del trabajo. Así mismo debe mantenerse en funcionamiento durante un tiempo prudencial después de finalizado el trabajo. En algunos laboratorios recomiendan el funcionamiento continuado de las cabinas para conseguir su óptimo rendimiento e incluso para evitar contaminaciones.
 - Se recomienda esperar de 2 a 3 min antes de empezar a trabajar, cuando se haya introducido algún material en el interior de cabinas dotadas del flujo laminar. Ello dará lugar a que éste se reconstituya y purifique la posible contaminación transportada del exterior a la zona de trabajo estéril.
 - En la zona de trabajo sólo debe introducirse el material verdaderamente necesario y de uso inmediato. Preferiblemente se colocará de modo que se eviten movimientos innecesarios en el interior de la cabina.

- - No deben colocarse objetos entre el filtro HEPA y el área en que se vaya a trabajar, puesto que se producirán sombras y turbulencias. Hay que tener en cuenta que la laminaridad del flujo de aire no vuelve a recuperarse hasta una distancia de 2,5 veces el diámetro del objeto interpuesto.

Ubicación de las cabinas

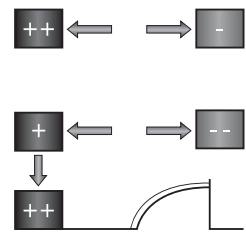


Figura 12. Esquema de las posibles ubicaciones de las cabinas de seguridad biológica.

A la hora de diseñar un laboratorio es importante ubicar las cabinas de la forma más eficiente dentro del laboratorio. En la distribución se tiene que tener en cuenta la disposición de las ventanas y puertas del laboratorio. Se representa en la figura 15 la disposición ideal de las cabinas para que el flujo de aire no interfiera con el funcionamiento/rendimiento de la cabina. Tendrán que estar alejadas de puertas, ventanas y salidas de la ventilación general forzada o de corrientes de aire (figura 12).

También es aconsejable mantener una baja actividad en el local o habitación en la que se encuentre instalada la cabina, ya que corrientes de aire provocadas por el paso o movimiento de personas pueden alterar el equilibrio de flujos de aire.

Mantenimiento de las cabinas

Es necesario disponer para cada cabina de una ficha de mantenimiento y control situada en lugar visible, en la que se reflejarán las modificaciones realizadas y su periodicidad y las operaciones de mantenimiento. En la ficha deberá constar:

- Modelo y referencia.
- Fecha de control.
- Horas de funcionamiento.
- Presión de trabajo en mm de c.d.a.
- Velocidad de aire en m/seg.
- Test D.O.P.
- Fecha de sustitución de filtro HEPA.
- Fecha de sustitución del prefiltro.
- Fecha de la próxima revisión aconsejada.

Limpieza y desinfección de las cabinas

La limpieza y desinfección de las cabinas es un paso fundamental a la hora de trabajar de forma segura en el laboratorio. Se debe realizar esta limpieza en los siguientes casos:

- Antes de iniciar el trabajo.
- Antes de cerrar la cabina.
- Antes de cualquier trabajo de mantenimiento rutinario o accidental de la cabina.
- Antes de realizar un test de control mecánico o biológico en la zona de trabajo.
- Siempre que se cambie de programa de trabajo.
- En caso de que se haya producido un derramamiento de líquido.

La desinfección se realizará, bien con una solución bactericida de elevado poder esterilizante, o bien empleando alcohol al 70% (alcohol isopropílico), VIRKON 1%, BIOZIDAL, etc. Si el trabajo se ha realizado con agentes biológicos, se tendrá que limpiar la cabina con una solución con la cual nos aseguremos que hemos eliminado o inactivado a dicho agente biológico.

Todas aquellas partes de la cabina que están contaminadas (ventiladores, filtros, etc.) y que no son accesibles en operaciones normales de limpieza y desinfección deben ser descontaminadas mediante esterilización gaseosa.

Es aconsejable que de forma rutinaria según de lo establezca cada laboratorio (cada semana, cada mes) se levanten las rejillas de la cabina para limpiar por debajo de éstas para evitar suciedad de posibles vertidos.

Además, cuando se tenga que proceder al mantenimiento de las cabinas, sustitución de los filtros HEPA, se deberá proceder a una desinfección completa mediante tratamiento con formaldehído durante 12 h.

Sistema de extracción de las cabinas

La descarga de aire procedente del uso de las cabinas se puede realizar:

Extracción de aire de las cabinas:

- Al exterior. De este modo, aunque el aire no contenga ningún microorganismo se consigue una seguridad adicional que consiste en el factor de dilución atmosférico en los casos en que se produzcan fallos en el sellado de los filtros o en los propios filtros.
- Al interior de los locales. Hay que tener en cuenta que partículas de diámetro inferior a 0,3 μm pueden no ser retenidas por los filtros HEPA, por lo que deberá incorporarse un sistema complementario de tratamiento del aire extraído.

3.3. Niveles de seguridad

Dependiendo de los agentes biológicos manipulados y de sus riesgos, vamos a tener un nivel de seguridad u otro. Para mantener un buen nivel de seguridad en el laboratorio, se ha de tener en cuenta además de la manipulación del agente, la construcción y diseño del laboratorio, así como los medios de contención que se tienen que realizar. Esta información vendrá recogida en el **"Manual de Bioseguridad"** del laboratorio.

Por todo ello, la O.M.S. clasifica a los laboratorios en:

- **Laboratorio básico.** Tendrá un nivel de bioseguridad 1.
- **Laboratorio básico con cabina de seguridad biológica** u otros dispositivos apropiados de protección personal o contención física. Nivel de bioseguridad 2.
- **Laboratorio de contención.** Nivel de bioseguridad 3.
- **Laboratorio de contención máxima.** Nivel de bioseguridad 4.

Además el RD 66471997 desarrolla en su *artículo 15, Anexo IV*, las características de aislamiento que tienen que reunir:

L

"en los laboratorios, incluidos los laboratorios de diagnóstico e investigación y en los locales destinados a animales de laboratorio, deliberadamente contaminados con agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4 o que sean o se sospeche que son portadores de estos agentes [...] deberán establecer los niveles de contención de conformidad al Anexo IV de este RD a fin de reducir al mínimo el riesgo de infección".

Algunas técnicas que se emplean en los laboratorios son susceptibles de aumentar los riesgos de infección de los trabajadores del laboratorio. Entre estas técnicas estarían el trabajo con grandes volúmenes, concentraciones y experimentación animal, entre otras. En estos casos se deberán aumentar los niveles de protección.

Dentro de la *Directiva 90/679/CEE, en su Anexo V*, se dan las indicaciones relativas a partir del Nivel de Riesgo 1 de las medidas de contención y de los niveles de contención según la:

i

- Naturaleza de las actividades desarrolladas en el laboratorio.
- Evaluación de los riesgos a los que están sometidos el personal del laboratorio.
- Características del agente biológico manipulado.

De este modo se tendrán varios niveles de contención entre los cuales estarían:

i

Niveles de contención:

- **Nivel de contención biológica 1.** Le corresponde el nivel de riesgo 1, que indica escaso riesgo individual y comunitario. Se aplicarán las medidas del laboratorio básico. No necesita ningún equipo especial de contención.
- **Nivel de contención biológica 2.** Le corresponde el nivel de riesgo 2, indicador de riesgo individual moderado y riesgo comunitario limitado.
- **Nivel de contención biológica 3.** Le corresponde el nivel de riesgo 3, indicador de riesgo individual elevado y riesgo comunitario escaso.

A) INSTALACIÓN DEL LABORATORIO PARA NIVEL DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA 3

En el caso de un laboratorio de investigación en el que se manipula el VIH como principal actividad se deberá tener un laboratorio con nivel de contención 3, ya que este agente biológico pertenece al grupo 3.

El laboratorio de contención biológica 3, al igual que el laboratorio de nivel 2, tendrá:

i

- El acceso al laboratorio estará separado del pasillo de libre circulación. Se realizará a través de un pequeño vestíbulo donde el personal laboral se cambiará de ropa por otra específica para el laboratorio y de zapatos o, en su caso, protectores de calzado. Un sistema de seguridad impedirá que las dos puertas se abran simultáneamente.
- Las puertas del laboratorio tendrán cierre automático y con cerradura, aunque desde el interior será de fácil abertura. No obstante, será recomendable un interfono para el contacto con el exterior.
- Debe haber un sistema de ventilación que produzca una presión negativa dentro del laboratorio, de manera que se establezca una corriente de aire que vaya desde el pasillo o el laboratorio básico hasta la zona de trabajo del laboratorio de contención. El personal debe comprobar que la corriente de aire circula del lugar menos contaminado al más contaminado.

- La recirculación del aire dentro del laboratorio sólo se hará después de haberlo filtrado mediante filtros HEPA comprobados y certificados. En ningún caso, este aire puede ser reciclado hacia otra parte del edificio y será expulsado al exterior del laboratorio. Excepcionalmente podrá ser reciclado si las cabinas de seguridad biológica de Clase I o II son controladas al menos una vez al año por un organismo competente.
- En este tipo de laboratorio no habrá ni conexión a gases de la red ni al sistema de vacío centralizado.
- No es necesario ducharse al salir del laboratorio.
- Tendrá cabinas de seguridad biológica, debiendo utilizarse por todos los trabajadores en la manipulación de cualquier material susceptible de formar aerosoles.
- Se dispondrá de agua corriente a la salida del laboratorio para el lavado de manos.
- Todo el material del laboratorio tiene que ser desinfectado mediante un autoclave o en su caso se procederá a desinfección por vía química.
- Hay que prever la desinfección del local.

4

MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN

4.1. Medidas básicas de prevención.

A) Manipulación en laboratorios con riesgo biológico y químico:

- I. Laboratorios con riesgo biológico.
- II. Eliminación de residuos.
- III. Normas generales para la manipulación con material biológico de niveles 1, 2 y 3.

B) Utilización de microorganismos modificados genéticamente y oncogenes:

- I. Normas para manipular microorganismos modificados genéticamente.
- II. Normas para manipular oncogenes.

4.2. Actividades preventivas y medidas de protección.

A) Foco o fuente de contaminación.

B) Medio ambiente de trabajo.

C) Protección individual:

- I. Guantes.
- II. Mascarillas y protección ocular.
- III. Batas.

D) Medidas preventivas:

- I. Mejora de los procedimientos de trabajo.
- II. Desinfección y esterilización correcta de instrumentales y superficies.
- III. Precaución con objetos cortantes y punzantes.

4.1. Medidas básicas de prevención

Para evitar que ocurran accidentes durante la actividad diaria del laboratorio, éste tiene que haber realizado una evaluación inicial de riesgos. Esta evaluación se actualizará siempre que cambien las condiciones de trabajo y siempre que se detecten otro tipo de exposiciones que resulten peligrosas para la salud.

Todos los factores de riesgo deberán eliminarse, o si es imposible, utilizar medidas de protección centrándose principalmente en la protección colectiva. Hay situaciones en las que es insuficiente o imposible realizar medidas colectivas, y en este caso se tendrán que realizar medidas de protección individual. El objetivo principal de adoptar estas acciones preventivas será la minimización de riesgos (tabla 7).

Existencia de riesgos debido a:

- Desconocimiento por parte del trabajador de las características de peligrosidad de las sustancias. Se tiene que tener dentro del laboratorio información sobre las características de peligrosidad de las sustancias para realizar el trabajo de manera segura.
- Empleo de métodos y procedimientos de trabajo intrínsecamente peligrosos. Se tendrán que adquirir y mantener buenas prácticas de trabajo.
- Malos hábitos de trabajo.
- Empleo de material de laboratorio inadecuado, de mala calidad, o de cristal. Se tendrá que cambiar esta situación de la manera siguiente:
 - Trabajar con material suficiente y adecuado a las necesidades y en buen estado.
 - Llevar una buena política de mantenimiento con revisiones periódicas. En caso de avería procurar que se repare con rapidez.
 - Considerar los aspectos de seguridad en la fase de diseño del laboratorio prestando especial atención a la estructura, diseño y distribución del mismo.
 - No acumular materiales en las superficies de trabajo.
 - Disponer del espacio de una manera racional.
- Instalaciones defectuosas en el laboratorio.
- Diseño no ergonómico y falta de espacio.
- Contaminación ambiental por mala gestión y diseño del edificio. Para evitar esta situación:
 - Equipar el laboratorio con un sistema de ventilación general, localizada (vitri- nas y cabinas) y de emergencia eficaz.
 - El ambiente que rodea a los trabajadores se debe mantener limpio.
 - Se deben de mantener unas pautas de desinfección y esterilización.

TABLA 7. Medidas de limpieza

ESTERILIZACIÓN	DESINFECTACIÓN
<ol style="list-style-type: none"> 1. Desinfección previa del material utilizado con solución de glutaraldehído al 2% de alcohol de 70° durante 10-30 min. 2. Lavado del instrumental con agua y jabón, utilizando guantes protectores. 3. Esterilización. Autoclave durante 20 min a 120 °C. Glutaraldehído al 2% durante 10 h. 	<ul style="list-style-type: none"> – Para superficies no metálicas: hipoclorito sódico o lejía doméstica dilución 1/10 durante 10-30 min. – Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) al 6% durante 5-10 min. – Para piel y mucosas; alcohol de 70 ó 95°. – Povidona yodada 2,5-10%.
<p>El VIH tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad ambiental. Cierta estabilidad a temperatura ambiente. En una sangre derramada que contenga de 1 a 3 logaritmos de virus/ml, la mancha, si se seca, puede eventualmente albergar virus viable durante un día aproximadamente. • Inactivación por el calor. Es muy sensible al calor, inactivándose a 56 °C-30 min. En el caso de los productos hemoderivados se ha visto, por ejemplo, que la pasteurización de concentrado de antitrombina III a 60° durante 7 min, reduce el VIH a niveles indetectables. • Métodos físicos de inactivación. Es bastante radiorresistente necesitando dosis altas de rayos gamma y ultravioleta para la inactivación. Se inactiva también mediante valores extremos de pH, tanto altos como bajos. • Inactivación química. Se inactiva mediante la mayor parte de los desinfectantes por concentraciones, generalmente por debajo de las usuales. <ul style="list-style-type: none"> Por ejemplo, Nonidet P-40 inactiva el VIH al 0,5%. El fijador acetona-alcohol es efectivo en inactivar el virus en 20 min. Tritón X-100 al 1% durante 1 h a temperatura ambiente. Lejía al 0,5% p/v. Solución 0,5% v/v (Nonidet P40) durante 1 min de exposición. <p>Productos comerciales para limpieza como serían:</p> <ul style="list-style-type: none"> – VIRKON 1%. – BIOCIDAL ZF™ solución desinfectante durante 2-5 min. 	

A) MANIPULACIÓN EN LABORATORIOS CON RIESGO BIOLÓGICO Y QUÍMICO

I. Laboratorios con riesgo biológico

La primera medida preventiva en un laboratorio donde se manipula sangre, animales, células infectadas, microorganismos infecciosos, agentes biológicos pertenecientes al grupo de virus es usar bata y doble par de guantes.

Los guantes usados deberán ser eliminados en un contenedor específico y no se manipularán agentes biológicos con heridas en las manos. Si es estrictamente necesaria la manipulación sin guantes, se protegerán las heridas.

Nunca hay que olvidar que en el laboratorio se pueden llegar a manipular agentes que se transmiten por vía aérea. En estos casos es obligatoria la utilización de mascarillas como medida de protección individual, y dependiendo del procedimiento de trabajo, se usarán, además, gafas.

Durante el desarrollo de los experimentos no es aconsejable la entrada de personas que puedan correr un riesgo especial como es en el caso de mujeres embarazadas o personas inmunodeprimidas. En aquellas ocasiones en las que implique el uso de cantidades grandes de agentes infecciosos deberán realizarse en cabinas de seguridad biológica y se evitará la formación de aerosoles al trabajar.

II. Eliminación de residuos

Existen distintas formas de eliminar residuos infecciosos. Siempre se debe seguir la política de gestión del organismo responsable (Universidad, Centro de Investigación u Hospitales). La mayoría de los centros disponen de contratistas externas, por lo cual los residuos infecciosos se eliminarán en recipientes de cierre hermético y se retirarán según la necesidad del laboratorio.

Los residuos líquidos, incluyendo sobrenadantes de cultivo y restos de microorganismos de los tubos de centrifugación, deben ser tratados con lejía durante una o dos horas antes de ser eliminados por el fregadero. Si se pueden reutilizar materiales contaminados por algún agente infeccioso, tendrán que ser inactivados de la siguiente forma:

- Colocación en recipientes impermeables que contengan una cantidad de desinfectante (1% de hipoclorito sódico o cualquier otro del que se conozca su actividad frente al agente utilizado) suficiente para cubrir completamente su contenido y deberá permanecer sumergido por lo menos, veinticuatro horas.
- Colocación en recipientes metálicos y esterilización en autoclave, procediendo luego a su limpieza.

Los cultivos celulares que contengan o no algún microorganismo se deben guardar convenientemente sellados y rotulados para su identificación, especialmente aquellos que se encuentren en áreas comunes. Se recomienda revisar el estado de los cultivos celulares diariamente para detectar posibles contaminaciones por bacterias u hongos. En caso de contaminación del cultivo se debe eliminar en el mismo momento en el que se detecta. Además, se tendrán que limpiar y desinfectar las zonas de trabajo y donde han estado almacenados, muy especialmente si es zona común.

III. Normas generales para la manipulación con material biológico de niveles 1, 2 y 3

Existen unas normas básicas y generales para la manipulación dentro del laboratorio con agentes biológicos clasificados en grupos de riesgo 1, 2 y 3, entre las cuales destacan las siguientes:

- La entrada en las áreas de cultivo tendrá que ser restringida al personal que esté capacitado para el trabajo con estos agentes.
- Las puertas de la precámara y cámara deberán permanecer siempre cerradas.
- Es recomendable que se utilice en los laboratorios de niveles 1 y 2 vestuario de laboratorio como es bata de laboratorio y guantes siendo imprescindible su utilización en el nivel 3.
- Las superficies de trabajo se limpiarán y descontaminarán después de cada experimento, incluidos los tubos de drenaje de las bombas de vacío.
- Todos los líquidos serán eliminados mediante agentes desinfectantes.
- El material de desecho en contacto con las células será depositado en bolsas en contenedores apropiados para su eliminación y convenientemente cerradas antes de salir de las áreas de cultivo.
- El material reutilizable deberá sumergirse en contenedores de lejía o desinfectante apropiados antes de ser sacados del área de cultivo.
- Lavarse las manos: (Figura 13)
 - Antes de abandonar el laboratorio o en caso de carecer de fregadero, justo a la salida del mismo.
 - Siempre que se quite el doble par de guantes.
 - Después de toda operación que haya comportado el posible contacto con material irritante, cáustico, tóxico o infeccioso.



Figura 13. Obligatoriedad de lavarse las manos.

B) UTILIZACIÓN DE MICROORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE Y ONCOGENES

I. Normas para manipular microorganismos modificados genéticamente

Se deben clasificar las actividades en función de los riesgos que presenten para la salud humana por la utilización de **“microorganismos modificados genéticamente” (OMG)**. Se entiende como OMG cualquier microorganismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en la multiplicación o en la recombinación natural.

Existe una legislación al respecto, pero en general la evaluación de riesgos se hará siguiendo tanto la sistemática descrita en el *RD 664/1997* como en la *Directiva 98/81/CE de 26 de octubre de 1997* (DOCE L 330 de 5/12/98). Esto se llevará a cabo sin perjuicio de lo establecido por la *Ley 15/1994* de 3 de junio (B.O.E. n.º 133 de 4/6/94), por el que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de OMG, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente. Así como el *RD 951/1997* de 20 de junio (B.O.E. n.º 150 de 24/6/97), por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejercicio de la Ley 15/1994.

Microorganismos modificados genéticamente:

- Recombinación del ADN que utilizan sistemas de vectores contemplados en la recomendación del Consejo 82/472 CEE.
- Que supongan la incorporación directa en un microorganismo de material genético preparado fuera del organismo, incluyendo la microinyección, la microencapsulación.
- Fusión de células o de hibridación en las que se forman células vivas con nuevas combinaciones de material genético hereditario, mediante la fusión de dos o más células utilizando métodos que no se dan naturalmente.

No se incluyen en el ámbito de aplicación de este Real Decreto las técnicas de mutagénesis, fertilización *in vitro*, inducción poliploide, así como la conjugación, transducción, transformaciones o cualquier otro proceso natural.

En la *Directiva 98/81/CE* se recogen específicamente:

L

“los requerimientos mínimos respecto a instalaciones, equipos, normas de trabajo y tratamiento de residuos para las actividades en laboratorios, invernaderos o semi-lleros y animalarios”.

A partir de la evaluación, las actividades quedarán clasificadas como de:

i

Clasificación de las actividades:

- Riesgo insignificante.
- Riesgo bajo.
- Riesgo moderado.
- Riesgo alto.

Según el riesgo al que esté sometido el personal laboral se asignará un grado de confinamiento o nivel de contención adecuado.

Así mismo, el trabajo con oncogenes y secuencias relacionadas está contraindicado en individuos con lesiones extensivas en manos y antebrazos. Es imprescindible un buen conocimiento y práctica de laboratorio habitual para el trabajo con estos agentes biológicos.

II. Normas para manipular oncogenes

Para trabajar existen unas normas generales entre las que se encuentran:

O

- Restringir el uso de tales secuencias al personal autorizado, asignando un área específica del laboratorio para dicho trabajo.
- Se utilizarán siempre guantes para todo tipo de trabajo con secuencias de ADN oncogénicos. Los guantes deben elegirse teniendo en cuenta la resistencia a cualquier agente químico y biológico que vaya a utilizarse.
- Evitar el uso de agentes cortantes. Utilizar material desechable siempre que sea posible.
- En caso de producirse algún derramamiento, limpiar inmediatamente las superficies contaminadas con detergente concentrado. Se recomienda eliminar todos los residuos por incineración.
- Evitar, en la medida de lo posible, la producción de aerosoles. Cuando no pueda evitarse trabajar en cabinas de extracción o cabinas de seguridad biológicas.
- En caso de existir algún riesgo microbiológico adicional, se utilizará una cabina microbiológica (nivel de confinamiento 0).

4.2. Actividades preventivas y medidas de protección

La adopción de las medidas de protección frente a los riesgos biológicos tiene como finalidad reducir la exposición a los contaminantes biológicos, químicos o físicos. El laboratorio tendrá que considerar estas medidas, informar y formar a sus trabajadores sobre las mismas.

Para lograr el desarrollo de estas medidas es necesario considerar los elementos que integran todo proceso. Así vamos a tener en cuenta:

i

- Cuál es el foco emisor del contaminante. Una vez que se identifica el foco se tomarán acciones que impidan su emisión.
- Cuál es el medio de propagación del contaminante.
- Quiénes son los receptores del agente infeccioso. Se evitarán de este modo los posibles efectos patógenos sobre el personal de laboratorio.

Las actuaciones sobre los dos primeros apartados corresponderán a la protección colectiva que deben primar sobre las del tercer punto, que constituirán las medidas de protección individual.

A) FOCO O FUENTE DE CONTAMINACIÓN

Se entiende como **“foco o fuente de contaminación”** tanto el agente biológico en sí mismo como el proceso o tarea que pueda liberarlo.

Las medidas preventivas estarían encaminadas tanto a la acción directa sobre el agente infeccioso o agentes con los que se esté trabajando. Es decir, en este caso sería principalmente una acción directa contra el VIH, pero sin olvidar otros agentes biológicos de riesgo. Por tanto, se tienen que tener en cuenta los reservorios de estos agentes, en su caso, o los medios de supervivencia.

Entre las medidas de protección para impedir la liberación del agente biológico estarán:

i

Medidas de protección frente al foco contaminante:

- Si es posible y siempre dependiendo del agente que se esté manipulando, se sustituirá el agente biológico que vaya a generar el riesgo o se utilizará una forma más atenuada.

- **Medidas de contención de los agentes biológicos.** Es obligatorio considerar desde la fase de diseño con qué agente se está trabajando para tomar las medidas de contención adecuadas en función del grupo de riesgo del agente biológico.
- Se aplicarán procedimientos de trabajo que permitan el aislamiento de operaciones potencialmente peligrosas tanto para el trabajador como para terceras personas.
- Reducción de las concentraciones del agente infeccioso. Se puede emplear una extracción localizada para conseguir reducir las concentraciones de contaminantes mediante la utilización de cabinas de seguridad biológica.
- Desinfección de locales, vehículos de transporte, ropa, equipos de protección. Esta desinfección deberá realizarse siguiendo los procedimientos por los que se aseguren la acción específica y eficaz sobre los agentes biológicos en cuestión.
- Desinsectación y desratización, que tienden a eliminar los vectores, como transportadores de la enfermedad.
- Limpieza adecuada dentro del laboratorio, que conducirá a una disminución de los niveles de contaminación.

B) MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO

Es muy importante considerar y controlar los contaminantes que están en el medio de trabajo. De esta manera, se podrá eliminar o minimizar la concentración del agente biológico o agentes de riesgo presentes en el medio que rodea al trabajador y el ambiente externo.

Se establecerán medidas de protección sobre el medio de trabajo cuando la actuación sobre el foco del agente biológico es imposible o insuficiente.

Como en el apartado anterior, es aconsejable que las actuaciones preventivas se realicen ya en la fase de diseño, así como en el mantenimiento de los locales de la siguiente forma:

i

Medidas de protección frente a los contaminantes del medio de trabajo:

- Diseñar sistemas adecuados de ventilación en todas las instalaciones del laboratorio. Las instalaciones serán donde se realice la actividad laboral (todo el laboratorio con todas sus zonas, como animalarios). Estos diseños van a asegurar la renovación del aire que rodea a los trabajadores, así como la dilución y evacuación de los contaminantes al exterior, si es conveniente.

- Construir suelos y paredes con materiales fáciles de limpiar y descontaminar. El diseño de un laboratorio se tiene que hacer con materiales o superficies no porosas ni rugosas y asegurando que no se formen ángulos rectos.
- Incorporación dentro del laboratorio de instalaciones apropiadas en caso de accidente, como serían lavaojos, botiquín, material para el secado de manos de un solo uso, etc.
- Acceso a teléfonos de emergencias.
- El responsable de laboratorio tendrá que gestionar la limpieza y el tratamiento por separado de la ropa de trabajo, los equipos de protección y la ropa de calle.

C) PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Las medidas de protección que se realicen dentro del laboratorio estarán encaminadas principalmente a la protección colectiva.

No obstante, el personal de laboratorio deberá utilizar medios de protección que actuarán como barrera para evitar la exposición de la piel y de las mucosas a los fluidos infecciosos que no van a ser incompatibles con las medidas colectivas. Estos equipos se denominan “equipos de protección individual” (EPI).

Los EPI deben ajustarse a lo dispuesto en el *R/D 773/1997 de 30 de mayo sobre:*

L

“Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual”.

El responsable del laboratorio elegirá estos equipos:

- **Según su seguridad;** es decir, protección adecuada al riesgo específico.
- **Según la comodidad o confort.**

Los equipos de protección individual como son: guantes (doble par de guantes), botas impermeables, gafas adaptables al rostro, mascarillas, etc., serán utilizados para tareas concretas y operaciones puntuales. Estos equipos se escogieran en función de la evaluación de riesgos en cada puesto de trabajo. (Tabla 8 y 9)

Como normas generales para el personal que puede tener contacto con el agente de riesgo de forma directa, así como durante una manipulación con el instrumental contaminado, se tendrá en cuenta:

- El uso de batas de manga larga con bocamangas ajustadas.
- La utilización de guantes impermeables a las soluciones manipuladas y resistentes a agentes biológicos responsables de los riesgos.
- No es preciso el uso de mascarillas respiratorias si se trabaja en los diferentes tipos de cabinas de seguridad biológica.

Los EPI disponibles en el laboratorio deben cubrir y proteger todas las operaciones que se realicen en ellos. También protegerán en caso de incidentes o accidentes. Su eficacia depende de una adecuada gestión que incluye desde su selección, adquisición y mantenimiento de *stocks*, hasta la distribución y el almacenamiento, sin olvidar la formación e información del personal del laboratorio que los va a utilizar.

i

Selección de los EPI:

- Cuál es el grado necesario de protección que precisan las diferentes situaciones de riesgo.
- Qué grado de protección ofrecen los distintos EPI frente a esas situaciones.
- Su idoneidad. Los EPI no pueden constituir en sí mismos un riesgo adicional al trabajo realizado en el laboratorio. Por tanto, los EPI tienen que ser cómodos para el trabajador (exigencias ergonómicas), no tienen que afectar a la salud del usuario y adecuarse al mismo.
- Pueden existir riesgos simultáneos, y, por tanto, se tendrá que valorar el empleo de varios EPI durante la actividad laboral.

Entre los diferentes tipos de equipos de protección individual, los más frecuentemente usados en el trabajo de laboratorio son:

- Protecciones faciales de cara y ojos: pantallas y gafas.
- Protectores de las extremidades superiores: guantes.
- Protectores del aparato respiratorio: máscaras y mascarillas.
- Prendas de protección general: batas y delantales.

En la tabla 9 se detallan diferentes tipos de EPI utilizados:

TABLA 8. Principales EPI asociados a los riesgos derivados del trabajo en el laboratorio

OPERACIONES/ACTIVIDADES	RIESGOS ¹	EPI UTILIZABLES
Manipulación de: – Disolventes y productos volátiles. – Aparatos a temperaturas elevadas. – Jeringas, material de vidrio y columnas capilares. – Botellas a presión. – Extracción en frío y en caliente. – Operaciones con vacío.	– Inhalación de vapores orgánicos. – Irritación de la piel y vías respiratorias. – Salpicaduras y proyecciones. – Quemaduras. – Incendios. – Cortes y pinchazos. – Contaminación biológica.	– Gafas. – Guantes. – Mascarillas. – Pantallas faciales.
Manipulación² de: – Material biológico. – Fluidos biológicos. – Animales de experimentación.	– Cortes y pinchazos. – Arañazos y mordeduras. – Inhalación de un bioaerosol. – Contacto dérmico.	– Guantes. – Mascarillas. – Pantallas faciales o gafas.
Manipulación de productos con riesgos específicos.	– Exposición a cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción. – Exposición a radionucleotidos ³ . – Exposición a fibras de amianto y otras.	– Gafas. – Guantes impermeables a fluidos biológicos. – Guantes resistentes a cortes y punciones. – Mascarillas. – Pantallas faciales.
Almacén y trasvases.	– Incendios. – Vertidos. – Salpicaduras.	– Equipo autónomo o semiautónomo ⁴ . – Gafas. – Guantes. – Delantal. – Mascarilla.

1. El estudio de los riesgos asociados a las diferentes operaciones y manipulación de productos que se realizan en el laboratorio permite la elección de los EPI necesarios, su utilización, distribución y mantenimiento.
2. En este caso no debe confundirse la protección del material, normalmente por cuestiones de esterilidad, de la del trabajador.
3. Deben estar sujetos a los requerimientos normativos específicos.
4. Puede considerarse su uso de manera general en el laboratorio para situaciones de emergencia o autosalvamento.

TABLA 9. Clasificación de los equipos de protección

A	Desechables	Guantes de látex utilizados en la manipulación de productos químicos en general o muestras biológicas.
B	Reutilizables, de asignación personal	– Gafas. – Mascarillas autofiltrantes. – Batas.
C	Reutilizables e intercambiables	Equipos de uso específico y esporádico. Su intercambio no representa un riesgo para la salud: guantes para ácidos, bases, productos especiales, frío y calor: delantales, mandiles, pantallas faciales.

Deben usarse guantes para tocar cualquier fluido infeccioso o cualquier instrumental contaminado. En el caso del VIH es recomendable el uso de doble par de guantes. Si hay peligro de salpicadura de sangre o de algún fluido biológico, se utilizará protector facial o mascarilla y gafas protectoras y delantal o bata (tabla 10).

TABLA 10. EPI utilizados en el laboratorio

Guantes	De uso general, impermeables frente a soluciones acuosas y muestras biológicas (sangre, orina y cultivos celulares). Específicos para diferentes productos químicos y específicos para distintas características físicas (cortes, calor, frío). Frente a proyecciones: con o sin protección lateral.
Gafas	Frente a radiaciones y luz ultravioleta. De protección facial contra proyecciones de líquidos.
Viseras Mascarillas Delantales	Para polvo, partículas, gérmenes aéreos y antiolor. Impermeables utilizados para trasvases y operaciones (digestiones).

Hay que tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes provocados por agujas, bisturís y objetos cortantes. Nunca se deben reencapuchar las agujas ni retirarlas de las jeringas desechables. Los objetos cortantes y punzantes, una vez utilizados, deben colocarse en un envase resistente próximo al área de trabajo para posteriormente ser eliminados.

I. Guantes

Dentro de las medidas individuales más utilizadas para la manipulación, en este caso, del VIH, está el uso de guantes. No obstante, **no existen guantes específicos frente a riesgo biológico**. Se considera que los guantes que superan los ensayos de resistencia a la penetración al agua y al aire, según la norma *UNE-EN 374-2*, serán aptos para el trabajo con estos agentes. Esta norma establece los requisitos para los guantes destinados a la protección del usuario contra los productos químicos y/o microorganismos, por tanto, va a constituir una barrera efectiva contra los riesgos microbiológicos. Todos estos guantes son de categoría 3. Este tipo de guantes son impermeables y tienen ausencia de poros e imperfecciones, están constituidos por látex natural u otros elastómeros como nitrilo, vinilo y neopreno, entre otros. Si además se requiriese protección frente a productos químicos, estos guantes tendrán que haber pasado los ensayos para la determinación de su resistencia a la permeación, según la norma *UNE-EN 374-3* (tabla 11).

Si el guante cumple con los ensayos establecidos en las normas *UNE-EN 374-2* y *UNE-EN 374-3*, entonces se marcarán con el pictograma representado en la figura 14A.

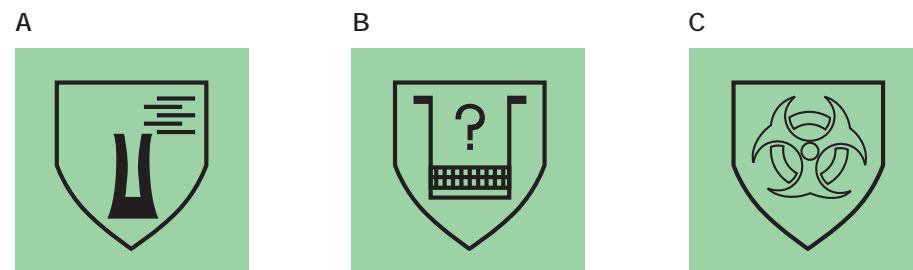


Figura 14. Pictograma por el que se indica que el guante ha pasado las normas *UNE-EN 374-2* y *UNE-EN 374-3* (A). Si no las han pasado, se representará como B y C.

TABLA 11. Norma *UNE-EN 374 1.2*, por la que se establece la categoría de guantes para riesgo por microorganismos

NIVELES DE RESISTENCIA DE GUANTES		
NIVEL DE PASO	CALIDAD ACEPTABLE	NIVELES DE INSPECCIÓN
Nivel 3	< 0,65	G1
Nivel 2	< 1,5	G1
Nivel 1	< 4,0	S4

En cualquier caso, los guantes de protección que vaya a utilizar el personal trabajador frente a agentes biológicos deben garantizar impermeabilidad, flexibilidad y la suficiente sensibilidad a fin de posibilitar su uso en todo tipo de trabajo que los requieran.

Normalmente se emplean guantes de un solo uso que deben cambiarse tras el contacto con cada animal infectado, cultivo celular infectado y, en su caso, cuando se cambie de actividad, o cuando ocurra una salpicadura, rotura o perforación. Se deben desechar los guantes al contenedor adecuado. Se utilizarán dos pares de guantes para el manejo del VIH en el laboratorio. Hay que tener en cuenta que en el laboratorio puede haber trabajadores alérgicos al látex. En este caso tendrán que utilizar otro tipo de material como es el vinilo, pero siempre tendrán que haber pasado la normativa obligatoria para el uso con agentes biológicos.

El uso de guantes será obligatorio cuando:



- El trabajador presente heridas no cicatrizadas o lesiones dérmicas exudativas, cortes, lesiones cutáneas, etc.
- Si maneja sangre, fluidos corporales y cultivos celulares contaminados con el agente biológico de riesgo.
- Al entrar en contacto con la piel no intacta o mucosas.
- Al manejar objetos, materiales o superficies contaminados.
- Al realizar procesos invasivos.

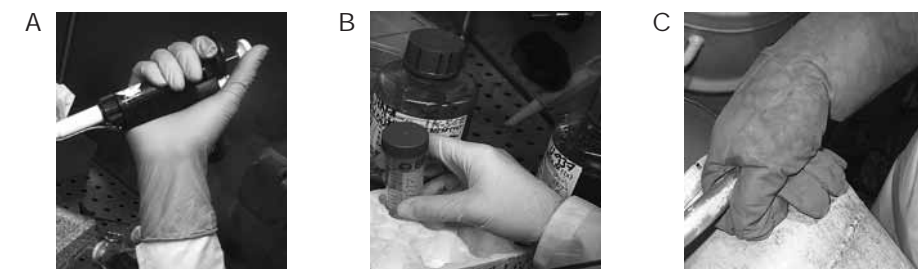


Figura 15. Distintos tipos de guantes utilizados en el laboratorio. (A) guantes de nitrilo, (B) guantes de látex, (C) guantes de protección para nitrógeno líquido.

II. Mascarillas y protección ocular

En el laboratorio, y cuando las condiciones de trabajo lo requieran, se utilizarán mascarillas, así como protección ocular como método barrera. Como norma general, se emplearán en aquellos casos en los que, por la índole del procedimiento a realizar, se prevea la producción de salpicaduras de sangre u otros fluidos corporales que afecten

las mucosas de ojos, boca o nariz, así como en la utilización de algunos productos químicos. Además también se usarán, cuando el personal de laboratorio se encuentre trabajando con un agente biológico que se transmita a través del aire.

Las protecciones respiratorias más adecuadas frente a la protección de agentes biológicos son las mascarillas o medio máscaras filtrantes contra partículas con filtros FFP3. Estas medias máscaras filtrantes, llamadas también mascarillas autofiltrantes, se clasifican en función de su rendimiento en FFP1, FFP2 y FFP3. Los filtros recomendados FFP3 tienen una eficacia superior al 98%, los filtros FFP2 tienen una eficacia del 92% y los FFP1 del 78%, según la norma *UNE-EN 149:2000*, estos filtros están diseñados para garantizar la protección contra los aerosoles sólidos y líquidos (figura 16).

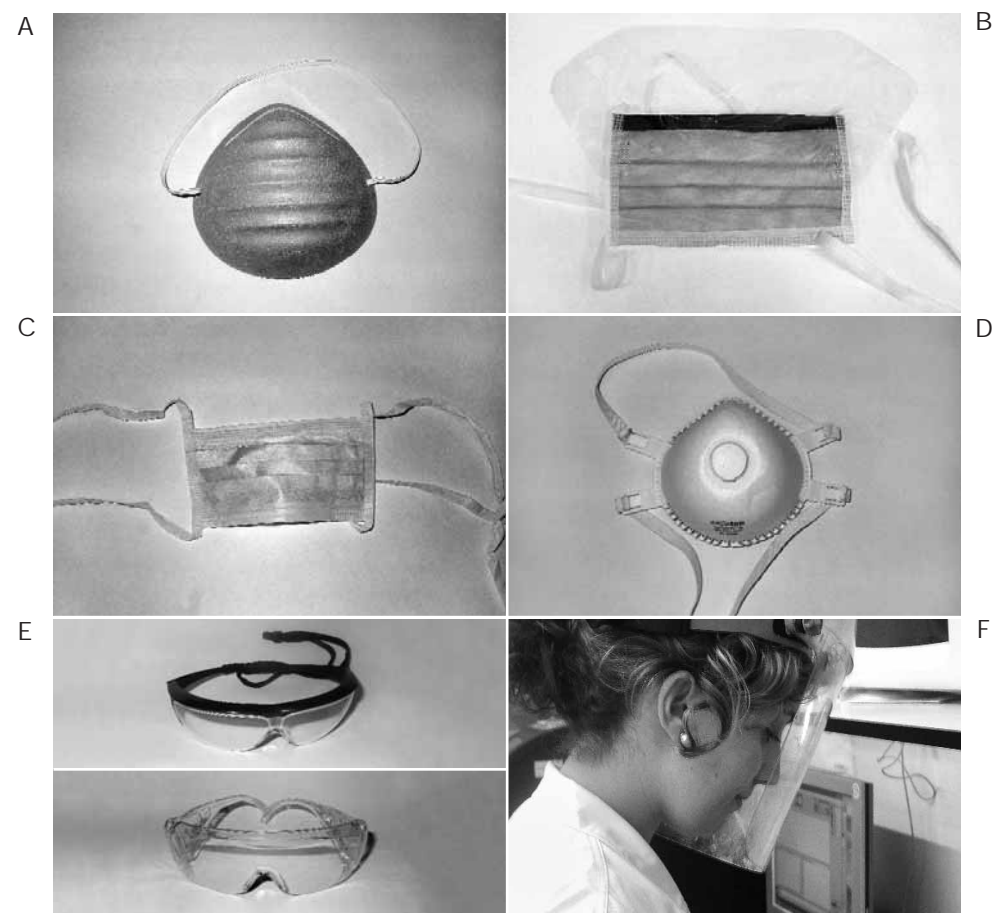


Figura 16. Representación de mascarillas y gafas usadas en el laboratorio. (A) mascarilla para químicos, (B-C) mascarilla para quirófanos, (D) mascarilla FFP3, (E) gafas protectoras frente a salpicaduras, (F) gafas protectoras contra los rayos UV.

III. Batas

Las batas deben utilizarse en situaciones en las que pueda darse un contacto con la sangre u otros fluidos orgánicos, que puedan afectar las propias vestimentas del trabajador. Se utilizarán batas con puños cerrados y si no se dispone de este tipo, se dará al trabajador manguitos para evitar el contacto de zona de las muñecas con el agente infeccioso.

Se pondrán a disposición del personal de laboratorio pijamas o vestimentas que sustituyan a la ropa de calle.

Las batas y pijamas utilizados tendrán que ser lavados en el lugar de trabajo y nunca se llevarán a casa del trabajador para su limpieza, ya que puede poner en peligro a otras personas.

También es aconsejable el uso de batas desechables que evitarán el problema de la limpieza de las mismas.

D) MEDIDAS PREVENTIVAS

I. Mejora de los procedimientos de trabajo

En general, habría que implantar métodos de trabajo seguros, formar a los trabajadores sobre los mismos y notificar las exposiciones accidentales.



- Todo material que sea potencialmente infeccioso será identificado, manipulado y eliminado adecuadamente, mediante los protocolos actualizados disponibles en el laboratorio para poder llevarse a cabo.
- Proporcionar al personal de laboratorio, EPI adecuados para realizar la actividad laboral. Las prendas y los equipos de protección en general son elementos indispensables para prevenir de la exposición frente a agentes biológicos como es en el caso del VIH. Si se trabaja con muestras procedentes de pacientes, la vacunación es obligatoria frente al virus de la hepatitis B.
- El responsable de laboratorio supervisará el cumplimiento de las medidas preventivas. El laboratorio tendrá que contar con una persona que garantice la puesta en práctica de las políticas de prevención, llegando a amonestar a aquellos trabajadores que se nieguen a aplicar la política de prevención del laboratorio.
- Profilaxis preexposición. Se debe partir de la premisa de que toda muestra, sea de un paciente o de un cultivo celular, es potencialmente infecciosa hasta que no se demuestre lo contrario. Estas medidas son aplicables para cualquiera de los patógenos transmisibles a través de la sangre, así como a los experimentos *in vitro*, donde se realizan infecciones procedentes de expansiones de virus dentro del laboratorio.

II. Desinfección y esterilización correcta de instrumentales y superficies

El empleo de productos químicos permite desinfectar a temperatura ambiente los instrumentos y superficies que no resisten el calor seco o la temperatura elevada. Una correcta aplicación de los desinfectantes será, en general, aquella que permita un mayor contacto entre el desinfectante y la superficie a desinfectar (tabla 12).

El producto desinfectante se debe poder aplicar de tal manera que no presente toxicidad aguda o crónica para los animales y las personas que puedan entrar en contacto con él. Se deberán seguir siempre las instrucciones para su aplicación, contenidas en la etiqueta y en las fichas de seguridad. Deben estar adecuadamente etiquetados según la normativa correspondiente y debe exigirse siempre la entrega de la ficha de seguridad correspondiente. En función de los microorganismos manipulados, se redactarán las instrucciones de desinfección en las que consten los desinfectantes y las diluciones a las que se deban emplear.

TABLA 12. Eficacia de desinfectantes según el microorganismo

	DESINFECTANTES	MICROORGANISMOS						
		Bact Gram+ Gram-	Microbact.	Esporas	Hongos y Levadura	Virus	Antagonismos	Sinergismo
	Aldehidos	+++	++	++	++	++ +	Amoníaco	Humedad > 50%
	Compuestos clorados	+++	+—	+	++	+	Mat org Tiosulfatos Sulfuros Sales ferrosas	
	Compuestos yodados	+++	++	++	+++	+—	Materia org. Compuestos Hg Tiosulfatos de sodio	Jabones Amonio Cuaternario
	Compuestos de amonio cuaternario (catiónicos)	+++ +	+—	+— Discutido	+—	+—	Materia orgánica	Cresol
	Fenoles	+++ +—	+—	+—	++		Mat org Amoníaco cuaternario Ciertos jabones Alcohol para el hexacloro	Sales de sodio y potasio y sales metálicas

III. Precaución con objetos cortantes y punzantes

Se debe evitar en lo posible el uso de objetos de vidrio, cortantes y punzantes, no obstante hay situaciones en las que no hay otro remedio que utilizarlos. Cuando esto ocurra se deberán tomar todas las precauciones necesarias para reducir al mínimo los riesgos producidos en el personal del laboratorio por pinchazos y cortes.

- Tomar precauciones en la utilización del material cortante; agujas y jeringas durante y después de su utilización, así como en los procedimientos de limpieza y de eliminación.
- No encapsular agujas ni objetos cortantes ni punzantes ni someterlas a ninguna manipulación.
- Los objetos punzantes y cortantes deberán ser depositados en contenedores apropiados con tapa de seguridad, para impedir su pérdida durante el transporte, estando estos contenedores cerca del lugar de trabajo y evitando su llenado excesivo. (Ver apartado "Gestión de residuos").
- La eliminación de los objetos punzantes se realizará por la persona responsable de esta actividad.

5

GESTIÓN DE RESIDUOS

5.1. Eliminación de residuos.

- A) Factores a considerar para la eliminación de residuos.
- B) Consideraciones generales sobre residuos químicos:
 - I. Tratamiento de algunos residuos químicos.
- C) Recomendaciones de carácter general sobre residuos.

5.2. Manipulación de gases en el laboratorio.

5.1. Eliminación de residuos

Los residuos de laboratorio se clasifican en diversas categorías en función de su naturaleza, peligrosidad y destino final. Se debe disponer de la información e instrucciones para la eliminación de residuos procedentes del laboratorio de investigación. Se entiende por residuos, aquellos materiales o productos que quedan inservibles tras realizar una determinada operación.

El tipo de tratamiento y gestión de los residuos del laboratorio depende, entre otros factores, de las características y peligrosidad de los mismos, así como de la posibilidad de recuperación, de reutilización o de reciclado.

Tipos de residuos:

- Residuos procedentes de restos de material fungible, entre los que se encuentran fragmentos de vidrio roto, frascos vacíos y restos de material de plástico.
- Residuos químicos, que pueden presentarse como restos de reactivos no utilizados durante la operación y que no deben devolverse al envase original para no contaminar su contenido y reactivos caducados.



Figura 17. Representación de algunos contenedores para residuos utilizados en un laboratorio de investigación.

Clasificación de residuos según la peligrosidad:

- Residuos no peligrosos. Pueden eliminarse mediante vertidos, directamente a las aguas residuales o a un vertedero. Si aún no considerándose peligrosos, son combustibles, se pueden utilizar como combustibles suplementarios, como ocurre, por ejemplo, con los aceites, que, si son "limpios", se pueden eliminar mezclándolos con combustibles; los aceites fuertemente contaminados, en cambio, deberán ser procesados en función de los contaminantes que contengan (metales, clorados, etc.).
- Residuos químicos peligrosos. (ver tabla 13)
- Residuos biológicos. Deben almacenarse en recipientes específicos convenientemente señalizados y retirarse siguiendo procesos preestablecidos. Normalmente se esterilizan y se incineran.
- Residuos radiactivos. Para su eliminación deben considerarse sus características físico-químicas, así como su actividad radiactiva y vida media (tiempo de semidesintegración). Su almacenamiento debe efectuarse en recipientes específicos debidamente señalizados y deben retirarse de acuerdo a los procedimientos establecidos. Su gestión es competencia del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

Dentro de los residuos químicos, conviene precisar que la Unión Europea define tres líneas principales de actuación que deben seguirse para su adecuado tratamiento.

Gestión de residuos químicos:

- Minimizar la generación de residuos en su origen. Supone intervenir de modo preventivo, evitando que se lleguen a producir. Se debe actuar sobre el consumo, procurando utilizar únicamente la cantidad de producto requerida para el trabajo a desarrollar.
- Reciclado. Pretende reutilizar el residuo generado, en el mismo o en otro proceso, en calidad de materia prima.
- Eliminación segura de los residuos no recuperables. Debe llevarse a cabo siguiendo las indicaciones de la ficha de seguridad o, en caso de duda, las indicaciones del fabricante y siempre a través de un gestor autorizado. Como paso previo a la eliminación es esencial que los residuos se clasifiquen, segreguen y depositen en contenedores apropiados.

A) FACTORES A CONSIDERAR PARA LA ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados en el laboratorio pueden tener características muy diferentes y producirse en cantidades variables. Afectando a la elección del procedimiento para su eliminación debido a:

- Volumen de residuos generados.
- Periodicidad de generación.
- Facilidad de neutralización.
- Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización.
- Coste del tratamiento y de otras alternativas.
- Valoración del tiempo disponible.

TABLA 13. Clasificación de residuos químicos

Grupo I: Disolventes halogenados. Etiqueta color naranja.

- Productos líquidos orgánicos que contienen más de un 2% de algún halógeno. Son productos tóxicos e irritantes y en algunos casos cancerígenos.
- También mezcla de disolventes halogenados y no halogenados (cloruro de metileno, bromoformo, etc.).

Grupo II: Disolventes no halogenados. Etiqueta color verde.

- Líquidos orgánicos inflamables con menos del 2% en halógenos.
- Inflamables y tóxicos: alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.
- Evitar mezclas de disolventes inmiscibles.

Grupo III: Disoluciones acuosas. Etiqueta color azul.

- De productos orgánicos e inorgánicos.
- Es un grupo muy amplio:
 - Soluciones acuosas inorgánicas:
 - Soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico.
 - Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores.
 - Soluciones acuosas de cromo VI.
 - Otras soluciones acuosas inorgánicas: reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros.
 - Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO:
 - Soluciones acuosas de colorantes.
 - Soluciones de fijadores orgánicos: formol, fenol, glutaraldehído.
 - Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

TABLA 13. Clasificación de residuos químicos (continuación)

Grupo IV: Ácidos. Etiqueta color rojo.

- Ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% del volumen).
- Antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, se debe realizar una prueba con pequeñas cantidades. Si no hay reacción, llevar a cabo la mezcla.

Grupo V: Aceites. Etiqueta color marrón.

Grupo VI: Sólidos. Etiqueta color amarillo.

- Productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y material desechable contaminado con productos químicos.
- Sólidos orgánicos: productos químicos de naturaleza orgánica o contaminada con productos químicos orgánicos como carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- Sólidos inorgánicos: a este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo: sales de metales pesados.
- Material desechable contaminado: se pueden obtener subgrupos de clasificación por naturaleza del material y la naturaleza del contaminante.

Grupo VII: Especiales. Etiqueta color lila.

- Productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los anteriores grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados.
- No deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos:
 - Comburentes (peróxidos).
 - Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo).
 - Compuestos muy reactivos: metales alcalinos, hidruros, compuestos con halógenos activos, compuestos polimerizables, compuestos peroxidables, restos de reacción, productos no etiquetados.
 - Compuestos muy tóxicos: tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.
 - Compuestos no identificados.

B) CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE RESIDUOS QUÍMICOS

Como principio básico, los residuos químicos generados en el laboratorio no deben eliminarse por el desagüe sin inertizar, aunque sea en pequeñas cantidades.

Este principio debe observarse especialmente cuando se trate de sustancias que reaccionan violentamente con el agua, como los metales alcalinos, las sustancias tóxicas, incluyendo los:

- Derivados de metales pesados.
- Corrosivas, como ácidos y álcalis fuertes.
- Cancerígenas y mutágenos.
- No biodegradables y peligrosas para el medio ambiente acuático.

Para residuos químicos líquidos, ácidos, básicos o raramente corrosivos, cuando las cantidades a eliminar sean pequeñas, puede bastar su dilución previa con abundante agua, de forma que se llegue a una concentración máxima del 5 al 10%.

Para residuos sólidos, si no son tóxicos o nocivos, se eliminarán con los residuos normales, pero si son tóxicos, irritantes o nocivos para la salud por contacto o inhalación, se depositarán en recipientes adecuados con cierre hermético, para proceder a su eliminación a través de empresas especializadas y autorizadas en el tratamiento de residuos industriales.

En cualquier caso, consultar las disposiciones legales vigentes, nacionales, autonómicas y locales sobre esta materia.

I. Tratamiento de algunos residuos químicos

Medidas a tomar para el tratamiento de algunos productos químicos en caso de derrame o vertido.

i

Tratamiento de residuos químicos tras un derrame

- **Ácidos:** Neutralizar con carbonatos o hidróxido de calcio, diluir con agua y recoger con serrín.
- **Álcalis:** Neutralizar con ácido acético o productos específicos comercializados al efecto, diluir con agua y recoger con serrín.

- **Bromuro de etidio:** Recoger con carbón activo.
- **Líquidos inflamables:** Recoger preferentemente con tierra de diatomeas o carbón activo.
- **Mercurio:** Recoger con azufre o polisulfuro cálcico. Si se ha depositado en ranuras, aspirar y recuperar el metal.
- **Otros líquidos no corrosivos ni inflamables:** recoger con serrín.

C) RECOMENDACIONES DE CARÁCTER GENERAL SOBRE RESIDUOS

O

- Disponer de información e instrucciones para la eliminación de los residuos generados en el laboratorio.
- No guardar botellas vacías destapadas.
- No tirar productos químicos a las papeleras, ni papeles o restos de telas impregnados de tales productos.
- No acumular residuos de ningún tipo en lugares diferentes a los destinados a este fin.
- Los residuos peligrosos que no puedan inertizarse deberán ser retirados por un gestor autorizado, de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
- Considerar las disposiciones legales existentes a nivel local para residuos y desechos.
- Todos los residuos se etiquetarán adecuadamente indicando fecha y titular.
- Se almacenarán en lugar seguro y ventilado.
- Los recipientes si no están contaminados, se enjuagarán antes de desecharlos.
- No tirar productos ni telas o papeles impregnados a las papeleras.
- Los residuos punzantes y cortantes deberán depositarse en recipientes adecuados para evitar cortes y/o pinchazos.
- La eliminación de residuos radiactivos se atenderá a las características de cada isótopo, según se establece en las especificaciones referidas en la Memoria de Legalización de la Instalación.

5.2. Manipulación de gases en el laboratorio

Normalmente en el laboratorio se tienen botellas de gases para proporcionar CO₂ a incubadores de cultivos celulares y nitrógeno gaseoso para rellenar los tanques de nitrógeno líquido y poder mantener células criopreservadas.

La manipulación de botellas de gases la llevará a cabo el personal debidamente entrenado, ya que la utilización de estos elementos por personas inexpertas puede comportar riesgos graves, como fugas de gases tóxicos y nocivos, incendios y explosiones.

Las normas a seguir por el usuario de forma general serán:



- Se deberá leer la etiqueta para asegurarse que es la que se va a utilizar y en caso de duda sobre su contenido o forma de utilización consultar con el suministrador o con el responsable del laboratorio.
- Se comprobarán las fechas de caducidad y si lo estuviera será devuelta al proveedor según establece el Reglamento de Aparatos a Presión.
- Se devolverá inmediatamente al suministrador del gas si la botella presentase alguna hendidura o corte, estuviese deteriorada o marcada como consecuencia de un golpe accidental aunque no se haya llegado a utilizar.
- El usuario es responsable del correcto manejo y empleo del gas, así como del buen estado de conservación y mantenimiento de las botellas y accesorios.
- Se deberá establecer un programa de mantenimiento adecuado de canalizaciones y accesorios.
- Los acoplamientos serán los reglamentados por la ITC-MIE-AP7.
- Las botellas se situarán donde exista una ventilación adecuada y sólo estarán las botellas en uso y las de reserva.
- Antes de usar la botella se fijarán adecuadamente a fin de evitar caídas.
- La válvula, si no está en uso, permanecerá siempre cerrada.
- Si existe peligro de retroceso de otros gases o líquidos, deberá disponer de una válvula o dispositivo adecuado.
- La forma de abrir los grifos de las botellas será lentamente y de forma progresiva y se orientará la salida en posición opuesta al usuario y en ningún caso dirigido hacia las personas que se encuentren en las proximidades. En el caso de que se presente alguna dificultad en la apertura, se devolverá al suministrador sin forzarla ni emplear herramienta alguna.

- No se deben engrasar los grifos de las botellas, ya que algunos gases, como el oxígeno, reaccionan violentamente con las grasas, produciendo explosiones.
- Todos los equipos, canalizaciones y accesorios, serán los adecuados para el gas a utilizar y la presión de uso.
- No se utilizarán caudales superiores a los prescritos por el suministrador.
- Antes de desconectar una botella, se cerrará la válvula y se quitará la presión al manorreductor.
- Nunca se emplearán llamas para detectar fugas y si ésta fuera por la válvula, se cerrará y se avisará al suministrador. Si no es posible contener la fuga, se seguirán las medidas indicadas por el suministrador.
- Se mantendrán alejadas de temperaturas extremas sin el consentimiento del suministrador.
- Se le comunicará al suministrador la posible entrada de cualquier sustancia.
- Se prohibirá fumar durante la manipulación y uso de botellas que contengan gases inflamables o combustibles.
- Se prohíbe desmontar válvulas, pasar gases de una botella a otra por personal no experto en esta materia. Así mismo se prohíbe soldar piezas a las botellas.
- No se cambiarán ni quitarán marcas puestas por el suministrador.
- El personal encargado de manipular gases tóxicos y/o corrosivos dispondrá de máscara respiratoria con filtro adecuado o un aparato de respiración autónomo. Estos equipos se situarán en un lugar próximo y fácilmente accesible.
- Se recomienda el uso de calzado y guantes de protección.

En el caso de que se produjera una fuga en una botella de gas será necesario intervenir rápidamente, siguiendo los pasos que se indican:

- Identificar el gas.
- Aprovecharse de los equipos necesarios de protección como es un equipo de respiración autónomo para gases tóxicos, nocivos o corrosivos.

En caso de fuga de gas se deberán seguir las siguientes pautas representadas en la figura 18:

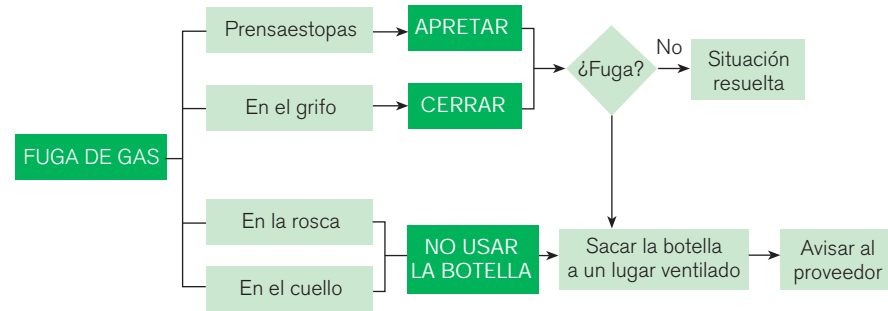


Figura 18. Esquema de actuación frente a una fuga de gas. (Fuente Universidad Rioja)



Figura 19. Representación de botella de gas de CO₂ y una botella de nitrógeno gaseoso con un tanque de nitrógeno líquido.

6

CONDUCTA ANTE UN INCENDIO

6.1. Actuaciones a realizar frente a un incendio.

- A) Comportamiento ante un incendio en un laboratorio donde existan botellas de gases.
- B) Plan de Evacuación-Emergencia-Seguridad.

6.1. Actuaciones a realizar frente a un incendio

Cuando se produzca un incendio en el laboratorio lo primero que se tiene que realizar es dar inmediatamente la alarma al resto de los trabajadores que estén en el laboratorio y a la autoridad competente.

Si se puede, se deberán apagar los fuegos pequeños tapándolos sin utilizar agua.

El modo de actuar va a depender del tipo de fuego con el que nos podemos encontrar. Así tenemos:

Clasificación de los fuegos (figura 20):

- **Sólidos.** Estos fuegos se denominan fuegos de clase A. Son los que se producen en combustibles sólidos que producen brasas. Dentro de este tipo tenemos: papel, cartón, madera, plásticos, etc.
- **Líquidos inflamables.** Estos fuegos se clasifican como fuegos de clase B. Van a ser fuegos que se producen en combustibles líquidos. Se destaca: aceites vegetales, derivados del petróleo, etc.
- **Gases.** Son fuegos de clase C. Son los que se producen por gases y serían: butano, acetileno, metano, propano, etc.
- **Metales combustibles.** Son fuegos de clase D. Se producen por metales y aleaciones, por ejemplo: magnesio, potasio, sodio, etc.

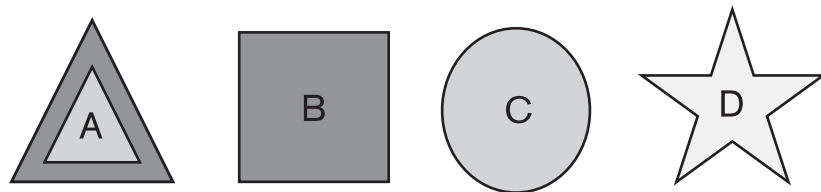


Figura 20. Representación de los diferentes tipos de fuegos.

Así mismo, se deberá escoger adecuadamente el tipo de extintor, recordando el modo de empleo y la duración de la carga. No utilizar nunca sobre una persona.

A. Extintor de CO₂ o nieve carbónica



B. Extintor de polvo ABC



Figura 21. Tipos de extintores.

Los extintores de polvo son adecuados para casi todos los tipos de incendio que te puedes encontrar. Por este motivo es el más utilizado.

Los extintores de CO₂ son apropiados para equipos delicados, ya que los estropean menos que otros agentes extintores. No obstante, son menos eficaces que los de polvo.

En el caso de que se prendiera fuego la ropa:



- Tenderse en el suelo y rodar sobre sí mismo para apagar las llamas.
- No correr ni intentar llegar a una ducha de emergencia, salvo que esté muy cercana.
- Si se dispone en el laboratorio, se cubrirá con una manta apagafuego a la persona, se llevará a una ducha de emergencia o se hará rodar por el suelo. Una vez apagado el fuego, mantener a la persona tendida procurando que no coja frío y proporcionarle asistencia médica.

A



B



Figura 22. (A) Representación de una manta ignífuga o apagafuegos. (B) Como actuar si se prenden las ropas.

En el caso de tener que evacuar el laboratorio, cerrar las puertas al salir.

A) **COMPORTAMIENTO ANTE UN INCENDIO EN UN LABORATORIO DONDE EXISTAN BOTELLAS DE GASES**

En el caso de producirse un incendio en el laboratorio, nos vamos a encontrar con una elevada temperatura que va a provocar un aumento de la presión interna de la botella pudiendo explotar ésta.

Las botellas que puedan activar el fuego no deberán abrirse, cerrando las que estén en servicio. Siempre que se pueda se desalojarán de la zona del incendio y si se han calentado se refrigerarán con chorro de agua fría para disminuir la presión interna, avisando de ello al suministrador.

En caso de intervenir el Cuerpo de Bomberos se les advertirá de la presencia de éstas, indicándoles, cuántas son, dónde están y contenido.

B) **PLAN DE EVACUACIÓN-EMERGENCIA-SEGURIDAD**

El laboratorio debe disponer de su propio plan de emergencia o estar incluido en el del edificio o empresa en los que se halle ubicado. Si se trata del laboratorio de un hospital o un centro docente, por ejemplo, existen normativas específicas sobre el desarrollo de los planes de emergencia de este tipo de edificios.

El desarrollo del plan de emergencia lleva implícita una política sobre protección de incendios, evacuación y señalización contenida en la *NBE-CPI/96* y anteriores y en los *R/D 485/1997* sobre señalización y *R/D 486/97* sobre lugares de trabajo. Será necesario un programa de implantación con simulacros periódicos para comprobar la eficacia del plan, la organización de un equipo de primera intervención, etc.

7

CONDUCTA ANTE UN ACCIDENTE

7.1. Consideración de accidente de trabajo y enfermedad profesional.

A) Accidentes con exposición a sangre y fluidos corporales contaminados:

- I. Seguimiento analítico del trabajador que ha sufrido el accidente laboral.
- II. Consentimiento informado al trabajador que ha sufrido el accidente. Inicio del tratamiento.
- III. Situaciones especiales.

B) Accidente laboral por exposición a químicos:

- I. Derrames.
- II. Salpicaduras.
- III. Cortes.
- IV. Ingestión.
- V. Inhalación.

7.2. Normas de vigilancia de trabajadores que manipulan agentes biológicos de riesgo 3 y 4.

7.1. Consideración de accidente de trabajo y enfermedad profesional

Existe una serie de leyes vigentes sobre la definición de accidente de trabajo y enfermedad profesional que data de la década de los setenta. El Cuadro de Enfermedades Profesionales en el Sistema de la Seguridad Social fue aprobado por *Real Decreto del 12 de mayo de 1978*, y corregido por el *Real Decreto del 27 de noviembre de 1982*. Debido a que en ninguna de estas fechas se había conocido el VIH como enfermedad transmisible, aunque cumple indudablemente los criterios de enfermedad profesional, no se especifica en el listado del Cuadro de Enfermedades Profesionales en el Sistema de la Seguridad Social.

La definición de accidente de trabajo y de enfermedad profesional se recoge, respectivamente, en los artículos 84 y 85 de la *Ley General de la Seguridad Social, Decreto 2065/74, B.O.E. de 30 de mayo de 1974*.

Desde este punto de vista no cabe duda acerca de la consideración de la infección por el VIH, al igual que las hepatitis infecciosas ocupacionales como enfermedades profesionales con los derechos que la legislación prevé. Sin embargo, para ganar dicha consideración se debe probar el origen profesional de la infección.

Para ello, se tendrá que desarrollar un correcto seguimiento médico y epidemiológico de la enfermedad.

A) ACCIDENTES CON EXPOSICIÓN A SANGRE Y FLUIDOS CORPORALES CONTAMINADOS

Ante un accidente laboral con riesgo de exposición a sangre o fluidos corporales contaminados, se debe aplicar el siguiente protocolo:

i

Protocolo tras un accidente con fluidos/sangre contaminados

- Limpieza de la herida. La exposición puede haber sido en:
 - Exposición percutánea. La zona donde más se producen los accidentes sería en las manos por pinchazos. Tras el contacto accidental con sangre u otros fluidos, hay que quitarse los guantes, comprimir la herida para que fluya sangre al exterior y lavarse cuidadosamente la herida con iodo (p. ej.: povidona yodada) y agua. El yodo va a ser activo frente a bacterias, micobacterias, virus lipídicos y no lipídicos, así como frente a esporas. En aquellas personas alérgicas al iodo se puede emplear la cloramina.
 - Salpicaduras en la mucosa conjuntival. Lavado con agua y aplicación de colirio de povidona yodada al 10% que producirá un escozor intenso si no se ha aplicado un anestésico previo.
 - Mucosa bucal se realizarán enjuagues con povidona yodada al 10%.
 - Exposición cutánea. Lavado con agua y jabón.

- Quimioprofilaxis con antirretrovirales según pauta postexposición (VIH).
- Vacunación frente a la hepatitis B. Debe ser ofertada y muy aconsejada a todo el personal sanitario que no esté inmunizado contra este virus, dada su altísima eficacia de protección y ausencia de efectos secundarios.

El riesgo de que por un mismo pinchazo el paciente contraiga la hepatitis B es 100 veces mayor de contraer el VIH. Ante la duda de una correcta vacunación previa debe considerarse al paciente no vacunado: inyección de gammaglobulina específica antihepatitis B e iniciar la primera dosis de vacunación.

- Comunicación al Servicio de Prevención. Con la comunicación al Servicio de Prevención se podrá tener un control epidemiológico adecuado, así como obtener el reconocimiento legal de la posible enfermedad profesional a la que diera lugar una futura seroconversión. Para este fin, se debe dar parte del accidente laboral al Departamento de Medicina Preventiva y Epidemiología del propio hospital o a la autoridad sanitaria competente dentro de las 24-48 horas siguientes y se realizará una ficha epidemiológica. Los datos que deben recogerse para notificar el accidente laboral son:
 - Fecha y hora de la exposición accidental.
 - Trabajo que se estaba realizando en el momento del accidente y si el material estaba infectado por VIH y/o el virus de la hepatitis B o hepatitis C.
 - Si la exposición ha sido muco-cutánea o por pinchazo, la extensión y duración del contacto y la condición de la piel (intacta, erosionada, etc.).
 - La cantidad de fluido que se ha inoculado y la profundidad de la inoculación.
 - El estado de profilaxis contra la hepatitis B y de otro tipo de virus.

El Departamento de Medicina Preventiva y Epidemiología seguirá al trabajador infectado. En general, la persona que ha tenido una exposición accidental debe recibir consejo, tratamiento y seguimiento adecuado. Para ello, el Departamento de Medicina Preventiva va a ofrecer las mejores garantías para completar el seguimiento y van a asegurar al trabajador la máxima confidencialidad de sus resultados.

I. Seguimiento analítico del trabajador que ha sufrido el accidente laboral

Tras haber sufrido el accidente laboral, se tendrá que hacer un seguimiento de la serología del individuo que ha sido expuesto a sangre o fluido contaminante.

i

En el mínimo de tiempo posible se realizará incluso un test rápido, si es necesario, para tener los resultados antes de dos horas. No es necesaria la detección de RNA-VIH de forma sistemática.

- En el caso de que el paciente sea VIH+ conocido, es fundamental saber la situación inmunoviológica del paciente: cifra de CD4, carga viral, si está recibiendo tratamiento antirretroviral o no, y qué tratamiento, así como su historia farmacológica y los motivos de cambio de tratamiento (resistencias ó intolerancia).
 - Si no se puede conocer la situación serológica del paciente fuente se debe actuar como si estuviese infectado.
- Evaluación del riesgo de transmisión ocupacional de VHB y/o VHC
 - El VIH comparte las vías de transmisión con el VHB y el VHC, por lo que se deberá realizar la valoración de la situación con respecto a ambos tipos de hepatitis. El riesgo de transmisión también depende del tipo de exposición, del paciente fuente y de las características de la persona expuesta.
 - La evaluación de la exposición de riesgo es la misma en cuanto a la forma y el tipo de exposición.
 - Es fundamental evaluar de forma correcta la presencia de la infección en el paciente fuente. Si se desconoce el estado serológico, se debe realizar una extracción de sangre para realizar una serología previa solicitud de consentimiento informado, y poder tener acceso a los resultados en un periodo mínimo de tiempo. No es necesaria la determinación de DNA-VHB ó RNA-VHC de forma sistemática. Únicamente estaría indicado en el caso de que el paciente se encuentre en situación de inmunodepresión avanzada o presente otras enfermedades que se asocien con la posibilidad de un resultado falso negativo de la serología. Si el paciente no da el consentimiento para la realización de las determinaciones serológicas, sea desconocido o no pueda realizarse, debe considerarse la fuente como infectada.

Estas recomendaciones se basan en las publicadas por el Ministerio de Sanidad y Consumo en el documento de consenso *Recomendaciones de la SPNS/GESIDA/AEP/ CEEISCAT/SEMP sobre la profilaxis postexposición frente al VIH, VHB y VHC en adultos y niños* (Enero 2008).

II. Consentimiento informado al trabajador que ha sufrido el accidente. Inicio del tratamiento

Tendrán que firmar un consentimiento informado todos aquellos trabajadores que hayan sufrido un accidente laboral por manipulación con el VIH y accedan al tratamiento correspondiente. En este consentimiento informado se tendrá que informar al trabajador de todos los aspectos relacionados con el tratamiento, y el riesgo de infección por el VIH si prefiriera no seguir el consecuente tratamiento antirretroviral.

La Profilaxis Post-Exposición (PPE) puede ser una medida secundaria para prevenir la infección por el VIH cuando la prevención primaria ha fallado. Sólo se aconseja en personas con una exposición de riesgo al VIH alta, esporádica y excepcional.

Se resumen a continuación algunas de las consideraciones y recomendaciones al respecto recogidas en el documento de consenso, editado por el Ministerio de Sanidad y Consumo: *Recomendaciones de la SPNS/GESIDA/AEP/ CEEISCAT/SEMP sobre la profilaxis postexposición frente al VIH, VHB y VHC en adultos y niños* (Enero 2008).

i

La profilaxis post-exposición ocupacional (PPEO) constituye la segunda línea de actuación en los casos en los que la profilaxis primaria ha fallado.

La eficacia del tratamiento antirretroviral, en la prevención de la transmisión del VIH, se basa en la experiencia obtenida en estudios realizados en animales y en los excelentes resultados de la prevención de la transmisión materno-fetal.

• Riesgo de transmisión por el VIH:

Los principales riesgos se asocian a pinchazos profundos, agujas utilizadas para acceso venoso o arterial en el paciente fuente, contaminación visible del material con sangre e infección avanzada por VIH del paciente fuente.

- El porcentaje de seroconversión después de exposición percutánea es de 0,3%, siendo mayor del 0,3% si la exposición es de alto riesgo como es: aguja hueca y gruesa, pinchazo profundo, sangre visible, aguja usada en vena o arteria, SIDA avanzado o de alta carga viral.
- Después de una exposición en mucosa es de 0,1%.

• Profilaxis post-exposición.

- Se ha demostrado que la PPE con zidovudina (AZT) disminuye en un 81% el riesgo de transmisión en los trabajadores sanitarios después de una exposición percutánea.
- En el caso del VHB la actuación va a depender de la situación tanto del paciente fuente como de la persona expuesta de forma accidental. Si la pauta de vacunación VHB es correcta no debe efectuarse seguimiento, salvo por las posibles implicaciones legales; debe realizarse estudio serológico al inicio y a los 6 meses.

En cuanto al VHC, en estos momentos no se dispone de ninguna medida eficaz de profilaxis postexposición. No se recomienda el uso de inmunoglobulina polivalente ni de antivirales después de una exposición accidental a sangre ó fluidos corporales de un paciente con infección por VHC.

- Otras recomendaciones:
 - Se deberán adoptar las precauciones estándar para el cuidado de los pacientes.
 - Mientras que dure el seguimiento se deberá utilizar preservativo para las relaciones sexuales, con el fin de evitar la transmisión y el embarazo.
 - No se podrá donar sangre, tejidos, plasma, semen u órganos.
 - En caso de mujeres lactantes, se debe advertir del riesgo de transmisión a través de la leche, aconsejando el abandono de la lactancia en exposiciones intensas.
 - Durante el seguimiento deberá comunicar al Servicio de Prevención cualquier enfermedad aguda que le ocurra, particularmente si se trata de fiebre, rash, mialgias, fatiga o linfadenopatías, o cualquier otro efecto secundario debido al tratamiento profiláctico (dolor abdominal, dolor al orinar, orina colúrica o síntomas de hiperglucemia).
 - En caso de que le ocurra un incidente con derramamiento de sangre, deberá advertir que tiene que ser atendido con guantes.

III. Situaciones Especiales

i

- Resistencia a drogas de la fuente de exposición.
 - No se sabe exactamente si la resistencia a drogas influye en el riesgo de transmisión, pero hay que considerarla.
 - Si la fuente de exposición es conocida o sospechosa de resistencias a una o más drogas incluidas en el régimen de profilaxis, se seleccionará a las que no se tenga resistencia. Y se añadirá una tercera o cuarta droga al régimen hasta la consulta con un experto clínico en el tratamiento de infección del VIH.
 - Si la resistencia es a una clase de drogas antirretrovirales, se puede considerar la posibilidad de añadir al régimen de profilaxis básico o a otra clase de drogas.
 - Está fuertemente recomendado que la profilaxis post-exposición comience a pesar del estado de resistencia de la fuente.

- Si la trabajadora que ha sufrido el accidente estuviera embarazada.

Es aconsejable que si se conoce que una trabajadora está embarazada deje de manejar muestras o cultivos que contengan ciertos microorganismos, entre ellos el VIH. No obstante, existen situaciones donde se desconoce si la mujer está embarazada en el momento del accidente. El embarazo no excluye el uso óptimo del tratamiento antirretroviral y no por ello se le debe negar el tratamiento.

- A la embarazada se le debe proporcionar información acerca de los beneficios y los riesgos del tratamiento tanto para ella como para el feto.
- La elección de los antirretrovirales es complicada por los cambios fisiológicos que se dan en el embarazo y los efectos a largo y corto plazo que se originan para el feto y recién nacido.

Tales consideraciones deben ser discutidas con la trabajadora embarazada incluyendo:

- El riesgo de transmisión basado en el tipo de exposición.
- El estadio del embarazo: El primer trimestre es el periodo de máxima organogénesis y riesgo de teratogénesis.
- La farmacocinética, seguridad y tolerancia de las drogas en el embarazo.
- Según las recomendaciones del Ministerio de Sanidad y Consumo, (2008), los fármacos con mayor experiencia en mujeres embarazadas son zidovudina, lamivudina, nelfinavir y lopinavir-ritonavir.

En cuanto al VHC, en estos momentos no se dispone de ninguna medida eficaz de profilaxis postexposición. No se recomienda el uso de inmunoglobulina polivalente ni de antivirales después de una exposición accidental a sangre ó fluidos corporales de un paciente con infección por VHC.

La mejor forma de prevenir la transmisión ocupacional es evitar la exposición al agente biológico en cuestión. Para ello se debería promover, en cada laboratorio o institución, la asignación de recursos para:

1. Educación y entrenamiento de todo el personal en las precauciones universales que se deben seguir en cualquier situación en que una persona pueda entrar en contacto con líquidos potencialmente contaminados, como sangre ó cualquier fluido o tejido contaminado con sangre, semen, flujo vaginal, líquido cefalorraquídeo, sinovial, pleural, peritoneal, pericárdico ó amniótico.
2. Disponibilidad de los materiales necesarios para actuar como barrera (guantes, mascarilla adecuada, batas y gafas protectoras), así como contenedores de material desechable potencialmente contaminado.
3. Garantizar el asesoramiento y la asistencia las 24 horas del día con disponibilidad de diagnóstico serológico en menos de 2 horas.
4. Facilitar el acceso a la medicación en los casos necesarios en los plazos establecidos
5. Establecer los protocolos de seguimiento adecuados.
6. Disponer de profesionales encargados de la atención y seguimiento de los casos de exposición ocupacional (Servicios de Medicina Preventiva y/o Salud Laboral y en su ausencia, profesionales cualificados para realizar esta labor).
7. Establecer criterios de notificación centralizada para crear un registro y valorar la eficacia de las intervenciones.

B) ACCIDENTE LABORAL POR EXPOSICIÓN A QUÍMICOS

Según cuál sea la sustancia o el preparado de que se trate se necesitará información sobre:

- **Precauciones individuales.** Alejarse de las fuentes de inflamación, suficiente ventilación/protección respiratoria, lucha contra el polvo, prevención de contacto con la piel los ojos.
- **Precauciones para la protección del medio ambiente.** Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas, así como del suelo; eventual alerta al vecindario.
- **Métodos de limpieza.** Utilización de materiales absorbentes, por ejemplo: arena, tierra de diatomeas, aglomerante ácido, aglomerante universal, serrín, etc., eliminación de los gases/humos con protección de agua, dilución.

En el laboratorio siempre se tendrá a disposición del personal laboral las frases R y S de los productos químicos para consultar en caso de duda. Es necesario dar indicaciones visibles para todo el personal laboral del tipo: *no utilice nunca...*, *neutralice con...*

I. Derrames

Líquidos inflamables

Los líquidos inflamables deben ser absorbidos con carbón activo o productos específicos y alejar cualquier foco de calor. No se empleará serrín.

- **Ácidos.** Se deben recoger con la máxima rapidez debido a los posibles vapores y al contacto directo.

- Neutralizar con bicarbonato sódico o emplear productos específicos comercializados para su neutralización o absorción. Si por casualidad se ha producido un derrame sobre la piel, sería exponer la zona afectada al chorro de agua del grifo durante cinco o diez minutos.
- Las duchas de emergencia serán utilizadas en los casos en que la zona afectada del cuerpo sea grande. Es necesario quitar la ropa contaminada de la persona afectada mientras esté bajo la ducha. Si se produjesen quemaduras se precisará la asistencia médica.
- No utilizar cremas ni pomadas grasas en las quemaduras graves.

- **Bases**

- Emplear productos específicos comercializados para su neutralización y absorción.
- Otra posibilidad sería neutralizar con abundante agua que lleve ácido clorhídrico diluido (0.1M) o ácido sulfúrico diluido (0.1M). Posteriormente lavar la superficie con abundante agua y detergente.

- **Mercurio (procedimiento específico)**

- Recoger con polisulfuro cálcico, amalgamantes (forma comercial en estropajos) o azufre.
- Otra posibilidad sería recoger con una pipeta Pasteur guardando el metal en un recipiente cerrado herméticamente.

Otros líquidos no corrosivos ni inflamables

Se puede utilizar el serrín para neutralizar o absorber estos líquidos.

II. Salpicaduras

En piel y ojos

- Deben lavarse con abundante agua (si es en los ojos, mediante un lavaojos).
- No intentar neutralizar.
- Acudir al médico con prontitud.

En bata o vestidos

- Debe quitarse rápidamente la ropa, lavándola, o colocarse bajo la ducha, según la magnitud de la impregnación.
- Si hay contacto con la piel, lavar la zona afectada y acudir al médico.

III. Cortes

- Se deberán lavar con abundante agua corriente durante diez minutos como mínimo.
- Si son pequeños y dejan de sangrar en poco tiempo, lavar con agua y jabón y taponarlos con una venda o apósito adecuados.
- Si son grandes y no dejan de sangrar, se requiere asistencia médica inmediata.

IV. Ingestión

- Si es un ácido o una base: beber abundante agua, salvo que la sustancia ingerida reaccione con ella.
- No provocar el vómito, salvo indicación expresa.
- Disponer de información sobre los productos que se manipulan, consultando a un servicio de información toxicológica cuando sea posible.
- Si la persona está inconsciente, ponerla en posición inclinada con la cabeza de lado y estirarle la lengua hacia fuera. Taparla para que no coja frío.
- Acudir al médico con una etiqueta del producto.

V. Inhalación

- Conducir a la persona afectada a un lugar con aire fresco.
- Al primer síntoma de dificultad respiratoria, iniciar la respiración artificial boca a boca.
- Tratar de identificar el vapor tóxico.

7.2. Normas de vigilancia de trabajadores que manipulan agentes biológicos de riesgo 3 y 4

Se utilizan los programas de vigilancia médica que se emplean para los microorganismos del Grupo de Riesgo II y se aplica también a los laboratorios de contención añadiendo las siguientes modificaciones:

- El reconocimiento médico es indispensable para todo el personal comprendiendo una historia clínica detallada y un examen físico. Hay que obtener una muestra de suero y conservarla con fines de referencia.
- Hay que establecer una lista de los trabajadores expuestos a agentes biológicos de los grupos 3 ó 4, indicando el tipo de trabajo efectuado y, cuando sea posible, el agente biológico al que hayan estado expuestos, así como registros en los que se consignen las exposiciones, accidente e incidentes.

La lista se conservará durante un plazo mínimo de diez años después de finalizada la exposición. En los casos de exposiciones que pudieran dar lugar a infección persistente o latente, que se manifieste muchos años después, que dé lugar a una enfermedad con fases de recurrencia o que pueda tener secuelas importantes a largo plazo; la lista se conservará durante un plazo adecuado más prolongado, de hasta cuarenta años después de la última exposición conocida.

Las personas sometidas a un tratamiento con inmunosupresores no deben trabajar en laboratorios de contención.

Según el Manual de Bioseguridad en el Laboratorio de la O.M.S., una vez pasado el reconocimiento médico con un informe favorable, se entregará a la persona examinada una **"tarjeta de contacto médico"** en la que se declare que trabaja en un laboratorio de contención. Conviene que el titular lleve siempre esta tarjeta consigo.

INFORMACIÓN PARA EL MÉDICO	INSTRUCCIONES PARA EL TITULAR DE LA TARJETA
TITULAR DE LA TARJETA..... (Nombre y apellidos)	NO SE SEPARE NUNCA ESTA TARJETA Y PRESENTELA SIEMPRE EN CASO DE CONSULTA MÉDICA
ESTA EMPLEADO EN..... (Nombre del laboratorio, señas y nº teléfono)	
En caso de enfermedad, debe tenerse en cuenta la posibilidad de una infección contraída en el laboratorio. Le rogamos que entre en contacto lo antes posible con una de las siguientes personas:	
1 Nombre y apellidos y nº teléfono.	
2 Nombre y apellidos y nº teléfono.	

Figura 23. Tarjeta de contacto médico. (NTP-376)

8

RIESGOS ERGONÓMICOS

8.1. Introducción.

- A) Objetivos de ergonomía en un laboratorio de investigación.
- B) Consecuencias por una deficiente ergonomía.
- C) Trabajo repetitivo o LER.

8.2. Evaluación de riesgos.

- A) Identificación de los riesgos.
- B) Análisis y cuantificación de los grados de riesgo:
 - I. Métodos de evaluación.

8.3. Riesgos generales.

- A) Riesgos derivados de las condiciones ambientales:
 - I. Humedad y temperatura.
 - II. Ventilación.
- B) Condiciones de iluminación.
- C) Riesgo por la utilización de PVDs:
 - I. Posturas incorrectas ante la pantalla.
 - II. Estatismo postural.

8.4. Diseño del puesto de trabajo.

- A) Posturas adoptadas.
- B) Diseño del puesto ante una PVD:
 - I. Elementos del puesto.
 - II. Iluminación en el puesto de trabajo con PVDs.
- C) Factores que influyen respecto a la organización del puesto de trabajo.

8.5. Medidas preventivas.

- A) Sillas y estanterías:
 - I. Sillas.
 - II. Estanterías.
- B) Ventanas del laboratorio.
- C) Puertas:
 - I. Entrada y salida del laboratorio.
 - II. Sentido de apertura.
- D) Color del techo, paredes, suelo y mobiliario.
- E) Iluminación.
- F) Vibraciones y ruidos externos e internos al edificio.
- G) Corrientes de aire.
- H) Variaciones importantes de la humedad y la temperatura.
- I) Movimientos repetitivos (LER).
- J) Dolores oseomusculares.

8.1. Introducción

La ergonomía es el estudio que se realiza sobre la relación que existe entre el lugar de trabajo y los trabajadores. Ayuda a determinar cómo diseñar o adaptar el lugar de trabajo al trabajador y de esta forma se van a evitar distintos problemas de salud, además de aumentar la eficacia en el trabajo. Con la ergonomía se van a aplicar los principios de biología, psicología, anatomía y fisiología, para suprimir las situaciones de incomodidad, fatiga o mala salud.

Normalmente el diseño de un laboratorio se centra más en una forma que no conlleve un riesgo en la salud debido a sustancias químicas, biológicas o físicas, que dependiendo de su concentración e intensidad van a provocar lesiones o enfermedades. Pero se presta poca atención al diseño ergonómico. Si se diseñaran de forma que los trabajadores se sentaran de una forma correcta, tuvieran posiciones adecuadas y un ambiente de iluminación, color y sonido correctos, se evitarían lesiones a largo plazo y discomfort en los trabajadores.

Para diseñar el puesto de trabajo:

- Manera en que se efectúan las tareas.
- El contenido de éstas.
- Los métodos con los que se manipula o instala el equipo.
- Establecimiento de horarios laborales.
- El equipo para efectuar un trabajo.

El objetivo es diseñar cada puesto de trabajo teniendo en cuenta que las personas tienen distintas alturas, formas, tallas y distinta fuerza. Normalmente, las herramientas, máquinas, equipos y lugares de trabajo se encuentran mal diseñados. Es importante considerar estas diferencias para proteger la salud y la comodidad de los trabajadores.

A) OBJETIVOS DE ERGONOMÍA EN UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

En un laboratorio no sólo se tienen que tener en cuenta los riesgos biológicos para evitar que se produzcan accidentes laborales. También es muy importante el estudio de las condiciones de trabajo que tiene el personal de laboratorio. Van a estar relacionadas con:

i

Condiciones de trabajo:

- Iluminación.
- Ruido.
- Temperatura.
- Vibraciones.
- Diseño del lugar de trabajo, herramientas, máquinas, asientos, calzado y en sí mismo el puesto de trabajo.
- Sistema de trabajo en turnos, las pausas y los horarios de comidas.

El trabajo en un laboratorio de investigación es, en gran medida, un trabajo de tipo manual. Lo ideal es aplicar la ergonomía al concebir un puesto de trabajo. Aunque existan muchas máquinas que ayudan a los trabajadores a realizar el trabajo, el procesamiento de las muestras como la sangre, la orina, etc., se realiza manualmente. Una de las consecuencias del trabajo manual, además del aumento de la mecanización, es que cada vez hay más trabajadores que padecen dolores de espalda, dolores de cuello, inflamación de muñecas, brazos, piernas y tensión ocular.

Cuando se proyecta un laboratorio nuevo, o bien se reforma uno ya existente, deben combinarse la ubicación, situación y espacio disponible con los aspectos relativos a la protección de la salud y el medio ambiente, así como con la actividad y funcionalidad del laboratorio.

Además, los laboratorios disponen normalmente de una serie de instalaciones o servicios generales de gas, agua, aire acondicionado, vacío, electricidad, etc. Se tendrá que comprobar que se cumplen las normativas de carácter estatal, autonómico o local, que se hallen en buen estado, y estén sometidos a un mantenimiento adecuado y no generen riesgos.

B) CONSECUENCIAS POR UNA DEFICIENTE ERGONOMÍA

De forma general, cuando no existen condiciones ergonómicas aceptables en el puesto de trabajo se van a generar situaciones como:

- Lesiones y enfermedades provocadas por herramientas y puestos de trabajo mal diseñados o inadecuados. Se desarrollan a menudo con el paso del tiempo.
- Lesiones y enfermedades provocadas por un trabajo repetitivo y denominadas “lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos” (LER).
- Graves lesiones en manos, muñecas, articulaciones, espalda u otras partes del organismo.

Situaciones como vibraciones, tareas repetitivas, giros, posiciones de trabajo forzadas, fuerza o presión excesiva, levantar o empujar cargas pueden provocar lesiones y enfermedades que se desarrollen a lo largo del tiempo.

Es habitual que el trabajador no disponga de suficiente información sobre lesiones y enfermedades relacionadas con la ergonomía, y, por tanto, el trabajador no va a reconocer los síntomas habituales con las condiciones de trabajo que las causan.

Normalmente antes de la aparición de lesiones graves en el trabajador, éste tendrá señales y síntomas durante mucho tiempo que indiquen que hay algo que no va bien. El trabajador se encontrará incómodo mientras realiza su trabajo o sentirá dolores en los músculos o las articulaciones después del trabajo. Además, puede tener pequeños tirones musculares durante bastante tiempo. Es importante investigar los problemas de este tipo porque lo que puede empezar como una mera incomodidad puede acabar, en algunos casos, en lesiones o enfermedades que lo incapaciten.



Lesiones producidas por:

- Empleo repetido a lo largo del tiempo de herramientas y equipos vibratorios. Por ejemplo, si no está bien diseñada una cabina de flujo, o está situada en un lugar inadecuado, se pueden producir vibraciones.
- Herramientas y tareas que exigen girar la mano con movimientos de las articulaciones. Por ejemplo, al pipetear, abrir tubos.
- Aplicación de fuerza en una postura forzada. Como sería cerrar tubos para microcentrifuga.
- Aplicación de presión excesiva en partes de la mano, la espalda, las muñecas o las articulaciones.
- Trabajar con los brazos extendidos o por encima de la cabeza. Sería, por ejemplo, recogida de halos tras centrifugar en gradiente de densidad.

- Trabajar echados hacia delante. Por ejemplo, al trabajar frente a un ordenador.
- Levantar o empujar cargas pesadas.

En la siguiente tabla se describen las principales lesiones que se pueden desarrollar por una falta de ergonomía.

TABLA 14. Principales lesiones por un mal diseño del puesto de trabajo

LESIONES	SÍNTOMAS	CAUSAS TÍPICAS
BURSITIS Inflamación entre piel y hueso o hueso y tendón.	Inflamación (rodilla, codo u hombro).	Arrodillarse, presión sobre codo o movimientos repetitivos de hombros.
CELULITIS Infección de la palma de la mano.	Dolores e inflamación de la palma de la mano.	Herramientas manuales (martillos y palas) junto con abrasión.
CUELLO U HOMBROS TENSOS	Dolor localizado en el cuello o en hombros.	Mantener una postura rígida.
DEDO ENGATILLADO Inflamación de tendones y/o vainas de los tendones de los dedos.	Incapacidad de mover libremente los dedos, con o sin dolor.	Movimientos repetitivos. Agarre de objetos (demasiado tiempo, fuerza o frecuencia).
EPICONDILITIS Inflamación del hueso y el tendón. “Codo de tenista”.	Dolor e inflamación en el lugar de la lesión.	Tareas repetitivas. Empleos agotadores.
GANGLIOS Quiste en articulación o en vaina de tendón.	Hinchazón dura, pequeña y redonda, normalmente no produce dolor.	Movimientos repetitivos de mano.
ARTITRIS Inflamación de la articulación.	Rigidez y dolor en espina dorsal, cuello y otras articulaciones.	Artrosis en articulación sobreutilizada (asociación a fenómenos inflamatorios articulares).
SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO BILATERAL Presión sobre los nervios que se transmiten a la muñeca.	Hormigueo, dolor y entumecimiento de los dedos sobre todo de noche.	Trabajo repetitivo con muñeca encorvada. Instrumentos vibratorios. A veces con tendosinovitis.
TENDINITIS/ TENDOSINOVITIS Inflamación de estructuras periarticulares.	Dolor, inflamación, reblandecimiento y enrojecimiento de mano, muñeca y/o antebrazo. Dificultad para utilizar la mano.	Movimientos repetitivos (no agotadores). Aumento repentino de trabajo o implantación de nuevos procedimientos.

El síndrome del túnel carpiano es una de las lesiones más frecuentes y se produce por la compresión del nervio mediano a su paso por el túnel del carpo, siendo sus causas muchas y variadas. En relación con el trabajo, una de las más frecuentes es la compresión del nervio por los tendones flexores de los dedos.

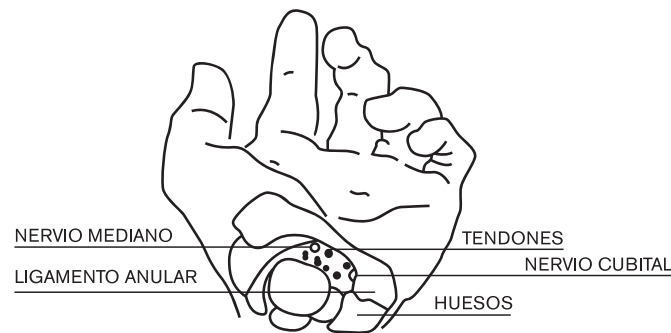


Figura 24. Estructura de la muñeca (ficha teórica del INSHT).

C) TRABAJO REPETITIVO O LER

Las lesiones provocadas por un tipo de trabajo repetitivo se denominan **“lesiones provocadas por esfuerzos repetitivos” o “LER”**. Es causa habitual de lesiones y enfermedades del sistema oseomuscular y en general están relacionadas con la tensión. Son muy dolorosas y pueden incapacitar permanentemente.

En las primeras fases de una LER el trabajador puede sentir únicamente dolores y cansancio al final del trabajo. Según va empeorando pueden padecer grandes dolores y debilidad en la zona del organismo afectada. Esta situación puede volverse permanente y avanzar hasta un punto tal que el trabajador no pueda realizar sus tareas.

Procedimientos para evitar las lesiones LER:

- Suprimiendo los factores de riesgo de las tareas laborales.
- Disminuyendo el ritmo de trabajo.
- Trasladando al trabajador a otras tareas, o bien alternando tareas repetitivas con tareas no repetitivas a intervalos periódicos. Se puede aumentar el número de pausas en una tarea repetitiva.

La prevención de la aparición de las LER debe ser el primer objetivo, ya que las intervenciones quirúrgicas no dan muy buenos resultados y no evita que si el trabajador vuelve a realizar la misma tarea que provocó el problema ésta aparezca de nuevo.

8.2. Evaluación de riesgos

Evaluación de los riesgos ergonómicos a través de:

- Identificación de la existencia de riesgos ergonómicos.
- Análisis y cuantificación de los grados de riesgo ergonómico.

A) IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Existen varios métodos que pueden ser aplicados para identificar la existencia de riesgos. El método utilizado para identificar los riesgos va a depender de:

- La filosofía del laboratorio. Si se tiene en cuenta la participación del personal del laboratorio en la toma de decisiones, o no.
- Nivel de análisis que se quiera realizar. Si se quiere evaluar un puesto o todo el laboratorio y la preferencia personal.

Evaluación de los riesgos por:

- Revisión de las normas de higiene y seguridad que dispone el laboratorio.
- Análisis de la frecuencia e incidencia de lesiones de trauma tipo acumulativo. Entre estas lesiones estarían el síndrome del túnel carpiano, tendinitis de la extremidad superior, dolor de la espalda baja o lumbar.
- Investigación de los síntomas. Con esta investigación se tendrá información del tipo localización, duración de los síntomas. Estos síntomas van a sugerir qué condiciones van a estar asociadas con factores de riesgos ergonómicos, como el dolor de cuello, hombros, codos y muñeca.
- Entrevista con el personal laboral. Tipo de preguntas acerca del proceso de trabajo: preguntas tipo ¿qué?, ¿cómo?, ¿por qué? pueden revelar la presencia de factores de riesgo.
- Preguntas acerca de los métodos de trabajo. Preguntas como ¿es difícil desempeñar el trabajo? pueden revelar condiciones de riesgo.

- Un "checklist" general resumido. Puede aplicarse a cada trabajo o al que se ha identificado con características de riesgo ergonómico.
- Un resumen de "checklist" específico de la naturaleza del trabajo.

B) ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE LOS GRADOS DE RIESGO

Una vez identificados los riesgos, se tienen que cuantificar. La cuantificación se puede realizar a través de aparatos que nos van a cuantificar y decir qué ambiente térmico, qué velocidad, cómo es la calidad del aire, así como la iluminación, en que se encuentra el trabajador. La utilización de cuestionarios con preguntas-filtro será de gran utilidad para saber si los trabajadores se encuentran ante una situación de estrés.

Las herramientas utilizadas para la cuantificación de los riesgos pueden tener como objetivo un tipo específico de trabajo como, por ejemplo, el manejo manual de materiales o de una zona particular del cuerpo, como la muñeca, codo u hombro. Se pueden cuantificar, a su vez, actividades asociadas con un aumento de riesgos de lesiones o de límites de peso recomendados para levantar.

Una buena técnica va a ofrecer una buena aproximación de los grados de riesgo. Se tendrán que tener en cuenta:

- Variaciones en la fisiología individual.
- Historia de la lesión.
- Métodos de trabajo.
- Otros factores.

I. Métodos de evaluación

Los métodos de evaluación pueden ser de tipo global o específicos. Las herramientas que se emplean para la evaluación en algunos casos no se han probado adecuadamente y, por tanto, no se van a poder implementar y validar. Dentro de las diferentes técnicas o herramientas estarían:

TABLA 15. Métodos para evaluación de los riesgos ergonómicos

MÉTODO	CUANTIFICACIÓN/EVALUACIÓN
RULA - Rapid Upper Limb Assessment.	Riesgos de trauma acumulativo (postura, fuerza y análisis del uso de músculos). Evaluación rápida de miembros superiores.
OWAS - Ovako Working Posture Analysis System.	Postura y carga.
Evaluación de Drury para movimientos repetitivos.	Postura, repetición e incomodidad que el trabajador presenta al realizar movimientos de alto riesgo.
Observación y análisis de la mano y la muñeca.	Riesgos asociados con factores de agarre de los dedos, grandes fuerzas, flexión de muñeca, extensión, desviación lunar, presión sobre herramientas y uso de objetos con la mano.
Modelo de fuerza comprensiva de Utah.	Riesgos de la espalda baja en un tiempo de una tarea de carga, basada en la compresión de discos lumbares.
Modelo del movimiento del hombro.	Riesgo del hombro en una carga comparando el momento de la capacidad individual.
Guías prácticas de trabajo NIOSH (1981).	Riesgos de carga (basados en los parámetros de NIOSH).
Ecuación revisada de carga de NIOSH (1991).	Riesgos derivados del trabajo manual con cargas (basados en parámetros de NIOSH).
Modelo metabólico de la AAMA.	Riesgos de la carga física de una tarea.
Análisis antropométrico.	Determina las dimensiones apropiadas al puesto de trabajo para varios tamaños del cuerpo.
Análisis desarrollado por "Checklist" para estaciones de trabajo de computación.	

8.3. Riesgos generales

En un laboratorio donde se trabaja con el agente biológico VIH se dispondrá por lo menos de un cuarto de cultivos con cabinas de flujo laminar y microscopios donde el personal laboral se encontrará gran parte del tiempo. Los riesgos ergonómicos más importantes serán las posturas que van a adoptar en el cuarto de cultivos, la iluminación, calidad del aire, temperatura y ruido.

Dentro de las actividades que se realizan en un laboratorio de investigación también se encuentra el tiempo ante una pantalla de visualización de datos (PVD). Por tanto, otro riesgo ergonómico será el mal diseño ante estas PVD.

Riesgos más comunes:

- Tensión ocular debida al trabajo con microscopios ópticos y electrónicos, manipuladores telescópicos y terminales de ordenador, a la actividad en condiciones de oscuridad u semioscuridad.
- Otros riesgos:
 - Afecciones musculares y óseas producidas por el trabajo rutinario en una posición fija.
 - Estrés y tensión en las manos debidos a la realización de operaciones manuales repetitivas (p. ej., al emplear pipetas, en los recuentos no automatizados, etc.).

A) RIESGOS DERIVADOS DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Se debe realizar el trabajo en unas condiciones que no supongan un riesgo para su seguridad y salud, ni debe ser una fuente de incomodidad o molestia. Deben evitarse:

Riesgos de las condiciones ambientales:

- Humedad y temperaturas extremas.
- Cambios bruscos de temperatura.
- Corrientes de aire molestas.
- Olores desagradables.

En el *Real Decreto 486/1997*, de 14 de abril, se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. En particular, en su *Anexo III "Condiciones ambientales de los lugares de trabajo"* figuran los requisitos en cuanto a ambiente térmico y ventilación que deben cumplirse.

L

"... la temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 °C y 27 °C..." o "... la humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por ciento, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por ciento...".

L

"En la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o de molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados".

I. Humedad y temperatura

En la siguiente tabla se muestran las condiciones de temperatura, humedad y ventilación que deben reunir los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico según lo establecido en el *Anexo III del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril*.

TABLA 16. Límites de temperatura, humedad y ventilación

CONCEPTO	ACTIVIDADES DESARROLLADAS	LÍMITES
Temperatura.		17-27 °C.
Humedad relativa.		30-70%.
Velocidad del aire.	Todos los trabajos llevados a cabo en los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico.	0,25-0,50 m/s.
Sistemas de aire acondicionado.		0,25 m/s.
Renovación del aire.		30 m ³ por hora y trabajador.

II. Ventilación

El control sobre la ventilación del laboratorio tiene como objetivo el retirar contaminantes y renovar el aire (disminuye los olores y diluye la concentración de contaminantes hasta cierto punto). No obstante, una simple ventilación es incapaz de eliminar eficazmente los contaminantes generados en el laboratorio. Es recomendable disponer de un sistema de ventilación independiente y exclusiva propio del laboratorio.

La norma *UNE 100-011-91* recomienda para los laboratorios un aporte de aire exterior de 10 l/s por persona o 3 l/s/m². Estos caudales son mínimos a efectos de ventilación y máximos a efectos de ahorro de energía (siempre que el aire alcance toda la zona ocupada). Debe tenerse en cuenta también que el caudal de aire exterior está a su vez determinado por el funcionamiento de las cabinas del laboratorio. El uso de las cabinas de seguridad constituye el sistema más eficaz para eliminar la contaminación química y biológica generada por la actividad del laboratorio.

Riesgos por una mala ventilación:

- Contaminación ambiental residual y de olores.
- Elevadas concentraciones ambientales generadas por derrames, vertidos y fugas de gases.
- Paso de productos peligrosos a la atmósfera.

B) CONDICIONES DE ILUMINACIÓN

La iluminación de los laboratorios debe adaptarse a las características de la actividad que se realiza en ellos. Se va a aplicar lo dispuesto en el *Anexo IV del Real Decreto 486/1997*, teniendo en cuenta:

- Riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores que dependen de las condiciones de visibilidad.
- Exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
- Se utilizarán distintos tipos de iluminación según las circunstancias. Es decir, siempre que sea posible los laboratorios deben tener preferentemente iluminación natural.
- La iluminación artificial debe complementar la natural.

- La iluminación localizada se utilizará en zonas concretas que requieran niveles elevados de iluminación.
- Se deberá instalar alumbrado de emergencia, de evacuación y de seguridad.
- Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión.
- No utilizar fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, profundidad o distancia entre objetos dentro de la zona de trabajo.

Los requerimientos mínimos de iluminación en estos tipos de locales, citados en el *Anexo IV del Real Decreto 486/1997*, se encuentran recogidos en la tabla 17:

TABLA 17. Condiciones mínimas de iluminación

ACTIVIDAD DESARROLLADA	NIVEL MÍNIMO EN LUX
Todos los trabajos llevados a cabo en los laboratorios de biotecnología y de tipo biológico.	500 lux
Vías de circulación y lugares de paso.	50 lux

Duplicación de los niveles de iluminación:

- Cuando existan riesgos de caídas, choques u otros accidentes (locales de uso general y en las vías de circulación).
- Cuando exista la posibilidad de producirse errores por mala apreciación visual. Generación de peligros para el trabajador y/o terceros.
- Sea muy débil el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra.
- La distribución de los niveles de iluminación debe ser uniforme, evitando variaciones bruscas dentro de la zona de trabajo y entre ésta y sus alrededores.

- **Directos:** producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminosidad.
- **Indirectos:** originados por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.

C) RIESGO POR LA UTILIZACIÓN DE PVDs

Se tendrán en cuenta las características antropométricas, así como la influencia del diseño sobre las malas posturas adoptadas, y la estimación del posible estatismo postural.

I. Posturas incorrectas ante la pantalla

En la siguiente tabla se encuentran recogidas las posturas incorrectas más comúnmente adoptadas ante una PVD.

TABLA 18. Posturas más comunes adoptadas ante una PVD

POSTURA	CONSECUENCIA
Inclinación excesiva de la cabeza.	La fatiga muscular en la nuca se ve incrementada considerablemente a partir de una inclinación de cabeza de más de 30°. Es frecuente que los trabajadores estén entre 50 y 60°.
Inclinación del tronco hacia adelante.	Un tronco inclinado hacia adelante, sin que exista apoyo en el respaldo ni de los antebrazos en la mesa, origina una importante presión intervertebral en la zona lumbar, que podría ser causa de un proceso degenerativo de la columna en esa zona.
Rotación lateral de la cabeza.	Un giro de cabeza de más de 20° se relaciona con una mayor limitación de la movilidad de la cabeza y con dolores de nuca y hombros.
Flexión de la mano.	La flexión excesiva de la mano respecto al eje del antebrazo, tanto en el plano vertical como horizontal, puede originar trastornos en los antebrazos.
Desviación lateral de la mano y fémures inclinados hacia abajo.	La inclinación del fémur hacia abajo puede causar una mayor presión de la silla sobre la cara posterior del muslo, originando una peor circulación sanguínea en las piernas.

II. Estatismo postural

Un factor de gran incidencia en los dolores y trastornos musculares ante una PVD es la contracción muscular mantenida durante horas. Está relacionado con la inmovilización de los segmentos corporales en determinadas posiciones y a una gestualización importante de las manos en el teclado que originará: dificultad circulatoria en la zona, fatiga muscular y demás trastornos.

El estatismo es mayor cuanto más forzada es la postura y cuanto menor es el número de apoyos existentes que alivien la tensión de los músculos. Entre los apoyos estarían: apoyo de la mano en el teclado, del antebrazo en la mesa y/o apoyabrazos, de la espalda en el respaldo de la silla, etc.

8.4. Diseño del puesto de trabajo

Se deben tener en cuenta las medidas antropométricas y las posibles posiciones. El personal de laboratorio va a alternar principalmente las posiciones de pie o posición sentado. Además, puede realizar su trabajo en el mismo lugar o alternar en varios lugares.

Consecuencias de malas posturas en el trabajo:

- Lesiones en la espalda.
- Aparición o agravación de una LER.
- Problemas de circulación en las piernas.

Causas que generan lesiones:

- Asientos mal diseñados.
- Permanecer en pie durante mucho tiempo.
- Alargar demasiado los brazos para alcanzar los objetos.
- Iluminación insuficiente que obliga al trabajador a acercarse demasiado.

Se deben considerar las diferentes alturas para escoger y ajustar los lugares de trabajo. En la siguiente tabla vienen recogidas las condiciones que se deberán considerar:

TABLA 19. Posiciones adoptadas en el puesto de trabajo

Altura de la cabeza.	<ul style="list-style-type: none"> • Debe haber espacio suficiente para los trabajadores más altos. • Los objetos que haya que ver deben estar a la altura de los ojos o un poco más abajo.
Altura de los hombros.	<ul style="list-style-type: none"> • Los paneles de control entre los hombros y la cintura. • Hay que evitar colocar por encima de los hombros objetos o controles que se utilicen a menudo.
Alcance de los brazos.	<ul style="list-style-type: none"> • Los objetos deben estar situados lo más cerca posible al alcance del brazo (evitar demasiada extensión de brazos). • Los objetos necesarios en posición que el trabajador más alto no tenga que encorvarse para alcanzarlos. • Materiales y herramientas de uso frecuente estarán cerca del cuerpo y frente a él.
Altura del codo.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajuste de la superficie de trabajo a la altura del codo o algo inferior.
Altura de la mano.	<ul style="list-style-type: none"> • Los objetos que haya que levantar estarán a una altura situada entre la mano y los hombros.
Longitud de las piernas.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar la altura del asiento a la longitud de las piernas y de la superficie de trabajo. • Hay que dejar espacio para poder estirar las piernas. • Facilitar un escabel ajustable para los pies para que las piernas no cuelguen y el trabajador pueda cambiar de posición.
Tamaño de las manos.	<ul style="list-style-type: none"> • Las asas, las agarraderas y los mangos deben ajustarse a las manos. • Hay que dejar bastante espacio de trabajo para las manos más grandes.
Tamaño del cuerpo.	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio suficiente en el puesto de trabajo para los trabajadores de mayor tamaño.

En general, un puesto de trabajo tendrá las siguientes dimensiones:

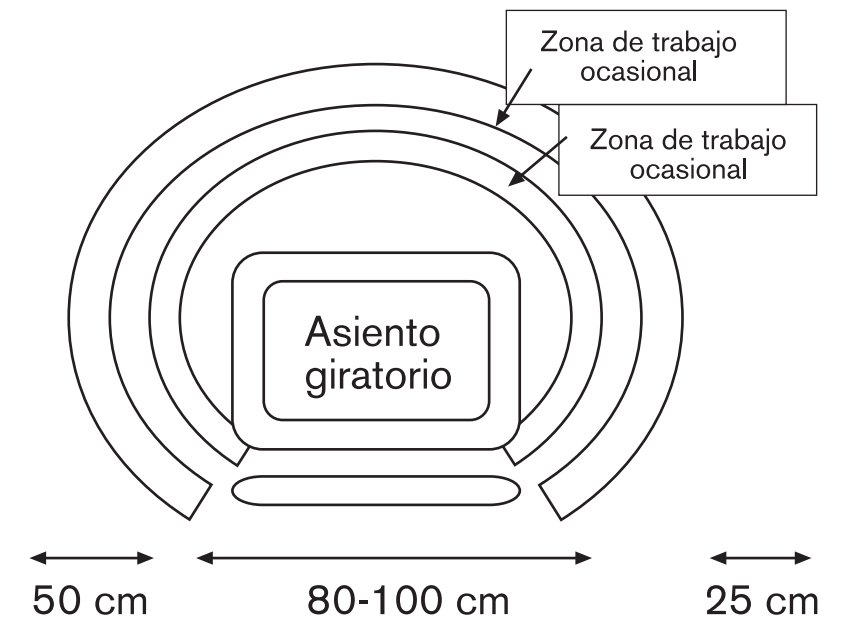


Figura 25. Esquema de un puesto de trabajo (NTP-232).

A) **POSTURAS ADOPTADAS**

TABLA 20. Diferentes posturas adoptadas

POSTURA	DIMENSIONES
De pie.	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de trabajo a 95 cm (considerando el plano entre 5 y 10 cm por debajo del codo).
Sentado.	<ul style="list-style-type: none"> • Considerando plano de trabajo, utilizar sillas con respaldo y reposapiés. Espacio para poner los pies debajo del plano.
Espacios por trabajador.	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones de orden y limpieza. • Respetar dimensiones mínimas de espacio: <ul style="list-style-type: none"> – Altura desde el suelo hasta el techo: 3 m. – Superficie libre por trabajador: 2 m². – Volumen no ocupado por el trabajador: 10 m³. • Espacio insuficiente: se contará con un espacio adicional cerca de su puesto de trabajo.

B) DISEÑO DEL PUESTO ANTE UNA PVD

Se tienen que considerar las características antropométricas, la incidencia del diseño sobre malas posturas, así como el estatismo postural. Un mal diseño de las mesas, sillas, pantallas, teclado va a derivar en lesiones oseomusculares (tabla 21).

TABLA 21. Causa de algunas posturas incorrectas

ELEMENTO DEL PUESTO	CAUSA DE POSTURA INCORRECTA	POSTURA INCORRECTA
Pantalla.	<ul style="list-style-type: none"> En un extremo de la mesa. 	<ul style="list-style-type: none"> Giro de la cabeza, posible giro del tronco.
Documento	<ul style="list-style-type: none"> Sobre la mesa. Sobre una atril. 	<ul style="list-style-type: none"> Inclinación y giro de la cabeza, posible giro e inclinación lateral del tronco. Giros de cabeza, posible giro del tronco.
Teclado.	<ul style="list-style-type: none"> Unido a la pantalla. Con mucha inclinación. Con altura excesiva. De gran tamaño. 	<ul style="list-style-type: none"> Extensión del brazo, posible inclinación del tronco. Flexión de la mano respecto al antebrazo. Elevación del brazo, flexión de la mano. Posible desviación lateral de la mano respecto al antebrazo.
Mesa.	<ul style="list-style-type: none"> De poca superficie. Alta (no regulable). Baja. Hueco alojamiento de piernas insuficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> Mala disposición de los elementos, falta de apoyo para los antebrazos. Elevación del brazo, posible inclinación del tronco hacia delante. Espalda curvada y mal alojamiento de piernas. Distanciamiento de los elementos de trabajo, inclinación del tronco, extensión de brazos, dificultad de movimiento para las piernas.
Silla.	<ul style="list-style-type: none"> Respaldo no regulable (altura y/o inclinación). Respaldo basculante. Asiento no regulable. Deslizamiento involuntario de las ruedas. 	<ul style="list-style-type: none"> Posible mal apoyo de la espalda. Estatismo en músculos paravertebrales. Elevación del brazo, posible inclinación del tronco hacia delante. Estatismo en los músculos de las extremidades inferiores.

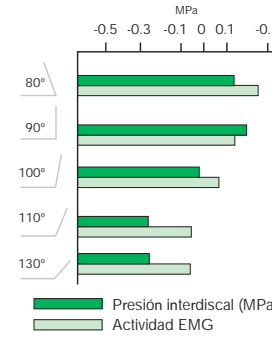


Figura 26. Presión interdiscal y actividad eléctrica de los músculos de la espalda para diferentes inclinaciones del respaldo (NTP-232).

Todos estos factores serán más importantes cuanto mayor sea el tiempo ante la pantalla, cuanto menos adecuadas sean las pausas de trabajo, y cuanto más repetitivas sean las tareas a realizar. Esto va a influir en el estatismo postural. Se puede recomendar a modo general variar la postura a lo largo de la jornada laboral (reducir el estatismo postural) y deben evitarse los giros e inclinaciones frontales o laterales del tronco. Actualmente, se recomienda que el tronco esté hacia atrás unos 110-120°, posición en que la actividad muscular y la presión intervertebral son menores.

Medidas preventivas:

- La cabeza no estará inclinada más de 20°, evitándose los giros frecuentes de ella.
- Los brazos deben estar próximos al tronco y el ángulo del codo no ser mayor de 90°. Las muñecas no deben flexionarse, ni desviarse lateralmente, más de 20°.
- Los muslos deben permanecer horizontales, con los pies bien apoyados en el suelo.

I. Elementos del puesto

En cuanto a las dimensiones y distancias propuestas para los elementos del puesto, existen algunas variaciones entre los valores propuestos.

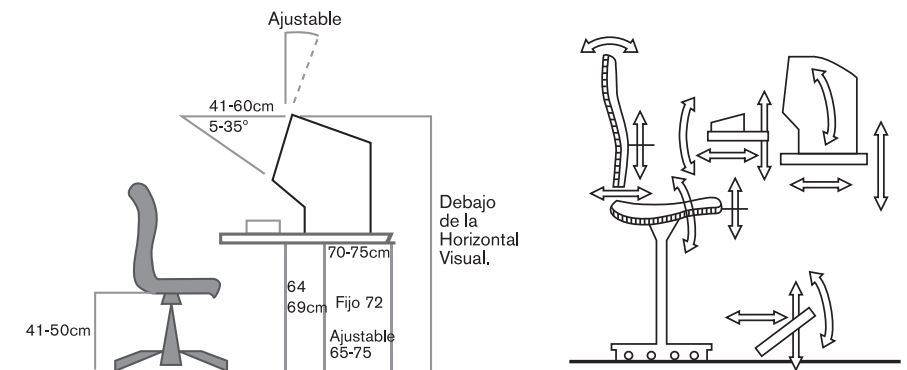


Figura 27. Dimensiones recomendadas para puestos ante PVD (A) y ajustes necesarios de los elementos de puesto. (NTP-252)

Lo mejor sería tener la máxima flexibilidad tanto en la ubicación como en la regulación de los elementos del puesto. De manera que el trabajador pueda ajustarlos en función de sus dimensiones corporales, del grado de fatiga postural experimentado e, incluso, de sus preferencias personales.

TABLA 22. Recomendaciones para los elementos del puesto

ELEMENTO DEL PUESTO	RECOMENDACIONES
PANTALLAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulables en altura, giro e inclinación al menos 12°. • Preferibles las verticales (la altura del tubo mayor que el ancho). • Siempre situadas por debajo de la línea horizontal de visión. • Preferiblemente situadas en frente del operador. • Situadas a una distancia acorde a su agudeza visual (entre 35 y 80 cm).
DOCUMENTOS.	<ul style="list-style-type: none"> • Situados sobre atriles o portadocumentos.
ATRILES.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulables en giro, inclinación y altura. • Situados junto a la pantalla.
TECLADOS.	<ul style="list-style-type: none"> • Independientes de la pantalla. • De poca inclinación y regulables. • De poco tamaño y altura. • Que no se deslicen en la mesa al teclear. • Que permitan el apoyo de las manos en su borde inferior.
MESAS DE TRABAJO.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulables en altura es lo óptimo. • Deben evitarse las mesas bajas. • Imprescindible un espacio suficiente para el alojamiento de piernas. • Con una superficie que permita la colocación flexible de los elementos. • Que permitan el apoyo de antebrazos en tareas de gran gestualización.
SILLAS.	<ul style="list-style-type: none"> • Con buen apoyo de la zona lumbar en el respaldo. • Deben evitarse los respaldos basculantes. • Con asientos y respaldos regulables (por separado) en altura e inclinación. • Los apoyabrazos son aconsejables. • Si disponen de ruedas no deberían deslizarse involuntariamente.
REPOSAPIÉS.	<ul style="list-style-type: none"> • Imprescindibles cuando los pies no apoyen bien en el suelo. • Serán regulables en altura e inclinación.

II. Iluminación en el puesto de trabajo con PVDs

Otro riesgo al que se enfrenta el personal del laboratorio que se encuentra ante una PVD es una mala iluminación. Se va a generar, como principal riesgo, la fatiga visual.

TABLA 23. Origen y principales síntomas de fatiga visual

SÍNTOMAS	ORIGEN
Sensación de vista cansada. Hipersensibilidad a la luz. Picores. Irritación y enrojecimiento en conjuntiva y párpados. Mareos. Lagrimeo. Visión borrosa o doble. Dolor de cabeza, etc.	Causas intrínsecas del sujeto: <ul style="list-style-type: none"> • Estado de la corrección óptica: <ul style="list-style-type: none"> – Diversas alteraciones del órgano de la visión. – Etc. Causas relacionadas con el puesto de trabajo: <ul style="list-style-type: none"> Deficiencias de alumbrado. Contrastes inadecuados. Deficiencias en la ubicación del puesto de trabajo.

Consecuencias de una mala iluminación ante una PVD:

- La calidad de la imagen/deslumbramientos. Reflejos en el tubo, contrastes existentes.
- La nitidez de los caracteres en la pantalla.
- La calidad de la presentación de la información en el documento o en la pantalla. Guarda una estrecha relación con las posturas de trabajo adoptadas.
- Reflejos en la pantalla.
- Riesgo excesivo de iluminación.

Si el laboratorio se encuentra con espacio cerrado, no se va a poder aprovechar de las ventajas de tener grandes ventanales. En este caso, será imprescindible un sistema general de alumbrado. Esto va a permitir prescindir de la variabilidad de la luz solar. Es recomendable poner focos de luz artificial o luminarias.

En la siguiente figura se muestra el esquema para evitar deslumbramientos y demás molestias.

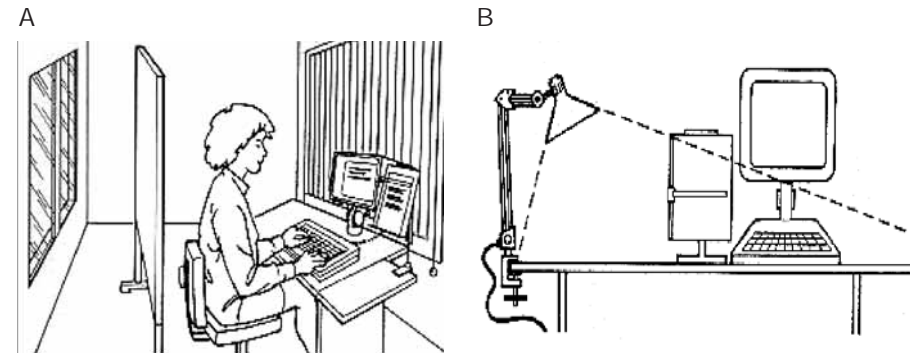


Figura 28. Protección frente a la iluminación exterior (A) y ejemplo de iluminación localizada (equilibrio de niveles de iluminación entre pantalla, documento y teclado) (B). NTP-252

Las fuentes de luz del sistema general de alumbrado deberían estar provistas de difusores o rejillas con baja luminancia evitando los fluorescentes descubiertos. Se podrá reducir el nivel de iluminación mediante reguladores de intensidad o interruptores. Se puede reemplazar por una iluminación regulable localizada del documento (figura 28).

Para un buen diseño se tienen que tener en cuenta factores como el tipo de relación del trabajador con la PVD, el nivel de atención requerido y sobre todo el tiempo de permanencia continuada frente a la pantalla.

C) FACTORES QUE INFLUYEN RESPECTO A LA ORGANIZACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

Es importante diseñar los puestos de trabajo teniendo en cuenta los factores humanos como son las características mentales y físicas del trabajador. Es muy importante analizar si el trabajo va a ser variado o en cambio se realizará un trabajo repetitivo.

Con un buen diseño se permitirá al trabajador estar cómodo y si no le obligará a adoptar posiciones forzadas. Dentro del diseño se incluirá si el trabajo entraña tareas interesantes o estimulantes o bien monótonas y aburridas.

Diseño del puesto de trabajo desde el punto de vista organizativo:

- Cómo hay que realizar las tareas.
- Cuántas tareas hay que realizar.
- El orden en que hay que realizarlas.
- El tipo de equipo necesario para efectuarlas.

Un puesto de trabajo bien diseñado debe permitir:

i

- Modificar la posición del cuerpo.
- Incluir distintas tareas que estimulen mentalmente.
- Dejar cierta libertad al trabajador para que adopte decisiones, a fin de que pueda variar las actividades laborales según sus necesidades personales, hábitos de trabajo y entorno laboral.
- Dar al trabajador la sensación de que realiza algo útil.
- Facilitar formación adecuada para que el trabajador aprenda qué tareas debe realizar y cómo hacerlas.
- Facilitar horarios de trabajo y descanso adecuados gracias a los cuales el trabajador tenga bastante tiempo para efectuar las tareas y descansar.
- Dejar un período de ajuste a las nuevas tareas, sobre todo si requieren gran esfuerzo físico, a fin de que el trabajador se acostumbre gradualmente a su labor.

8.5. Medidas preventivas

Para poder realizar unas adecuadas medidas preventivas se tiene que contar con las herramientas necesarias para hacer un estudio ergonómico exhaustivo. Como se comentó anteriormente, para la identificación y cuantificación de los riesgos se van a utilizar aparatos de medida como son: termómetro de mercurio, de bulbo, anemómetro, globómetro, etc. A su vez, se dispone de unas normas y reales decretos publicados para saber si el laboratorio se encuentra en un buen estado desde el punto de vista ergonómico.

El laboratorio debe contar, además, con un sistema de organización del trabajo que no suponga una fuente de estrés para los empleados y así no disminuir el rendimiento en el trabajo ni producir enfermedades de carácter psicológicas o físicas en el trabajador.

Medidas preventivas generales:

- Todo lo que se mire con frecuencia debe estar enfrente de nosotros y por debajo de los ojos. Se iluminará adecuadamente la zona de trabajo, evitando reflejos y sombras molestas.
- Evitar inclinar mucho el tronco adelante y, en especial, girarlo o echarlo hacia atrás sin apoyarlo en un respaldo.
- Reducir la intensidad del trabajo físico pesado, introduciendo pausas muy frecuentes, o alternándolo con actividades más ligeras que no fuercen la espalda.
- Evitar la transmisión de vibraciones al cuerpo procedentes de plataformas sobre las que se esté de pie o en los asientos.
- Realizar pequeñas interrupciones.
- Alargar los ciclos de trabajo muy cortos, por ejemplo, ampliando el número de tareas a realizar.
- Evitar el trabajo repetitivo, alternando tareas diferentes durante la jornada.
- No manipular manualmente cargas pesadas mecanizando o automatizando las operaciones o empleando ayudas mecánicas.
- Disminuir el peso de los objetos manipulados, evitando levantarlos por encima de los hombros o bajarlos por debajo de las rodillas.

A) SILLAS Y ESTANTERÍAS**I. Sillas**

Es muy importante el diseño de las sillas de laboratorio para que no sea un factor determinante para el desarrollo de patologías a largo plazo. En general, las sillas deben proporcionar equilibrio y comodidad.

i

- Anchura entre 40 y 45 cm.
- Profundidad entre 38 y 42 cm.
- Base estable provista de 5 patas con ruedas.
- Disponibilidad de regulación en altura, superior al habitualmente recomendado (38-50 cm).
- Asiento acolchado, 2 cm sobre base rígida con tela flexible y transpirable.
- Impermeabilidad e incombustibilidad.
- De fácil limpieza.

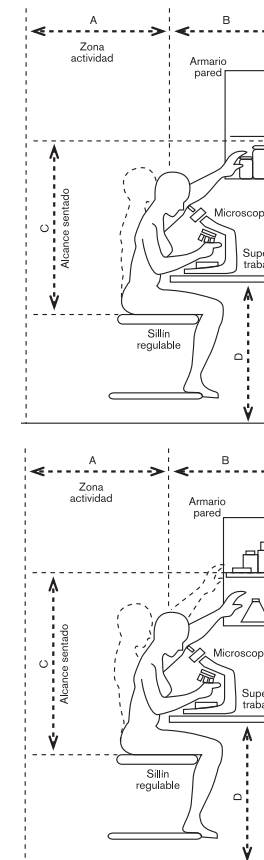
II. Estanterías

Figura 29. Trabajo en el laboratorio en posición sentado. Distancias y alcances adecuados para mujer (arriba) y hombre (abajo) (NTP-551).

El laboratorio se encuentra lleno de estanterías con el fin de dejar los reactivos y materiales necesarios para el trabajo diario. Habrá que tener en cuenta el acceso a las estanterías.

Si el trabajo que se realiza se hace de pie, estas estanterías no deben estar situadas a más de 150 cm de altura. Las distancias óptimas para el trabajo encima de una mesa se resumen en la figura 29 e indican también el espacio necesario para cada trabajador.

B) VENTANAS DEL LABORATORIO

Las ventanas reducen la sensación de claustrofobia y permiten la visión lejana, disminuyendo la fatiga visual. También influyen en la iluminación del recinto y si son practicables, posibilitan la renovación del aire en caso de necesidad.

- Si hay materiales, productos o aparatos delante de las ventanas, la parte inferior no debe ser de vaivén, ni abrirse hacia adentro.
- En laboratorios con riesgo de explosión, las ventanas tienen que ceder ante los efectos de una sobrepresión.
- Un buen sistema es el de doble ventana (amortigua el ruido exterior y reduce la pérdida de energía).
- Dentro del cuarto de cultivo no pueden existir ventanas debido al tipo de agente biológico con el que se trabaja en el laboratorio. No obstante, en las zonas de trabajo con ordenadores, sí se podrán colocar ventanas, aunque el diseño tendrá en cuenta la orientación o disposición para no generar deslumbramientos o reflejos.

C) PUERTAS

Las del laboratorio, tendrán que cumplir los siguientes requisitos:

i

- Altura de paso libre de las puertas comprendida entre 2,0 y 2,2 m.
- Su anchura suele ser de 90 ó 120 cm, según sea de una o doble hoja, no debiendo ser inferior a 80 cm en ningún caso.

- Es recomendable que los departamentos de laboratorios dispongan de una segunda puerta de salida si hay riesgo de incendio o de explosión, se trabaje con gases a presión o correspondan a espacios de más de 100 m².
- El número de puertas estará establecido por las necesidades de evacuación en caso de emergencia.
- Para evitar accidentes, las puertas de acceso a los pasillos no deben ser de vaivén, mientras que las que comunican los laboratorios entre sí, pueden serlo.
- Las puertas corredizas deben descartarse de manera general (dificultad con las manos ocupadas) como en caso de evacuación.
- Se recomienda que las puertas estén provistas de un cristal de seguridad de 500 cm² situado a la altura de la vista (observar el interior del laboratorio sin abrir la puerta).

I. Entrada y salida del laboratorio

- Para facilitar la entrada y salida con las manos ocupadas, las puertas deben poderse abrir con el codo o el pie, no debiéndose acoplar sistemas de cierre de pasador, ni a las puertas de los laboratorios, ni a las de los departamentos.
- Todas las puertas deben disponer de dispositivos que permitan su apertura desde dentro en cualquier circunstancia, a fin de evitar que el personal pueda quedar atrapado en el laboratorio en caso de incendio.

II. Sentido de apertura

Según la *NBE-CPI/96*, las puertas previstas para la evacuación de más de 100 personas deben abrirse **“siempre en el sentido de la evacuación”**. Como norma general se considera que es conveniente que las puertas de los laboratorios se abran favoreciendo el sentido de la marcha evitándose que queden encajadas en caso de accidente.

D) COLOR DEL TECHO, PAREDES, SUELO Y MOBILIARIO

Los aspectos más importantes que se deben considerar son las interferencias que pueden ejercer al efectuar comprobaciones del color de un determinado proceso, como, por ejemplo, virajes.

A modo de recomendación general, en un laboratorio se debe elegir el blanco o crema para las paredes y mobiliario, ya que tiene el efecto beneficioso de aumentar la sen-

sación de amplitud de los recintos pequeños y de facilitar la visión de la señalización y carteles indicadores.

En otros recintos como son despachos, cuartos de balanzas, salas de reuniones, etc., se pueden utilizar diferentes combinaciones en paredes, techos, suelo y mobiliario, para obtener un ambiente agradable. Hay que tener en cuenta que algunas combinaciones son rechazadas y otras bien aceptadas.

E) ILUMINACIÓN

El nivel de iluminación del laboratorio debe adaptarse a las exigencias visuales de los trabajos que se realicen en él. Siempre que sea posible se recomienda disponer de iluminación natural complementada con iluminación artificial. En aquellas tareas en que se precisen niveles de iluminación específicos se colocarán puntos de iluminación localizada.

De acuerdo con el *RD 486/1997* y normas *UNE 72163:84* y *72112:85* 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 1.000 lux. En la norma europea *prEN 12464, apartado B: “Actividades Industriales y Artesanales”*, también se considera que el nivel de iluminación adecuado para los laboratorios es de 500 lux.

Estos niveles deberán ser incrementados en ciertas condiciones como ya se ha comentado anteriormente.

La utilización de pantallas de visualización de datos (PVD) también debe ser considerada al fijar las necesidades de iluminación de un laboratorio. El *RD 488/97* sobre el trabajo con PVD hace referencia a los requerimientos de iluminación en función de su ubicación, ausencia de reflejos y deslumbramientos.

Medidas preventivas ante una PVD:

- Si se dispone de grandes ventanales, las PVD:
 - Estarán lo más alejadas posible de las fuentes de luz diurna.
 - Se evitará una posición en paralelo.
 - Poner cortinas gruesas o persianas preferiblemente de láminas verticales regulables.
- Apantallar el espacio de trabajo, de modo que impida la reflexión de las fuentes de luz en la pantalla o el deslumbramiento.
- Situar los puestos entre las filas de luminarias del techo.

F) VIBRACIONES Y RUIDOS EXTERNOS E INTERNOS AL EDIFICIO

El primer paso en el análisis de un problema de ruido debería ser la identificación de la fuente de ruido. Para ello, los trabajadores serán las principales fuentes de información.

El ruido es uno de los agentes contaminantes más frecuentes en los puestos de trabajo. Rara vez se presenta el riesgo de pérdida de capacidad auditiva, pero el ruido, aun a niveles alejados, de los que producen daños auditivos, puede dar lugar a otros efectos como son:

Consecuencias de ruido excesivo:

- Alteraciones fisiológicas.
- Distracciones.
- Interferencias en la comunicación o alteraciones psicológicas.

El segundo paso consiste en determinar qué aspectos hacen que un ruido sea considerado molesto. En algunas ocasiones, el problema se limita a la existencia de niveles de presión sonora excesivamente elevados (medición del nivel de ruido continuo equivalente podría ser suficiente) y se medirá el espectro de frecuencia del ruido.

Es importante el estudio de aspectos no físicos del ruido para determinar el grado de molestia que ocasiona el ruido. Por ejemplo, el tipo de tarea, el grado de distracción que supone el ruido, su contenido en información o la actitud de las personas frente al ruido.

La reducción o eliminación del problema de vibraciones puede conseguirse situando las balanzas lejos de las fuentes generadoras de las vibraciones y empleando mesas portabalanzas antivibratorias.

G) CORRIENTES DE AIRE

Por ejemplo, la existencia de corrientes de aire del cuarto de balanzas puede evitarse disponiendo de una sola puerta de acceso, provista de un sistema de cierre, que evite los portazos, y de una manecilla que permita abrir la puerta con el codo. Es recomendable que tenga una antecámara.

Medidas preventivas:

- Ventilación eficaz del laboratorio e independiente del resto de las zonas.
- Mantenimiento del laboratorio en depresión respecto a las zonas colindantes.
- Circulación del aire del lugar menos contaminado al más contaminado.
- Extracción localizada mediante cabinas de laboratorio.
- Ventilación de emergencia.

H) VARIACIONES IMPORTANTES DE LA HUMEDAD Y LA TEMPERATURA

La temperatura y la humedad no deben sufrir modificaciones bruscas. Para ello se debería disponer de un sistema de aire acondicionado que funcione permanentemente y evitar situarlo en fachadas en las que dé directamente el sol. Asimismo se tendrá siempre en cuenta la presencia de radiadores y focos caloríficos. La temperatura en el cuarto debería estar comprendida entre 20 y 25 °C y la humedad próxima al 50%.

I) MOVIMIENTOS REPETITIVOS (LER)

Los movimientos y procedimientos repetitivos pueden conducir a lesiones con el transcurso del tiempo. Es conveniente tomar descansos frecuentes y tratar de alternar tareas. Para evitar lesiones por contacto, no se tiene que descansar los brazos sobre superficies de trabajo filosas o duras.

Es aconsejable utilizar equipos de pipeta ergonómicos que requieran menos presión del pulgar o del dedo para activarlos. Mantener los materiales y herramientas a la mano para no tener que tratar de alcanzar demasiado lejos.

J) DOLORES OSEOMUSCULARES

Uno de los problemas derivados de un mal diseño del puesto de trabajo en el laboratorio de investigación es el dolor de espalda (sentarse en una mala posición, tener una altura de trabajo incorrecta, posición de hombros elevada).

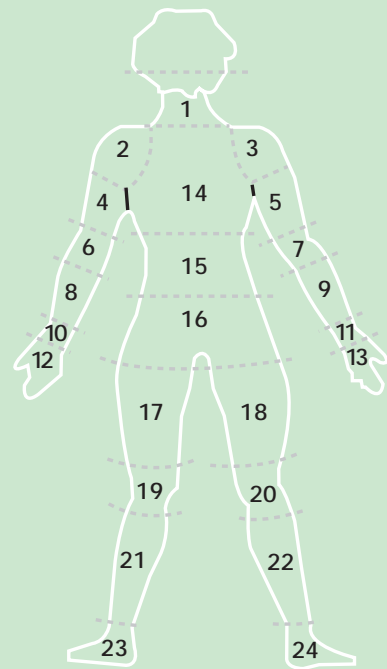
Estas lesiones incluyen gran número de alteraciones de músculos, tendones, nervios o articulaciones, pudiendo darse en cualquier zona del cuerpo; las más comunes: cuello, espalda y extremidades superiores. Sus síntomas suelen ser fáciles de identificar; el más común es el **dolor localizado**.

Aunque pueden tener un origen extralaboral, incluso personal, son las condiciones de trabajo las que originan un gran número de ellos. Principalmente las posturas de trabajo, los esfuerzos, la manipulación manual de cargas y ciertos movimientos que casi nunca son decididos voluntariamente sino que están condicionados por el diseño del puesto, por los tipos de tareas que deben hacerse y su organización. Por ello, se pueden prevenir diseñando correctamente el espacio, el puesto de trabajo, mejorando la iluminación, empleando buenas herramientas y organizando el trabajo adecuadamente.

Existe un cuestionario donde podremos identificar dónde se está produciendo la lesión o localizar qué parte está mal diseñada en el puesto de trabajo. (Tabla 24)

TABLA 24. Cuestionario de posibles dolores musculares

	A VECES	A MENUDO	MUY A MENUDO
1. Cuello.			
2. Hombro izdo.			
3. Hombro dcho.			
4. Brazo izdo.			
5. Brazo dcho.			
6. Codo izdo.			
7. Codo dcho.			
8. Antebrazo izdo.			
9. Antebrazo dcho.			
10. Muñeca izda.			
11. Muñeca dcha.			
12. Mano izda.			
13. Mano dcha.			
14. Zona dorsal.			
15. Zona lumbar.			
16. Nalgas/Caderas.			
17. Muslo izdo.			
18. Muslo dcho.			
19. Rodilla izda.			
20. Rodilla dcha.			
21. Pierna izda.			
22. Pierna dcha.			
23. Pie/Tobillo izdo.			
24. Pie/Tobillo dcho.			



Resumen de diferentes trastornos producidos por malas posturas y sus consecuencias.

Cuello

- Síntomas** Frecuente dolor, rigidez, entumecimiento, hormigueo o sensación de calor localizado en la nuca, durante o al final de la jornada de trabajo.
- Causas**
- Posturas forzadas de la cabeza: cabeza girada, inclinada hacia atrás o a un lado, o muy inclinada hacia delante.
 - Mantener la cabeza en la misma posición durante muchos minutos.
 - Movimientos repetitivos de la cabeza y los brazos.
 - Aplicar fuerzas con los brazos o con las manos.

Espalda

- Síntomas** Dolor localizado en la parte baja de la espalda o irradiado hacia las piernas.
- Causas**
- Levantar, depositar, sostener, empujar o tirar de cargas pesadas.
 - Posturas forzadas del tronco: giros e inclinaciones atrás, hacia los lados o adelante.
 - Trabajo físico muy intenso.
 - Vibraciones transmitidas al cuerpo a través de los pies o las nalgas.

Codos

- Síntomas** Dolor diario en el codo, aún sin moverlo, (puede ser un síntoma de un trastorno musculoesquelético (p. ej., la epicondilitis)).
- Causas** Trabajo repetitivo de los brazos que al mismo tiempo exige realizar fuerza con la mano.

Muñecas

- Síntomas** El más común "síndrome del túnel carpiano". Dolor se extiende por el antebrazo, con hormigueos y adormecimiento de los dedos pulgar, índice y medio, sobre todo por la noche.
- Causas**
- Trabajo manual repetitivo haciendo a la vez fuerza con la mano o con los dedos.
 - Trabajo repetitivo de la mano con una postura forzada de la muñeca, o usando sólo dos o tres dedos para agarrar los objetos

9

ANEXOS

- 9.1. Bibliografía.
- 9.2. Página web del Laboratorio de Inmunobiología Molecular.
- 9.3. Teléfonos de interés.
- 9.4. Abreviaturas.

9.1. Bibliografía

Leyes

Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/LeyPrevencion/PDFs/leydeprevencionderiesgoslaboralesTxtAnt.pdf>

Ley 24.557 sobre riesgos del trabajo.
http://www.insurer.com.ar/leyes/24557_art.htm

Reales Decretos

R/D 822 del 28 de mayo de 1993.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1993/13888

R/D 664/1997.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1997/11144

R/D de 1995/1978 en el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1978/21849

R/D 773/1997: Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativa a la utilización de los trabajadores de los equipos de protección individual.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1997/12735

Decreto 2413/1973 por el que se aprueba el reglamento electrógeno de baja tensión.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1973/01397

Decreto 2065/1974 por el que se aprueba el texto de la "Ley General de la Seguridad Social".
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1974/1165&codmap=

Directivas

Directiva del Consejo 90/679/CEE.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L0679:ES:HTML>

Directiva 90/679/CEE del Consejo.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L0679:ES:HTML>

Ordenanzas

"Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo", Orden de 9 de marzo de 1971.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1971/00380

Guías técnicas

Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_AQ.pdf

ficha técnica del INSHT.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Folletos/Ergonomia/Ficheros/Sindrome_tunel_carpiano.pdf

NTP 232: Pantallas de visualización de datos (P.V.D.); fatiga postural.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_232.pdf

NTP 233: Cabinas de seguridad biológicas.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_233.pdf

NTP-252: Pantallas de visualización de datos: condiciones de iluminación.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_252.pdf

NTP- 276: Eliminación de residuos de laboratorio: procedimientos generales.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_276.pdf

NTP 376: Exposición a agentes biológicos: seguridad y buenas prácticas de laboratorio.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_376.pdf

NTP 399: Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de fugas o vértigos.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_399.pdf

NTP 429: Desinfectantes: características y usos más corrientes.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_429.pdf

NTP 432: Prevención del riesgo en el laboratorio. Organización y recomendaciones generales.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_432.pdf

NTP 447: Actuación frente a un accidente con riesgo biológico.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_447.pdf

NTP 477: Levantamiento manual de cargas: ecuación de NIOSH.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_477.pdf

NTP-551: Prevención de riesgos en el laboratorio: la importancia del diseño.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_551.pdf

NTP 589: Instalaciones radiactivas: definición y normas para su uso.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_589.pdf

NTP 608: Agentes biológicos: planificación de la medición.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_608.pdf

NTP 609: Agentes biológicos. Equipos de muestreo (I).
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_609.pdf

NTP 611: Agentes biológicos: análisis de la muestra.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700ntp_611.pdf

Normas básicas

Norma Básica de la Edificación (NBE CPI 91), Real Decreto 279/1991, de 1 de marzo.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1991/06428

NBE CPI 82.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100ntp_025.pdf

Normas europeas

EN-374-2 y EN-374-3 sobre protección de guantes frente a productos químicos y microorganismos.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/701a750ntp_748.pdf

UNE-EN 149:2000, recogido de la sección técnica de gestión de equipos de protección individual frente a riesgos biológicos.
http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Estudios/Estudios/EPI/Riesgos_Biologicos/Riesgos_bio_EPI.pdf

Otros

Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP7.
http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=1998/14367

ITC MIE-APQ-5: Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión.
http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=aca81cfd34346110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=a4bcc64128ab3110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&nodoSel=8ada2a709e7c9110VgnVCM1000000d02350a___&tab=tabConsultaIndice

Factores asociados a los accidentes por exposición percutánea en personal de enfermería en un hospital de tercer nivel.
<http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v71n4/percutan.pdf>

Accidentes por exposición con material biológico infectado con VIH en trabajadores de un hospital de tercer nivel de Madrid (1986-2001).
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/170/17078105.pdf>

Contención según el cultivo celular utilizado.
<http://www.ub.es/biocel/cubc/bca/pdf/tema%202-B3.pdf>

Actuación frente a un accidente laboral:
<http://www.riojasalud.es/ficheros/CONSENTIMIENTOINFORMADOINICIOQUIMIOPROFILAXISVIH.pdf>

Recomendaciones de la SPNS/GESIDA/AEP/ CEEISCAT/SEMP sobre la profilaxis postexposición frente al VIH, VHB y VHC en adultos y niños. Ministerio de Sanidad y Consumo. Enero 2008.
<http://www.msc.es/ciudadanos/enfLesiones/enfTransmisibles/sida/docs/>

9.2. Página web del Laboratorio de Inmunobiología Molecular

<http://immunolab-hiv.org>

9.3. Teléfonos de interés

En todos los laboratorios debe haber un listado telefónico con los Centros de URGENCIA. A nivel general, los teléfonos más importantes en caso de accidente o urgencia son:

- Urgencias generales: **112**
- Urgencias médicas: **061**
- Servicio Nacional de Toxicología: **91 562 04 20**
- Unidad de Salud Laboral del CSIC: **91 585 52 61/73**
- Bomberos: **080/085**
- Emergencias Cruz Roja: **91 522 22 22**
- Protección Civil: **112**

9.4. Abreviaturas

BEIs	Índice de Exposiciones Biológicas.
BSC	Biosafety Cabinets.
DIM	Dosis Infecciosa Mínima.
EPI	Equipo de Protección Individual.
EPINETAC	Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene.
GLP	Buenas Prácticas de Laboratorio.
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
NE	Normas Europeas.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PVDs	Pantalla de Visualización de Datos.
R/D	Real Decreto.
TLVs	Valores Límite.
Ucf	Unidades formadoras de colonias.
VDRL	Venereal Disease Research Laboratory
VIH	Virus de la Inmunodeficiencia Humana.
VHB	Virus de la hepatitis B
VHC	Virus de la hepatitis C.

Edición

Fundación para la Investigación
y la Prevención del Sida en España

Diseño gráfico

Carrió Sánchez Lacasta

Maquetación y fotomecánica

Cromotex

Impresión

Gráficas Palermo

ISBN: 978-84-691-6069-5

Depósito legal: M-43973-2008

