

Agentes biológicos

Se considera agente biológico aquellos microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.

Los agentes biológicos constituyen un factor de riesgo laboral por su capacidad de desencadenar enfermedades.



- ◆ **Definiciones**
- ◆ **Efectos sobre la salud**
- ◆ **Evaluación exposición a agentes biológicos**
- ◆ **Medidas y niveles de contención**
- ◆ **Cabinas de seguridad biológica CSB**
- ◆ **Criterios preventivos**
- ◆ **Medidas higiénicas y de precaución universal**
- ◆ **Riesgos derivados del trabajo con cultivos celulares**
- ◆ **Riesgos derivados del trabajo con animales y en actividades veterinarias**
- ◆ **Trabajo con Organismos modificados genéticamente**
- ◆ **Comité de Bioseguridad**
- ◆ **Fichas de agentes biológicos**
- ◆ **Procedimientos de descontaminación y desinfección**
- ◆ **Normativa**
- ◆ **FAQ's**

Definiciones

Agente Biológico: Microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. (Artículo 2 RD 664/1997).

Agente biológico, grupo 1: Aquél que resulte poco probable que cause enfermedad en el hombre.

Agente biológico, grupo 2: Aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Agente biológico, grupo 3: Aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Agente biológico, grupo 4: Aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas posibilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Microorganismo: Toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético.

Alergeno: La sustancia que desencadena una reacción alérgica.

Micotoxinas: Metabolitos secundarios tóxicos producidos por los hongos filamentosos bajo condiciones especiales de crecimiento.

Bacteria: Son organismos procariotas. Están constituidos por una célula que contiene los dos tipos de ácido nucleico. Su ADN se encuentra organizado en un cromosoma circular disperso en el citoplasma que contiene muy pocas estructuras u orgánulos útiles para su desarrollo. Entre ellos los ribosomas encargados de la síntesis de las proteínas. Las bacterias pueden disponer de hasta tres envueltas: la membrana citoplasmática, la pared bacteriana y la cápsula.

Virus: Entidad no celular que aunque puede sobrevivir extracelularmente durante periodos de tiempo variables, es un parásito obligado, es decir, solo es capaz de replicarse en el interior de células vivas específicas, pero sin generar energía ni ninguna actividad metabólica. Los componentes permanentes de los virus son ácido nucleico (ADN o ARN, de una o de dos cadenas) envuelto por una cubierta proteica llamada cápside.

Procariota: Célula u organismo que carece de núcleo y otros orgánulos rodeados por membranas, generalmente con su ADN en una única molécula circular.

Eucariota: Célula u organismo que contiene, además de otros orgánulos, un núcleo (verdadero) rodeado por una membrana unitaria.

Organismos Modificados Genéticamente (OMG): Cualquier organismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no

se produce de forma natural en el apareamiento (multiplicación) o en la recombinación natural.

Organismos Transgénicos: Animal o planta en el que se ha introducido un gen perteneciente a otra especie. La alteración del contenido genético tiene como objetivo que la especie modificada adquiera unas propiedades que por ella misma no posee.

Manipulación Genética: Formación de nuevas combinaciones de material genético por inserción de moléculas de ácido nucleico obtenidas fuera de la célula, en el interior de cualquier virus, plásmido bacteriano u otro sistema vector.

Vector: Agente, generalmente un insecto u otro animal, que puede transportar patógenos de un hospedador a otro. También, elemento genético capaz de incorporar ADN y hacer que éste se replique en otra célula.

Cultivo: Crecimiento de microorganismos o células vivas en un medio artificial controlado.

Cultivo celular: El resultado del crecimiento in vitro de células obtenidas de organismos multicelulares.

Medio de cultivo: En microbiología, solución nutritiva usada para el cultivo de microorganismos. Existen diferentes tipos de medios que en función de su composición pueden variar desde los básicos o universales a altamente selectivos o diferenciadores. Los primeros son los que permiten el crecimiento de un amplio rango de microorganismos. Los medios selectivos contienen alguna sustancia que inhibe el crecimiento de ciertos microorganismos y permite el crecimiento de otros. Los medios diferenciadores son aquellos que permiten el crecimiento de varios microorganismos, pero que contienen ingredientes que producen diferencias en la apariencia de algunos de ellos.

Unidad Formadora de Colonia (UFC): Unidad en que se expresa el número de microorganismos cultivables. Una unidad formadora de colonia puede originarse de un único microorganismo, del agregado de varios microorganismos o de uno o varios microorganismos unidos a una partícula. El número de colonias desarrolladas puede depender de las condiciones de cultivo.

Endotoxina: Nombre genérico de los lipolisacáridos. Sustancias que forman parte estructural de la pared celular de las bacterias Gram negativas. La sustancia se libera con la división celular. Sus propiedades tóxicas se mantienen incluso tras la muerte de la bacteria. La inhalación de esta sustancia puede causar la activación de los macrófagos y de otras células pulmonares provocando la inflamación de los tejidos. Otros síntomas relacionados son: fiebre, tos y otros síntomas respiratorios.

Actividad con intención deliberada de manipular agentes biológicos: Actividades laborales en las que el agente biológico forma parte esencial del proceso de trabajo. Trabajo con agentes biológicos mediante su cultivo o concentración. Ejemplos: Industrias biotecnológicas, Investigación o Laboratorios de diagnóstico microbiológico.

Actividad sin intención deliberada de manipular agentes biológicos: Actividades laborales en las que el trabajo no comporta la manipulación del agente biológico, pero dada la naturaleza del mismo puede

existir exposición. Ejemplos: Contacto con animales y/o sus productos, Asistencia sanitaria, Eliminación de residuos. (Ver lista indicativa en Anexo I del RD 664/1997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo).

Cabinas de Seguridad Biológica (CSB): Sistema de extracción localizada del aire caracterizado por la dinámica de flujo en su interior y los elementos de depuración del aire que lo hacen idóneo para el manejo de agentes biológicos y/o agentes químicos, por ejemplo, la preparación de fármacos citostáticos. En función de esas características se distinguen diferentes tipos.

CSB Clase I: Ofrece protección al trabajador, al ambiente, pero no protege el producto manipulado en su interior. El aire entra a través de la abertura frontal de trabajo y es extraído completamente (al exterior o al mismo local), previa depuración a través de filtros absolutos (HEPA).

CSB Clase II: Ofrece protección al trabajador, al ambiente y al producto. Estas cabinas tienen una abertura frontal con flujo de entrada de aire para la protección del trabajador, flujo laminar de aire estéril (filtro HEPA) para la protección del producto y extracción del aire depurado (filtro HEPA) para la protección del ambiente. Se distinguen diferentes tipos en función de las proporciones de aire que son reutilizados, de si los conductos y plenos contaminados se encuentran a presión negativa o rodeados de conductos y plenos a presión negativa. Estas características hacen que algunos tipos puedan ser utilizados, además de para el manejo de agentes biológicos, para el manejo de compuestos químicos volátiles tóxicos y radionucleótidos volátiles.

CSB Clase III: Ofrece protección al trabajador, al ambiente y al producto. Este tipo de cabinas están completamente cerradas, la manipulación es a través de guantes de goma. El aire es introducido en la cabina tras su depuración (filtros HEPA); el aire extraído es tratado, generalmente, con dos filtros absolutos. La introducción de los materiales y equipos se realiza a través de un cajón con doble puerta que debe ser descontaminado entre usos.

Cabinas de flujo laminar horizontal: Ofrecen protección al producto exclusivamente. El aire estéril (filtro HEPA) proviene de la parte posterior de la cabina atraviesa el espacio de trabajo en régimen de flujo laminar horizontal y sale por la abertura frontal hacia el trabajador.

Filtro absoluto (HEPA, HighEfficiency Particulate Air): Filtro que presenta una eficacia de retención de, al menos, un 99,97% frente partículas de 0,3 µm de diámetro. Normalmente el aerosol de ensayo es el dioctil ftalato (DOP).

Contención: Conjunto de medidas, generalmente físicas, destinadas a impedir el escape o liberación al ambiente de trabajo y/o al medio ambiente, de los agentes biológicos desde sus contenedores primarios.

Nivel de Contención: Grado de exigencia en el cumplimiento de las medidas de contención requeridas para el trabajo en instalaciones en las que se manipulen (cultiven y/o concentren) agentes biológicos. El RD 664/1997, establece tres niveles: 2, 3 y 4. En términos generales, para manipular agentes biológicos del grupo 2, las instalaciones deben cumplir con lo exigido por el nivel 2 de contención. Cuando se trate de agentes del grupo 3, el nivel

exigido será el 3 y cuando se trate de agentes del grupo 4, el nivel requerido para las instalaciones será el nivel 4 de contención.

Desinfección: Término genérico que se refiere al conjunto de operaciones destinadas a eliminar o reducir el número de agentes infecciosos en cualquier instrumento, superficie o material, por medios físicos o químicos. El proceso de desinfección no asegura la muerte de todas las formas de microorganismos, por ejemplo, las esporas bacterianas. La desinfección no proporciona los mismos márgenes de seguridad que se asocian a los procesos de esterilización.

Esterilización: Tratamiento que mata todos los organismos vivos, incluidas las esporas bacterianas, presentes en un material.

Inmunidad: Protección contra microorganismos patógenos. La presencia de anticuerpos en sangre determina el grado de inmunidad.

Vacuna: Sustancias que contienen parte de los antígenos de un agente infeccioso. Su administración induce una respuesta inmune pero no la enfermedad, y ofrece protección contra la infección provocada por dicho agente.

Zoonosis: Enfermedades infecciosas o parasitarias que se transmiten de forma natural desde animales vertebrados a los seres humanos.

Bioseguridad: la aplicación combinada de prácticas de trabajo, técnicas y elementos de contención.

Contención: se entiende el confinamiento físico del agente patógeno mediante los equipos de seguridad, el diseño y la construcción de las instalaciones del laboratorio.

Efectos sobre la salud

Los efectos para la salud son muy variables y dependen del agente biológico en cuestión, las condiciones de la exposición y las condiciones del trabajador (estado inmunológico o de salud y embarazo).

Los principales daños derivados de la exposición a agentes biológicos son: infecciones, alergias y efectos tóxicos o intoxicaciones.

La **infección** es el resultado del contacto y multiplicación del agente biológico en el organismo del trabajador; por ejemplo la brucelosis en actividades agrarias o el tétanos en la construcción.

Algunas enfermedades infecciosas, principalmente las causadas por virus pueden hacerse crónicas y con el tiempo desencadenar un proceso canceroso, como por ejemplo la hepatitis B que puede llegar a producir cáncer hepático.

La **alergia** es el resultado de una fuerte reacción del sistema inmunitario inducida por determinadas sustancias conocidas como alérgenos o sensibilizantes. Las manifestaciones clínicas pueden afectar a las vías respiratorias como rinitis, asma o reacciones de hipersensibilidad; o a la piel como prurito, inflamación, excoriaciones, etc.

Efectos tóxicos o **intoxicaciones** son producidos por las sustancias liberadas por ciertos agentes biológicos, conocidas principalmente como toxinas (exotoxinas, endotoxinas, micotoxinas).

La peligrosidad de un agente biológico o su capacidad para causar daño a humanos se establece, en gran medida, mediante su clasificación en grupo de riesgo. Esta clasificación se realiza en función de los siguientes criterios:

1. su capacidad para infectar a humanos sanos,
2. su posibilidad de transmitirse entre humanos o a la colectividad,
3. la gravedad de la enfermedad que causa y la disponibilidad de fármacos o profilaxis para combatir los efectos negativos de la misma.

Atendiendo a estos criterios un agente biológico puede ser:

1. Agente biológico del grupo 1: aquel que resulta poco probable que cause una enfermedad infecciosa en el hombre.

2. Agente biológico del grupo 2: aquel que puede causar una enfermedad infecciosa leve o moderada en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.

3. Agente biológico del grupo 3: aquel que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.

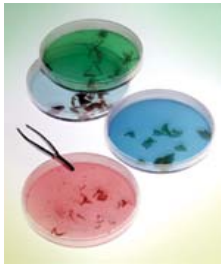
4. Agente biológico del grupo 4: aquel que puede causar una enfermedad grave o muy grave en el hombre y supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Sin embargo, esta clasificación no tiene en cuenta la peligrosidad de los agentes biológicos debida a los posibles efectos alérgicos y tóxicos que estos pueden producir.

Sacada de la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo del INSHT, en la tabla se resumen las posibles afecciones a la salud de todos los agentes biológicos.

PELIGROS BIOLÓGICOS	Los peligros biológicos pueden definirse como polvos orgánicos de distintas fuentes de origen biológico, como virus, bacterias, hongos, proteínas animales o sustancias vegetales, como productos de la degradación de fibras naturales. El agente etiológico puede derivarse de un organismo viable o de contaminantes o constituir un componente específico del polvo. Los peligros biológicos se dividen en agentes infecciosos y no infecciosos. Los peligros no infecciosos pueden dividirse a su vez en organismos viables, toxinas biógenas y alérgenos biógenos.	
Peligros infecciosos	Las enfermedades profesionales por agentes infecciosos son relativamente poco comunes. Los trabajadores en situación de riesgo son los empleados de hospitales, el personal de los laboratorios, los agricultores, los trabajadores de mataderos, los veterinarios, los trabajadores de los zoológicos y los cocineros. La susceptibilidad varía mucho (p. ej., las personas tratadas con fármacos inmunodepresores tendrán una elevada sensibilidad).	Hepatitis B, tuberculosis, carbunco, brucelosis, tétanos, <i>Chlamydia psittaci</i> , <i>Salmonella</i>
Organismos viables y toxinas biógenas	Los organismos viables incluyen hongos, esporas y micotoxinas; las toxinas biógenas incluyen endotoxinas, aflatoxinas y bacterias. Los productos del metabolismo de las bacterias y los hongos son complejos y numerosos y se ven afectados por la temperatura, la humedad y el tipo de sustrato en el que crecen. Desde el punto de vista químico, pueden ser proteínas, lipoproteínas o mucopolisacáridos. Las bacterias grampositivas y gramnegativas y mohos son ejemplos de estos organismos. Los trabajadores más expuestos a riesgo son los de las fábricas de algodón, los trabajadores del cáñamo y el lino, los de las plantas de tratamiento de aguas y fangos residuales y los trabajadores de los silos de cereales.	Bisinosis, "fiebre del grano", enfermedad del legionario
Alérgenos biógenos	Los alérgenos biógenos pueden ser hongos, proteínas de origen animal, terpenos, ácidos y enzimas. Una parte considerable de los alérgenos biógenos en la agricultura procede de las proteínas de la piel de los animales, el pelo de los animales y las proteínas del material fecal y la orina. Pueden encontrarse alérgenos en muchos entornos industriales, como los procesos de fermentación, la producción de fármacos, las panaderías, la producción de papel, el procesamiento de la madera (serrado, producción, fabricación), así como en la biotecnología (producción de enzimas y vacunas, cultivo de tejidos) y la producción de especias. En personas sensibilizadas, la exposición a agentes alérgicos puede causar síntomas alérgicos como rinitis alérgica, conjuntivitis o asma. La alveolitis alérgica se caracteriza por síntomas respiratorios agudos, como tos, escalofríos, fiebre, cefaleas y dolor muscular, y puede llegar a producir fibrosis pulmonar crónica.	<i>Asma profesional</i> : lana, pieles, granos de trigo, harina, cedro rojo, ajo en polvo <i>Alveolitis alérgica</i> : enfermedad del agricultor, bagazositis, "enfermedad del avicultor", fiebre del humidificador, secuoiosis

Evaluación exposición agentes biológicos



	TIPOS DE TRANSMISIÓN	EJEMPLOS	ACTIVIDADES LABORALES EN QUE EXISTE EXPOSICIÓN
De animal a persona (Zoonosis)	Por mordedura o picadura	Rabia	Crianza, cuidados de animales domésticos, zoológicos, demoliciones.
		Enfermedad de Chagas	Actividades agrícolas o en zonas de contagio.
	Por contacto directo	Toxoplasmosis	Crianza y cuidado de animales domésticos.
		Por consumo o por contacto con desechos de animales infectados	Hidatidosis
Brucelosis			Ganadería.
Virus Anta	Actividades agrícolas, campamentos en zonas de contagio.		
De persona a persona	Contagio por la vía de desechos humanos	Psitacosis	Crianza y cuidados de aves, zoológicos.
		Enfermedades agudas respiratorias	Lugares de atención a público, trabajo con niños, trabajo con enfermos.
		Enfermedades diarreicas, fiebre tifoidea	Manipulación de alimentos, lugares con mal abastecimiento de agua potable.
		Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH)	Trabajo en clínicas, consultorios, hospitales, servicios dentales.

El empresario tiene la obligación de identificar los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, y proceder, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y duración de la exposición de los trabajadores.

Cuando se trate de trabajos que impliquen la exposición a varias categorías de agentes biológicos, los riesgos se evaluarán basándose en el peligro que supongan todos los agentes biológicos presentes.

La evaluación de riesgos se efectuará teniendo en cuenta toda la información disponible y, en particular:

a. La naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo a que pertenecen (anexo II R. D. 664/97)

b. Las recomendaciones de las autoridades sanitarias sobre la conveniencia de controlar el agente biológico a fin de proteger la salud de los trabajadores que estén o puedan estar expuestos a dicho agente en razón de su trabajo.

c. La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores como resultado de su actividad profesional.

d. Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad profesional de los trabajadores.

e. El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.

f. El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido, debido a circunstancias tales como patologías previas, medicación, trastornos inmunitarios, **embarazo o lactancia**.

Al contrario que para la evaluación de riesgos por exposición ambiental a agentes químicos, el RD 664/97 no exige explícitamente la medición ambiental como elemento esencial de la evaluación de riesgos por exposición a agentes biológicos. Sin embargo, en ciertas circunstancias, la medición puede resultar útil.

En esos casos es conveniente distinguir entre las diferentes utilidades de la misma, fundamentalmente, entre la medición realizada para recabar información sobre la presencia de agentes biológicos (cantidad y naturaleza) en un determinado ambiente, y la medición utilizada como herramienta en la evaluación del riesgo de los trabajadores debido a la exposición a agentes biológicos, riesgo que, fundamentalmente, va asociado a la exposición a bioaerosoles.

En su aplicación más sencilla, "evaluación ambiental", el objetivo de la medición es comprobar la presencia de agentes biológicos en un ambiente y, en función de los objetivos establecidos, determinar alguno de los componentes del bioaerosol. Los datos obtenidos complementan la información necesaria para el estudio de la situación.

Cuando la decisión de medir responde a una situación de "riesgo por exposición a agentes biológicos", la necesidad de contar con datos representativos de la exposición del trabajador exige una planificación de la medición en la que se determinen de antemano los agentes que se han de medir, el equipo o equipos de muestreo más idóneos, los ensayos analíticos, etc., y el establecimiento de una estrategia de muestreo que permita garantizar al máximo la representatividad y fiabilidad de los resultados. En dicha planificación deben incluirse también los criterios para la interpretación de los resultados.

Este último caso presenta dos problemas:

a) no se dispone de una metodología de medición (toma de muestras y análisis) "normalizada" o estandarizada que permita la comparación entre los resultados obtenidos en distintos estudios publicados, ya que, normalmente se han obtenido utilizando equipos de muestreo diferentes y distintos ensayos analíticos y

b) no se dispone de valores límite de exposición profesional, lo que dificulta la interpretación de los resultados.

Medidas y Niveles de contención

En función de la combinación de las prácticas, las técnicas y los elementos de contención se establecen cuatro niveles de bioseguridad en laboratorios.

El nivel de bioseguridad necesario para el trabajo en laboratorio con un agente biológico determinado se establece a partir del resultado de una evaluación de riesgos en la que se han de tener en cuenta:

- El peligro intrínseco del agente biológico que se va a utilizar o manipular, que depende de las características del agente (virulencia, vías de transmisión, facilidad de contagio, disponibilidad de tratamiento, etc.). Este peligro intrínseco queda establecido a partir de la inclusión del agente biológico en uno de los grupos definidos en el artículo 3 del Real Decreto 664/1997.
- Las características de la actividad: volumen, concentración de material infeccioso, procedimientos de trabajo, posibilidad de dispersión o de generación de aerosoles, uso de material punzante o cortante, etc.

La capacitación del personal, las prácticas y las técnicas de laboratorio se complementan con los equipos de seguridad del laboratorio o barreras físicas primarias que evitan, o limitan, la fuga de microorganismos hacia el entorno de trabajo, y con el diseño y construcción del laboratorio o barreras físicas secundarias, que limitan la fuga de microorganismos hacia el entorno o hacia otras zonas de trabajo.

Tabla 1. Equipos de bioseguridad

Equipo	Peligro evitado	Características de seguridad	Usos
Cabinas de seguridad biológica (CSB). Clases I y II	Bioaerosoles Salpicaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo a través de la abertura frontal. • Flujo de aire frontal. Flujo de aire descendente laminar sobre el área de trabajo (CSB Clase II). • Filtración (HEPA) del aire expulsado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones que generen bioaerosoles en grandes cantidades o que contengan agentes patógenos por vía aérea. • Manipulación de equipos, paquetes o material contaminado o sospechoso de estarlo.
CSB. Clase III	Bioaerosoles Salpicaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo a través de mangas largas y guantes. Contención máxima. • Filtración (HEPA) del aire introducido y expulsado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones con agentes biológicos grupo 4.
Cámaras aislantes flexibles			<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo de campo. • Operaciones que no se pueden realizar en CSB Clase III.
Dispositivos de pipeteo	Ingestión de patógenos Inhalación de bioaerosoles por aspiración bucal, soplado, goteo	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de manejo. • Evita la contaminación del extremo bucal de la pipeta. • Protege el dispositivo, al usuario y el circuito de vacío. • Evita el goteo de la pipeta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Siempre que se requiera pipetear.
Asas de siembra desechables	Salpicaduras Bioaerosoles	<ul style="list-style-type: none"> • Un solo uso, no precisan calentamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivo microbiológico. • Óptimas para el trabajo en CSB.
Microincineradores (gas o electricidad)	Salpicaduras Bioaerosoles	<ul style="list-style-type: none"> • Protección mediante tubo de vidrio o cerámica. Evita las salpicaduras y la dispersión de bioaerosoles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esterilización de asas de siembra reutilizables en CSB. <i>Colocar en la parte trasera de la superficie de trabajo de la CSB para evitar perturbar el flujo de aire.</i>
Homogeneizadores, agitadores, mezcladores y desintegradores ultrasónicos	Bioaerosoles	<ul style="list-style-type: none"> • Aparatos diseñados para el trabajo en laboratorio. <i>Aun así pueden liberar bioaerosoles</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar las operaciones con estos equipos en CSB. • Cubrirlos con pantallas protectoras durante su uso. <i>Los dispositivos protectores y la parte exterior de los equipos deben descontaminarse tras su uso</i>
Frascos con tapón de rosca	Bioaerosoles Derrames	<ul style="list-style-type: none"> • Contención eficaz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Frascos, recipientes de cultivo que puedan estar a una presión diferente de la atmosférica.
Recipientes para agentes biológicos o muestras que los contengan	Liberación de microorganismos	<ul style="list-style-type: none"> • Robustez. • Recipiente primario para la muestra estanco. • Material absorbente escapes. • Recipiente secundario (primario más absorbente) estanco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte entre laboratorios e instituciones.
Recipientes para material infeccioso	Bioaerosoles, derrames y fugas	<ul style="list-style-type: none"> • Herméticos, con tapa. • Esterilización en autoclave. • Duraderos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recogida y transporte de material infeccioso destinado a la esterilización dentro del laboratorio.
Instrumentos cortantes y punzantes con mecanismo de bioseguridad	Cortes y pinchazos	<ul style="list-style-type: none"> • Impiden acceder a la zona cortante o punzante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de sangre y otros fluidos biológicos. • Otras técnicas médicas.
Recipientes para objetos cortantes y punzantes	Cortes y pinchazos	<ul style="list-style-type: none"> • Robustos a prueba de perforaciones. • Posibilidad de tratamiento en autoclave. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación con la mínima manipulación de objetos cortantes y punzantes.
Autoclaves	Material infeccioso	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño aprobado. • Esterilización térmica eficaz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de toda forma de vida en materiales destinados a la reutilización o a su eliminación.

CARACTERÍSTICAS DE LOS LABORATORIOS SEGÚN SU NIVEL DE BIOSEGURIDAD

Laboratorio básico de Nivel de Bioseguridad 1

Este nivel es el adecuado para la manipulación de agentes biológicos que se sabe que no causan enfermedad en condiciones normales a los seres humanos sanos y suponen un riesgo potencial mínimo para el personal de laboratorio y el medio ambiente, por lo que no están recogidos en la tabla del anexo II del RD 664/1997.

Las características de bioseguridad de estos laboratorios son:

Prácticas de laboratorio

- Las puertas del laboratorio deben mantenerse cerradas y el acceso al laboratorio se limitará, a juicio del responsable del mismo, cuando los experimentos se hallen en marcha.

- Las superficies de trabajo se descontaminarán al menos una vez al día, al final de la jornada de trabajo y después de cualquier derrame de material biológico.

- Se evitará el desorden y la falta de limpieza dentro del laboratorio.

- Debe evitarse el uso innecesario de agujas hipodérmicas, de jeringas o de otros instrumentos cortantes o punzantes. Cuando sea imprescindible se utilizarán instrumentos con dispositivos de seguridad, a la vez que se especificarán y aplicarán procedimientos seguros tanto para su utilización como para su eliminación y la de los residuos contaminados. También se formará y capacitará al trabajador para la aplicación y utilización adecuada de los mismos.

- Los residuos cortantes o punzantes se recogerán en contenedores adecuados resistentes.

- En la medida de lo posible, se sustituirá el material de cristal por el de plástico.

- Cualquier técnica o manipulación debe efectuarse de manera que se minimice la generación de aerosoles y salpicaduras.

- La recogida y limpieza de derrames se realizará de forma segura según procedimiento escrito.

- Está prohibido pipetear con la boca; para ello se emplearán dispositivos de tipo mecánico.

- Se evitará llevarse las manos, o cualquier material, a la boca así como frotarse los ojos.

- No está permitido comer, beber, fumar, maquillarse o llevar lentillas en el laboratorio.

- La comida se almacenará en armarios refrigeradores destinados a tal fin y situados fuera de la zona de trabajo.

- Tras la manipulación de materiales o animales contaminados, los trabajadores deberán lavarse las manos, después de quitarse los guantes y al salir del laboratorio.

- Estará prohibido salir del laboratorio con la ropa de trabajo y con los equipos de protección puestos.
- La ropa de trabajo no se guardará en el mismo lugar que la ropa de calle, recomendándose una doble taquilla, una para la ropa de calle y otra para la ropa de trabajo.
- La recogida, manipulación, almacenamiento y el transporte de muestras, de material contaminado o de residuos se hará en contenedores específicos y de forma adecuada.
- Se implementará un sistema de gestión de residuos según la legislación específica.
- Se formará y capacitará a todo el personal en las distintas técnicas microbiológicas estándar y en el uso seguro de equipos e instrumental.
- Se realizará la vigilancia de la salud de los trabajadores y la vacunación en función de los resultados de la evaluación.
- Se implantará un programa de desinsectación y desratización.
- No estará permitida la entrada de animales no relacionados con el trabajo del laboratorio.

Equipo de seguridad

- Normalmente no es necesario equipo de contención, como cabinas de seguridad biológica.
- Se dispondrá de sistemas mecánicos de pipeteo.
- Se recomienda el empleo de batas u otro tipo de ropa de trabajo que prevenga la contaminación de la ropa de calle.
- Se recomienda el uso de equipo de protección individual, como guantes impermeables, cuando haya lesiones en las manos, y gafas o pantallas faciales en caso de proyecciones o salpicaduras.

Instalaciones

- No es necesario que el laboratorio esté separado o aislado de otras zonas del edificio de tránsito público.
- Es aconsejable que la puerta del laboratorio se cierre automáticamente, esté protegida contra incendios y esté provista de una mirilla de observación u otro dispositivo que permita ver a los ocupantes, así como poner de manifiesto los accidentes e incidentes que puedan producirse.
- El laboratorio estará diseñado de manera que su limpieza resulte cómoda y accesible, con techos, paredes y suelos fáciles de limpiar. Los suelos serán antideslizantes.
- Las superficies de las mesas serán impermeables y resistentes a ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y al calor moderado, fáciles de limpiar evitando rendijas y esquinas que favorezcan la acumulación de suciedad.
- El mobiliario será robusto. Entre mesas, estanterías, armarios, cabinas y otros equipos debe haber espacio suficiente para permitir la fácil limpieza y el movimiento cómodo de los trabajadores.

- El laboratorio dispondrá de lavamanos instalados cerca de la salida; si se considera necesario, se instalarán duchas de emergencia y lavaojos.
- Fuera del laboratorio se dispondrá de vestuarios con taquillas para la ropa, comedores y/o zonas de descanso para el personal.
- En caso de ventanas practicables, estas deberán llevar protección frente a la entrada de insectos.
- Habrá espacio suficiente para el almacenamiento de materiales y reactivos de uso inmediato. Para el almacenamiento a largo plazo se recomienda un local fuera de la zona de trabajo. Se dispondrá de espacio e instalaciones para manejar y almacenar disolventes, material radioactivo y gases comprimidos en condiciones adecuadas de seguridad y siguiendo las normativas específicas para ello.
- El laboratorio dispondrá de ventilación e iluminación adecuada, evitando reflejos y brillos molestos. Además, debe disponer de un sistema de iluminación de emergencia, que permita salir del laboratorio en condiciones de seguridad y de un equipo electrógeno de reserva para alimentar los aparatos esenciales (estufas, CSB, congeladores, etc.).
- El laboratorio contará con un botiquín adecuado y, si es necesario, con zona o sala de primeros auxilios.

Laboratorio básico de Nivel de Bioseguridad 2

Este nivel es el adecuado para la manipulación de agentes biológicos de riesgo moderado que causan enfermedades humanas de diversa gravedad y para las que existe generalmente profilaxis y tratamiento eficaz.

Se aplicarán todas las medidas descritas en el laboratorio básico de nivel de bioseguridad 1 más las que a continuación se expresan.

Prácticas especiales

- En la puerta de entrada del laboratorio se colocará la señal de peligro biológico, se identificará el nivel de bioseguridad del laboratorio, el agente o agentes infecciosos en uso, el nombre y el número de teléfono de la persona o personas responsables y los requisitos especiales necesarios para poder entrar al laboratorio (por ejemplo, la necesidad de inmunización o el uso de mascarillas o de otros equipos de protección individual). Las personas especialmente sensibles no tendrán permitida la entrada al laboratorio.
- Se descontaminarán las superficies de trabajo de forma regular al finalizar el trabajo con material infeccioso y siempre que se produzcan derrames, salpicaduras u otra contaminación con material infeccioso. También los equipos del laboratorio deben ser descontaminados después de finalizado el trabajo con material infeccioso, en caso de proyecciones y salpicaduras, antes de someterlos a operaciones de mantenimiento o de reparación y antes de sacarlos del laboratorio. Estas operaciones se han de realizar según procedimientos escritos, por personal adecuadamente formado y con los equipos de protección individual adecuados frente a los agentes infecciosos potencialmente presentes.
- Todo derrame o accidente que tenga como consecuencia la sobreexposición del personal a material infeccioso deberá ser comunicado al

responsable de seguridad e higiene para su registro, evaluación, control y tratamiento médico, si es necesario.

- Ningún material infeccioso (muestras, cultivos o de materiales potencialmente infecciosos o de desechos contaminados) saldrá del laboratorio sin descontaminar. En caso de transporte fuera del laboratorio se hará en contenedores específicos.

- Todas las técnicas que puedan producir aerosoles (por ejemplo: centrifugación, mezclas, apertura de envases de materiales infecciosos a distinta presión, inserción de asas de siembra calientes en el cultivo, inyección violenta de fluidos, etc.) se realizarán en una CSB.

- El personal del laboratorio y de asistencia o soporte ha de recibir una formación adecuada sobre los posibles riesgos asociados al trabajo en cuestión y las medidas preventivas necesarias para evitar o reducir la exposición. Esta formación se actualizará según las modificaciones en las condiciones de trabajo que se vayan introduciendo.

- Se realizará una vigilancia de la salud del personal del laboratorio, prestando atención a su estado inmunitario o a los análisis indicados en función de los agentes manipulados o potencialmente presentes.

Equipos de seguridad

- Se dispondrá de CSB de clase I o preferiblemente de clase II u otros sistemas de protección física del personal, que se utilizarán cuando se lleven a cabo técnicas con un alto riesgo de formación de aerosoles o cuando se manipulen grandes volúmenes o altas concentraciones de agentes infecciosos.

- Se dispondrá de ropa de trabajo y equipos de protección individual, como guantes impermeables para la manipulación de material potencialmente infeccioso en el interior de las CSB y guantes, gafas y mascarilla para trabajos con material infeccioso realizados en el banco de trabajo y en los que se puedan generar aerosoles, salpicaduras o proyecciones.

Instalaciones

- Es aconsejable que el laboratorio donde se manipulen agentes biológicos esté alejado o separado de zonas públicas de paso.

- La ventilación será la adecuada, de forma que se establezca un flujo de aire direccional desde el exterior del laboratorio (zona menos contaminada) hacia el interior del mismo (zona más contaminada), sin recirculación.

- Cada laboratorio dispondrá de lavamanos, duchas de emergencia y lavaojos, que se pondrán en funcionamiento preferiblemente mediante un pedal, el codo o de forma automática, situados cerca de la puerta de salida del laboratorio.

- Es aconsejable tener en el mismo laboratorio o en un local anexo un método de descontaminación eficaz (autoclave, incinerador, método químicos) para la descontaminación del material de desecho o infeccioso.

Laboratorio de contención. Nivel de Bioseguridad 3

Este nivel es el adecuado para la manipulación de agentes biológicos del grupo 3, así como con grandes volúmenes o concentraciones de agentes biológicos del grupo 2, por entrañar un mayor riesgo de difusión de aerosoles.

Se aplicarán todas las medidas descritas para los laboratorios de nivel de bioseguridad 1 y 2 más las que a continuación se expresan.

Prácticas especiales

- Acceso estrictamente controlado, solo entrará al laboratorio personal autorizado. En la puerta de entrada al laboratorio puede indicarse la lista de personas autorizadas. Las personas con un alto riesgo de contraer infecciones o para las que estas puedan resultar especialmente peligrosas tienen prohibida la entrada.

- Todas las actividades con manipulación de material infeccioso se realizarán en una CSB adecuada o mediante el empleo de equipos que ofrezcan una protección similar.

- Todos los filtros HEPA serán probados y certificados (test de integridad una vez al año y cada vez que el filtro sea sustituido). Se instalarán de forma que permitan su descontaminación in situ antes de retirarlos.

- Los derrames y otros accidentes que tengan como consecuencia la sobreexposición del personal a materiales infecciosos deberán ser comunicados al responsable de seguridad e higiene, se debe ofrecer la evaluación, el control y al tratamiento médico necesarios y guardar un registro del accidente (según artículo 9.1 del RD 664/1997).

- Se elaborará un plan de contingencia para hacer frente a los accidentes que tengan lugar en el laboratorio en el que se deberá contar con las autoridades locales o nacionales (ver artículo 6.h del Real Decreto 664/1997).

- No se permitirá la presencia de animales o plantas no relacionados con el trabajo en laboratorio.

Equipo de seguridad

- Se dispondrá de CSB, preferiblemente de clase II o III. Cuando no se pueda realizar un procedimiento dentro de una cabina, se utilizarán las combinaciones adecuadas de equipos de protección individual y otros dispositivos de contención física.

- Deberá llevarse ropa de uso exclusivo en el laboratorio, batas sin abertura delantera o trajes de dos piezas tipo pijamas, monos, gorros y protección para el calzado o calzado especial.

Instalaciones

- Es aconsejable que el laboratorio se encuentre separado de otras actividades que se desarrollen en el mismo edificio, mediante un vestíbulo o sala de doble puerta que puede servir como vestuario, ducha y almacén para los equipos de protección individual. Las dobles puertas de acceso al laboratorio deben ser de cierre automático y disponer de un mecanismo de interbloqueo, de forma que solo una de ellas esté abierta al mismo tiempo.

- El laboratorio estará diseñado de manera que su limpieza resulte cómoda y accesible, con mesas, techos, paredes y suelos fáciles de limpiar, impermeables y resistentes a la acción de ácidos, álcalis, disolventes y desinfectantes, evitándose las rendijas y esquinas. Los suelos serán antideslizantes.

- La sala del laboratorio será hermética, con sellado de juntas externas (marco y puertas, entrada de tuberías) para garantizar una adecuada estanqueidad a la hora de su descontaminación.

- Las ventanas llevarán cristales resistentes a la rotura y permanecerán siempre cerradas y selladas.

- Es aconsejable que la entrada y salida del aire estén controladas de manera que el sistema cree una corriente de aire unidireccional que vaya de los pasillos o zonas menos contaminadas hacia el interior del laboratorio, de forma que el aire de salida vaya directamente al exterior sin recircularse, creándose a su vez un gradiente decreciente de presiones desde el pasillo hacia el interior del laboratorio. Se verificará que la dirección del flujo de aire dentro del laboratorio es en todo momento la correcta mediante, por ejemplo, la instalación de un dispositivo de monitorización visual que indique y confirme la direccionalidad correcta del flujo de aire hacia dentro y alarmas audibles en la entrada del laboratorio, que notifiquen fallos en esta direccionalidad.

- El aire de salida del laboratorio pasará a través de filtro HEPA antes de llegar al exterior. La instalación de filtros HEPA se realizará de forma que permita la descontaminación con gases y la realización de las pruebas de verificación del filtro.

- Las líneas de vacío se protegerán con trampas de desinfectante y con filtros HEPA o equivalente.

- En el mismo laboratorio preferiblemente o en un local anexo deberá colocarse un método de descontaminación aprobado para el material infeccioso (autoclave, métodos químicos, incinerador).

- Es aconsejable que el diseño y los procedimientos operativos del laboratorio de Nivel de Bioseguridad 3 estén documentados. Antes de empezar a trabajar se recomienda hacer una prueba para verificar que se ha cumplido con el diseño y con los parámetros operativos del establecimiento. Además, periódicamente, al menos una vez al año, se deberá hacer una reverificación del establecimiento, sobre la base de estos procedimientos, según hayan sido modificados o no por la experiencia operativa.

- La conexión de agua destinada al laboratorio será independiente de la del agua de bebida. El abastecimiento de agua potable estará protegido contra el reflujo.

Laboratorio de contención. Nivel de Bioseguridad 4

Este nivel es el adecuado para la manipulación de agentes del grupo de riesgo 4, transmitidos por mecanismos no bien conocidos o por vía aérea, que causan enfermedad grave y para los cuales no existe una profilaxis o tratamiento eficaz.

Antes de construir y poner en funcionamiento un laboratorio de contención máxima se requiere una intensa labor de consulta con instituciones que tengan experiencia en el trabajo de este tipo de laboratorios.

Se aplicarán todas las medidas descritas en los laboratorios de nivel de bioseguridad 1, 2 y 3 más las que a continuación se expresan.

Prácticas especiales

- Se ha de trabajar como mínimo en parejas, nunca un trabajador se debe quedar solo en el laboratorio.
- El personal debe estar capacitado para la evacuación de emergencia en caso de que un miembro del personal sufra lesiones o enferme. Se dispondrá de protocolos prácticos y efectivos para situaciones de emergencia.
- La entrada y salida de materiales, muestras y/o equipos se realizará a través del sistema de caja de paso por autoclave, esclusa o cámara de fumigación de doble puerta, que será adecuadamente descontaminada entre un uso y otro.
- Los materiales biológicos que tengan que salir en estado viable del laboratorio o de las cabinas de clase III lo harán en un contenedor primario sellado e irrompible, el cual irá en un segundo contenedor también sellado, irrompible y de fácil descontaminación en superficie, que pasará antes de salir del laboratorio por un tanque de inmersión en líquido desinfectante.
- Todos los efluentes líquidos procedentes del lado sucio o de la zona contaminada (zona de trabajo con trajes especiales, la cámara y ducha de descontaminación o la CSB de clase III y el vestuario interior) serán descontaminados por calor o por otro método probado antes de descargarse a la red sanitaria general del edificio.
- Las personas autorizadas, antes de entrar, deben estar informadas de los posibles riesgos y de las medidas de seguridad adecuadas que han de adoptar para su seguridad y la de los demás; por lo que deben cumplir con las instrucciones y los procedimientos aplicables a la entrada y a la salida del laboratorio.
- El personal que trabaja con organismos en este nivel de bioseguridad estará capacitado en las prácticas y técnicas microbiológicas estándar y en las prácticas y operaciones especiales específicas del laboratorio. Asimismo, debe recibir información y formación sobre los riesgos y las medidas preventivas, previa al inicio de los trabajos y con las actualizaciones periódicas que sean necesarias en función de los cambios, de los nuevos conocimientos y de los avances científicos y tecnológicos que se produzcan.
- Al entrar al laboratorio el personal se desnudará completamente, y a continuación se pondrá la ropa exclusiva del laboratorio, incluyendo la ropa interior. Del mismo modo, al salir, el trabajador se desnudará, se duchará y a continuación se pondrá la ropa de calle. La ropa sucia o contaminada se introducirá en una caja para su descontaminación antes de salir para ser lavada. El vestuario para ponerse y quitarse la ropa de calle (vestuario exterior) debe ser distinto del de ponerse y quitarse la ropa de laboratorio (vestuario interior), y ambos estarán separados por una ducha.
- Antes de comenzar el trabajo se realizará una inspección diaria de todos los parámetros de contención (por ejemplo, flujo de aire unidireccional, duchas químicas) y sistemas de soporte vital para asegurarse de que el laboratorio está operando de acuerdo con sus parámetros operativos.
- Habrá un libro de registro firmado por todo el personal, que recogerá la fecha y hora de cada entrada y salida.

Equipos de seguridad

- Todas las manipulaciones que se lleven a cabo en el laboratorio se efectuarán dentro de una CSB de clase III o en una CSB de clase II en combinación con traje especial de una sola pieza, dotado de presión positiva y con suministro de aire filtrado por filtro HEPA, también dispondrá de una fuente de aire independiente, para utilizarla en caso de emergencia.

Instalaciones

Hay dos modelos de laboratorios de Nivel de Bioseguridad 4 en función de cómo se establece el sistema de contención primaria:

- Laboratorio en el que toda manipulación del agente se realiza dentro de una CSB de clase III.

- Laboratorio en el que se requiere el uso de trajes de protección especiales de una sola pieza, con respiración asistida y con presión positiva en el interior en relación con el ambiente exterior.

LABORATORIO CON CSB DE CLASE III

- El laboratorio consiste en una sala aislada dentro del edificio en cuyo interior se encuentra una CSB clase III. La entrada a dicha sala está diseñada para garantizar el paso a través de un vestíbulo, esclusa, air lock o sala con dos puertas dispuestas en serie, de cierre automático y estanco hacia el interior, dotadas de un mecanismo que impida la apertura de ambas al mismo tiempo. Para entrar en la sala con la CSB de clase III será necesaria una ducha, por lo que se dispondrá de un vestuario interior (ropa de trabajo) y otro exterior (ropa de calle) para el cambio de ropa, separados por duchas higiénicas a disposición del personal que entra y sale de la sala con la CSB de clase III.

LABORATORIO PARA TRABAJAR CON TRAJES ESPECIALES

- Consiste en una sala aislada dentro del edificio diseñada de forma que el personal al salir de la sala donde se manipula el material infeccioso pase a través de una zona de descontaminación y vestuario, en donde se someterá a una ducha de descontaminación química de la superficie del traje, y a continuación pasará a un vestuario interior (ropa de trabajo) separado por una ducha higiénica del vestuario exterior (ropa de calle).

- La entrada en la zona del laboratorio destinada al trabajo con trajes especiales se realizará por una sala o esclusa con dos puertas de cierre automático, estanco y con dispositivo antibloqueo que impida la abertura de ambas puertas a la vez.

- Estos laboratorios dispondrán de un sistema apropiado de alarma que el personal podrá utilizar en caso de fallo del sistema mecánico o de aire.

Los laboratorios de este nivel de bioseguridad pueden estar basados en uno de estos modelos o en la combinación de ambos en el mismo establecimiento. Si se utiliza una combinación, cada tipo debe cumplir todos los requerimientos necesarios.

- El laboratorio de nivel 4 estará situado en un edificio independiente o en una zona claramente delimitada en el interior de un edificio (algunos autores recomiendan que esté dentro de un nivel 3 de bioseguridad).

- Se dispondrá de cámaras de cierre hermético o sistemas de caja de paso (autoclave, air lock, tanque de inmersión) o cámara de fumigación con

doble puerta (una puerta hacia la sala con la CSB de clase III o hacia la sala para trabajar con trajes especiales y otra puerta hacia el exterior de estas salas). Las puertas de estas cámaras estarán diseñadas de forma que la puerta exterior no pueda abrirse a menos que el autoclave haya completado un ciclo de esterilización o que la cámara de fumigación haya sido descontaminada.

- La sala con la CSB de clase III o la sala para el trabajo con trajes especiales y el vestuario interior serán estancos, permitiendo su precintado para la fumigación. Todas las superficies internas de estos locales, así como las penetraciones a los mismos (tuberías) estarán selladas. Las superficies internas de estos locales (mesa, suelo, paredes y techos) serán lisas, impermeables, de fácil limpieza, sin rendijas, ni esquinas, resistentes a ácidos, álcalis, disolventes y desinfectantes.

- Las puertas de acceso serán de cierre automático y con posibilidad de ser cerradas con llave.

- Cualquier ventana que exista llevará cristal irrompible y estará sellada.

- La entrada y salida de aire será a través de filtro HEPA (es aconsejable que la salida de aire sea previo paso por dos filtros HEPA). Debe mantenerse la presión negativa dentro de las instalaciones. El sentido del flujo de aire debe ir de la zona menos contaminada a la más contaminada, existiendo una alarma que indique una dirección de flujo incorrecta. El aire del laboratorio de nivel de bioseguridad 4 no se recirculará a otras zonas.

- Si existe un sistema centralizado de vacío, debe serlo a través de filtros HEPA; otros servicios que se suministran al laboratorio, tanto de líquidos como de gases, estarán protegidos por un dispositivo que evite el reflujo.

- Las líneas de suministro eléctrico serán exclusivas del laboratorio, también habrá equipos de iluminación de emergencia.

- Se instalarán sumideros de contención.

- Existirán sistemas de comunicación entre el laboratorio y el exterior (micrófonos, fax, teléfonos).

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

OMG

Atendiendo a la información obtenida en la evaluación de riesgos para la salud humana y el medio ambiente, las actividades de utilización confinada se clasifican en cuatro tipos, que determinan las medidas de control y protección que se han de implantar:

- Tipo 1 Actividades de riesgo nulo o insignificante: aquellas en las cuales el grado 1 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 2 Actividades de bajo riesgo: aquellas en las cuales el grado 2 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 3 Actividades de riesgo moderado: aquellas en las cuales el grado 3 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.
- Tipo 4 Actividades de alto riesgo: aquellas en las cuales el grado 4 de confinamiento es suficiente para proteger la salud humana y el medio ambiente.

El confinamiento también puede garantizarse mediante el uso de buenas prácticas de trabajo, formación, equipos de confinamiento y diseño de las instalaciones. En todas las actividades en las que intervengan OMG se aplicarán los principios de las buenas prácticas microbiológicas, así como los principios fundamentales de seguridad e higiene en el lugar de trabajo, en particular los contenidos en el Real Decreto 664/1997.

Tabla 1. Actividades de laboratorio.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Dependencias de laboratorio. <i>Aislamiento: el laboratorio se encuentra separado de otras zonas del mismo edificio o en un edificio separado</i>	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Laboratorio: hermético para efectuar una fumigación	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Entrada y salida independientes	No exigida	No exigida	Exigida	Exigida
Equipo				
Superficies resistentes a ácidos, álcalis, disolventes, desinfectantes y agentes de descontaminación y de fácil limpieza	Exigida (mesa)	Exigida (mesa)	Exigida (mesa y suelo)	Exigida (mesa, suelo, techo y paredes)
Acceso al laboratorio a través de una esclusa. <i>La entrada debe efectuarse a través de una esclusa aislada del laboratorio. El lado limpio ha de estar separado del lado restringido mediante unas instalaciones con vestuarios o duchas y preferentemente con puertas de cerradura dependiente</i>	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Presión negativa respecto a la presión del medio ambiente inmediato	No exigida	No exigida	Exigida con excepción de las actividades en que la transmisión no es por vía aérea	Exigida
Aire de entrada y salida del laboratorio tratado con filtros HEPA (<i>High Efficiency Particulate Air</i>)	No exigida	No exigida	Exigida (HEPA): aire de salida, con excepción de las actividades en que la transmisión no es por vía aérea	Exigida (HEPA): aire de entrada
Recinto o campana de seguridad microbiológica	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Autoclave	In situ	En el edificio	En las dependencias del laboratorio. <i>Se permite el transporte seguro de material al autoclave que se encuentre fuera del laboratorio mediante procedimientos validados y con un nivel de protección equivalente</i>	En el laboratorio. Autoclave con doble puerta
Normas de trabajo				
Acceso restringido	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Señalización de un peligro biológico en la puerta	No exigida	Exigida	Exigida	Exigida
Medidas específicas para el control de la formación y difusión de aerosoles	No exigida	Exigida minimizar	Exigida evitar	Exigida evitar
Ducha	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Indumentaria de protección	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria de protección adecuada	Indumentaria y calzado de protección adecuados	Cambio completo de ropa y calzado antes de entrar y de salir

Tabla 1. Actividades de laboratorio.

Especificaciones	Grado de confinamiento			
	1	2	3	4
Guantes	No exigida	Opcional	Exigida	Exigida
Control eficaz de vectores (p. ej.: roedores e insectos)	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Residuos				
Inactivación de los OMG en los efluentes de lavabos, desagües y duchas o efluentes similares	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Inactivación de los OMG en el material contaminado y en los residuos	Opcional	Exigida	Exigida	Exigida
Otras medidas				
Almacenamiento del equipo en el propio laboratorio	No exigida	No exigida	Opcional	Exigida
Ventana de observación o similar para ver a los ocupantes	Opcional	Opcional	Opcional	Exigida

Cabinas de Seguridad Biológica

Las cabinas de seguridad biológica (CBS) son cámaras de circulación forzada de aire que ofrecen diferentes niveles de protección al trabajador, al ambiente de trabajo y al producto manipulado frente a los riesgos asociados a agentes biológicos peligrosos y otros materiales infecciosos, excluyendo materiales radiactivos, tóxicos y corrosivos.

Este triple objetivo se consigue, dependiendo de las características de la CSB, mediante el control de los flujos de aire que circulan por el interior de la cabina y depurando tanto el aire que circula por ella como el que se expulsa al exterior mediante filtros absolutos (tipo HEPA).

Es importante diferenciar las cabinas de seguridad biológica de las cabinas de flujo laminar, ya que estas últimas 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.

El uso de las CSB se hace necesario cuando en el procedimiento de trabajo existe la posibilidad de que se generen aerosoles peligrosos, como puede suceder en operaciones de centrifugación, trituración, mezclado, agitación enérgica, disrupción sónica, apertura de envases de materiales infecciosos cuya presión interna pueda diferir de la ambiental, flameado de asas de siembra y en determinadas operaciones con animales de experimentación infectados.

Según sus prestaciones, las CSB se clasifican en tres categorías: Clase I, Clase II (tipo A1 y A2 y tipo B1 y B2) y Clase III (UNE-EN 124693).

- Clase I
- Clase II
- Clase III
- Cabinas de flujo laminar
- Selección y ubicación de CSB
- Utilización y descontaminación de CSB

Destacar que las CSB, como todo equipo de trabajo crítico, debe llevar un mantenimiento preventivo y correctivo por empresa especializada y dejar constancia documental de los mismos.

Criterios preventivos

1. Sustitución de agentes biológicos.

Teniendo en cuenta la información técnica y científica disponible, el empresario, cuando la naturaleza de la actividad lo permita, evitará la utilización de agentes biológicos peligrosos mediante su sustitución por otros agentes que, en función de las condiciones de utilización, no sean peligrosos para la seguridad o salud de los trabajadores, o lo sean en menor grado.

2. Reducción de los riesgos.

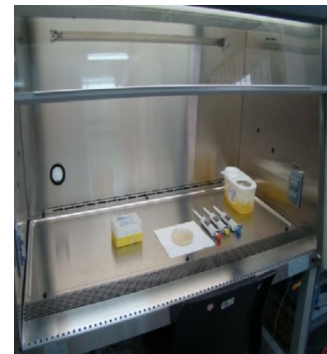
1. Si los resultados de la evaluación pusieran de manifiesto un riesgo para la seguridad o la salud de los trabajadores por exposición a agentes biológicos, deberá evitarse dicha exposición. Cuando ello no resulte factible por motivos técnicos, habida cuenta de la actividad desarrollada, se reducirá el riesgo de exposición al nivel más bajo posible para garantizar adecuadamente la seguridad y la salud de los trabajadores afectados, en particular por medio de las siguientes medidas:

a. Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo. (pdf: medidas de contención)

b. Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.

c. Adopción de medidas seguras para la recepción, manipulación y transporte de los agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.

d. Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.



e. Utilización de medios seguros para la recogida, almacenamiento y evacuación de residuos por los trabajadores, incluidos el uso de recipientes seguros e identificables, previo tratamiento adecuado si fuese necesario.



f. Utilización de medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico fuera del lugar de trabajo.

g. Utilización de una señal de peligro biológico, así como de otras señales de advertencia pertinentes.

h. Establecimiento de planes para hacer frente a accidentes de los que puedan derivarse exposiciones a agentes biológicos.



i. Verificación, cuando sea necesaria y técnicamente posible, de la presencia de los agentes biológicos utilizados en el trabajo fuera del confinamiento físico primario.

2. La evaluación de riesgos deberá identificar a aquellos trabajadores para los que pueda ser necesario aplicar medidas especiales de protección.

3. Vigilancia de la salud de los trabajadores

1. El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes biológicos, realizada por personal sanitario competente. Dicha vigilancia deberá ofrecerse a los trabajadores en las siguientes ocasiones:

a. Antes de la exposición.

b. A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen, considerando el agente biológico, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.

c. Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador, con exposición similar, una infección o enfermedad que pueda deberse a la exposición a agentes biológicos.

2. Los trabajadores podrán solicitar la revisión de los resultados de la vigilancia de su salud.

3. Cuando exista riesgo por exposición a agentes biológicos para los que haya vacunas eficaces, éstas deberán ponerse a disposición de los trabajadores, informándoles de las ventajas e inconvenientes de la vacunación. Cuando los empresarios ofrezcan las vacunas deberán tener en cuenta las recomendaciones prácticas contenidas en el [anexo VI del R. D. 664/97](#).

Lo dispuesto en el párrafo anterior será también de aplicación en relación con otras medidas de preexposición eficaz que permitan realizar una adecuada prevención primaria.

4. Deberá llevarse un historial médico individual de los trabajadores objeto de vigilancia sanitaria.

5. Se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición.

Medidas higiénicas y de Precaución Universal

1. En todas las actividades en las que exista riesgo para la salud o seguridad de los trabajadores como consecuencia del trabajo con agentes biológicos, el empresario deberá adoptar las medidas necesarias para:

- a. Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- b. Proveer a los trabajadores de prendas de protección apropiadas o de otro tipo de prendas especiales adecuadas.
- c. Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.

El lavado de manos deberá realizarse al comenzar y terminar la jornada y después de realizar cualquier técnica que pueda implicar el contacto con material infeccioso. Dicho lavado se realizará con agua y jabón líquido. En situaciones especiales se emplearán sustancias antimicrobianas. Tras el lavado de las manos éstas se secarán con toallas de papel desechables o corriente de aire.

Cubrir heridas y lesiones de las manos con apósito impermeable, al iniciar la actividad laboral.

- d. Los trabajadores cuando entren en contacto con agentes biológicos, animales o fluidos con patologías infecciosas deberán utilizar rutinariamente los elementos de protección barrera adecuados.
 - Guantes - Se utilizarán siempre que se entre en contacto en material infeccioso.
 - Mascarillas y protección ocular - Se utilizarán cuando se prevea, en función de la índole del procedimiento a realizar, la producción de salpicaduras o aerosoles de agentes biológicos, de sangre u otros fluidos que afecten a las mucosas de ojos, boca y nariz.
 - Batas - Se utilizarán cuando pueda haber un contacto con agentes biológicos, sangre u otros fluidos orgánicos que puedan afectar a la ropa de trabajo.
- e. Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.
- f. Especificar los procedimientos de obtención, manipulación y procesamiento de muestras de origen humano o animal.

2. Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

3. Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse las ropas de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no

contengan otras prendas. El trabajador debe disponer de dos armarios o taquillas: una para el vestuario de calle y otra para el vestuario de trabajo. Esto permite guardar de forma separada las prendas de trabajo que pueden estar contaminadas por agentes biológicos del resto de prendas.

4. El empresario se responsabilizará del lavado, descontaminación y, en caso necesario, destrucción de la ropa de trabajo y los equipos de protección a que se refiere el apartado anterior, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven los mismos a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas idóneas al efecto, estará obligado a asegurar que la ropa y los equipos se envíen en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas.

5. Las superficies donde se trabaja deberían ser descontaminadas una vez al día y después del derramamiento de cualquier material infeccioso.

6. Debería existir un programa de desinsectación y desratización.

7. No se almacenará comida e armarios o refrigeradores destinados a material biológico.

MEDIDAS DE PRECAUCIÓN UNIVERSAL

El principio de precaución universal constituye la estrategia fundamental para la prevención del riesgo laboral para todos los microorganismos vehiculizados por la sangre. Su principio básico es que la sangre y otros fluidos corporales tales como la saliva, mucosidades, etc. deben considerarse potencialmente peligrosos, como si estuviesen infectados.

Estas medidas están fuertemente implantadas en el sector sanitario sobretodo.

Para ello debe aceptarse que no existen personas de riesgo sino maniobras de riesgo, por lo que se ha de adoptar precauciones utilizando las barreras protectoras adecuadas en todas las maniobras o procedimientos en los que exista la posibilidad de contacto con la sangre y/o fluidos corporales a través de la piel o mucosidades.

Las precauciones universales se definen como el conjunto de medidas protocolizadas, asumidas y habituales que se basan en que:

- deben ser considerados como potencialmente infectantes todos los usuarios y sus fluidos corporales, independientemente del diagnóstico
- se deben tomar las precauciones necesarias para prevenir que ocurra una transmisión, y por consiguiente un accidente laboral.

Estas medidas giran en torno a 3 puntos:

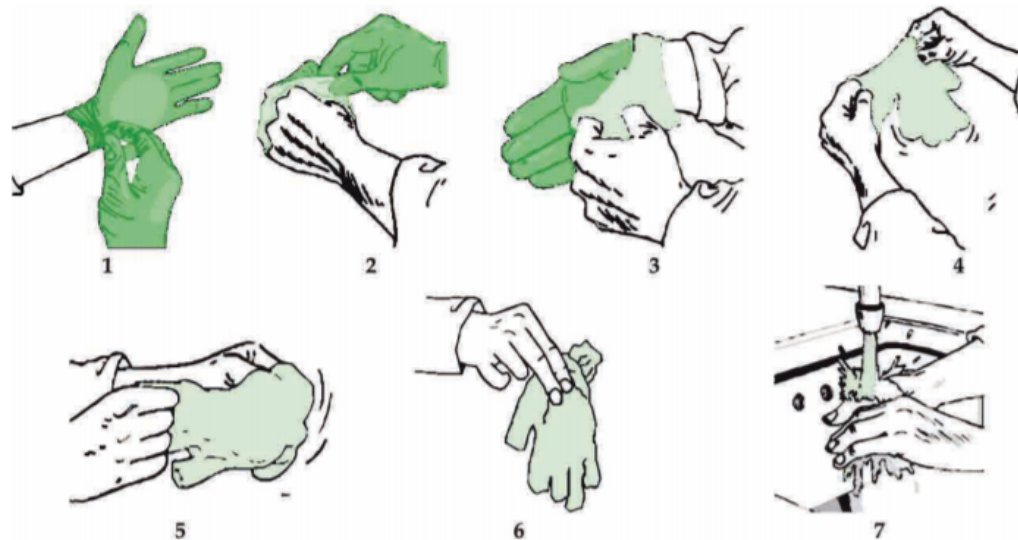
- Universalidad: todos los trabajadores deben seguir las precauciones estándares rutinariamente independientemente de que la persona con la que se trate presente o no patologías. Las medidas deben involucrar a todos los usuarios con los que un determinado trabajador tenga contacto.
- Uso de barreras: Comprende el concepto de evitar la exposición directa a sangre y otros fluidos orgánicos potencialmente contaminantes, mediante la utilización de materiales adecuados que se interpongan al contacto de los mismos. La utilización de barreras (por ejemplo,

guantes) no evitan las consecuencias de exposición a estos fluidos, pero disminuyen las consecuencias de dicho accidente.

- Medios de eliminación del material contaminado: Comprende el conjunto de dispositivos y procedimientos adecuados a través de los cuales los materiales utilizados en la atención de usuarios, son depositados y eliminados sin riesgos de contagio.



Figura 4. Comprobación de la ausencia de fugas.



1. Coger el guante a unos centímetros del borde. 2. Volverlo del revés y quitarlo hasta el inicio de los dedos. 3. Con los dedos protegidos por el guante quitar el guante de la otra mano.	4. Volver del revés y quitar el guante del todo. 5. Acabar de quitar el primer guante. 6. Desechar los guantes de forma apropiada. 7. Lavarse las manos.
---	---

Figura 5. Esquema del procedimiento para retirar los guantes de forma aséptica.

Riesgos derivados del trabajo con cultivos celulares

Los cultivos celulares son el resultado del crecimiento "in vitro" de células obtenidas de organismos pluricelulares. Tienen la categoría de agentes biológicos según la definición recogida en el Artículo 2 del RD 664/97; se refiere en este caso, tanto a cultivos celulares primarios, como a los de líneas continuas celulares o cepas celulares bien definidas.

Riesgos derivados del trabajo con animales y actividades veterinarias

Los **animales son transmisores de enfermedades**, de forma natural, al hombre y viceversa.

Este tipo de enfermedades compartidas por los animales y el hombre se denominan **Zoonosis** (del griego zoo, animal y nosis, enfermedad).

La mayoría de actividades de trabajos con animales estarían incluidas, a la hora de evaluar los riesgos biológicos, entre las **actividades donde no hay una intención deliberada de utilización o manipulación de los agentes biológicos** (contacto con animales o con productos de origen animal) y la posible exposición, por tanto, es incidental al propósito principal de la actividad que se realiza. **Solo en actividades de laboratorio, donde se realiza la inoculación de agentes biológicos a los animales, hablaríamos de actividades con intención deliberada de manipular estos agentes.**



Trabajos en centros de producción de alimentos

Trabajos agrarios

Actividades en las que existe contacto con animales o con productos de origen animal

Trabajos de asistencia sanitaria, comprendidos los desarrollados en servicios de aislamiento y de anatomía patológica

Trabajos en laboratorios clínicos, veterinarios, de diagnóstico y de investigación, con exclusión de los laboratorios de diagnóstico microbiológico

Trabajos en unidades de eliminación de residuos

Trabajos en instalaciones depuradoras de aguas residuales

TABLA 1 Lista indicativa de actividades en las que puede tener lugar una manipulación no deliberada de agentes biológicos (Real Decreto 664/1997. Anexo I)

Los agentes biológicos, a los que se puede ver expuesto el personal que trabaja con animales, van a depender de las especies animales con las que se trabaja, las condiciones de los lugares de trabajo donde se desarrolla la actividad, el cuidado que se preste a estos animales y las actividades que se realicen con ellos.

Ver tabla 2 con ejemplos de las Zoonosis más características en los trabajos con animales.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define las **ZOONOSIS** como aquellas enfermedades que se transmiten de forma natural de los animales vertebrados al hombre, y viceversa. Existen además otras enfermedades infecciosas (bacterianas y víricas) que, aunque ordinariamente no se transmiten del hombre a los animales, pueden afectar a ambos, para las cuales también se utiliza el término zoonosis. Se trata de agentes que viven de forma saprofítica en ciertos medios y son fuente de infección tanto para el hombre como para los animales, como por ejemplo la listeriosis.

Las zoonosis pueden clasificarse desde diferentes puntos de vista. A grandes rasgos se pueden distinguir entre zoonosis bacterianas, víricas y parasitarias en función del agente infeccioso de que se trate.

No obstante, nos centraremos en la clasificación realizada por la Organización Internacional de Trabajo (OIT) que, desde el punto de vista profesional, divide a las zoonosis en tres categorías en función del grupo de animales que sirve de fuente de infección principal de la infección humana. Se trata de una clasificación abierta ya que las infecciones se transmiten de un grupo animal a otro y algunas de estas especies pueden incluirse en más de una categoría:

- Animales domésticos, aves de corral y animales caseros: Constituyen el grupo más numeroso y comprenden infecciones como el carbunco, la brucelosis, la fiebre Q, leptospirosis, tuberculosis etc. Entre el grupo de trabajadores con mayor riesgo de exposición, figuran los ganaderos, granjeros, veterinarios, trabajadores de mataderos, de la lana y el pelo, etc.
- Animales salvajes y merodeadores o sinantrópicos: Las zoonosis derivadas de este grupo son, entre otras, la peste, la tularemia, la salmonelosis, la leptospirosis, fiebre Q, etc. Los trabajadores con mayor exposición son los cazadores, conservadores de animales salvajes, guardias rurales, leñadores, horticultores y otros trabajadores rurales.
- Animales de laboratorio: Se incluyen en este grupo enfermedades infecciosas transmitidas principalmente por roedores y conejos de laboratorio, como por ejemplo la salmonelosis, fiebre por mordedura, leptospirosis, etc. No obstante, el uso creciente de primates en el campo de la investigación, ha incrementado las enfermedades transmitidas por este grupo animal, como la enfermedad de Marburg, transmitida con preparados de cultivos celulares a partir de riñones del mono *Cercopithecus aethiops* (mono verde).

El riesgo de exposición a agentes biológicos deriva del contacto directo con animales o con sus fluidos, esta exposición puede producirse durante la aplicación de tratamientos (cirugía, administración de vacunas y medicamentos, etc.), manipulación de fluidos (sangre, orina, material fecal, placentas, saliva, etc.) y de muestras extraídas para fines diagnósticos y también por contacto con instrumental o materiales contaminados. Por ello, la asistencia veterinaria se puede incluir entre las actividades que no implican la intención deliberada de manipular agentes biológicos o de utilizarlos en el trabajo pero pueden provocar la exposición de los trabajadores a estos agentes (Anexo I del RD 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo).

También, el personal que trabaja con animales, puede estar expuesto a **alérgenos** de origen animal (pelos, plumas, escamas, orina, etc.), que aunque no están incluidos entre los agentes biológicos evaluables por el R.D. 664/97, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a los agentes biológicos, hay que tenerlos en cuenta a la hora de evaluar el riesgo que pueden suponer para los trabajadores.

Los agentes biológicos en actividades en contacto con animales tienen diferentes vías de entrada, estas vías son: contacto, digestiva, parenteral y aérea. Así, por ejemplo en la Brucelosis, la Zoonosis se transmiten al hombre por contacto directo con los animales infectados, sus excretas o la inhalación

de bioaerosoles en ambientes contaminados, sin que exista transmisión de persona a persona.

Por ello, las medidas de protección deben ir encaminadas a evitar la entrada de los microorganismos, en los trabajadores, a través de dichas vías.

Algunas de las enfermedades producidas por agentes biológicos y que pueden contraerse en el mundo laboral son:

- Brucelosis, que puede afectar a ganaderos, veterinarios y trabajadores de mataderos en contacto con animales infectados,
- Carbunco, que constituye un riesgo para los trabajadores que manipulan pelo, pieles, lana y derivados de animales infectados,
- Tétanos en colectivos tan diversos como trabajadores del medio agropecuario, bomberos, forestales o cuidadores de parques y jardines.

ENFERMEDAD	AGENTE CAUSAL	RESERVORIO ANIMAL
Salmonelosis	<i>Salmonella</i> (<i>S. arizonae</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>S. typhimurium</i> , <i>S. paratyphi</i> , <i>S. typhi</i> , etc.)	Gatos, perros, pájaros, tortugas, etc.
Fiebre Q	<i>Coxiella burnettii</i>	Gatos, perros, conejos, pájaros, etc.
Tularemia	<i>Francisella tularensis</i>	Gatos, perros, ardillas, conejos, liebres, etc.
Infección por Hantavirus	<i>Hantavirus</i>	Animales de campo, pequeños roedores.
Carbunco	<i>Bacillus anthracis</i>	Animales domésticos silvestres y de zoológicos
Psitacosis	<i>Chlamydia psittaci</i>	Aves, gatos, perros, conejos, etc.
Toxoplasmosis	<i>Toxoplasma gondii</i>	Gatos y felinos salvajes, perros, conejos, etc.
Criptosporidiosis	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Gatos
Leptospirosis	<i>Leptospira interrogans</i>	Ranas, sapos, perros, ardillas, roedores, etc.
Tiña zoonótica	<i>Microsporium canis</i> y <i>Trichophyton mentagrophytes</i>	Perros, gatos, etc.
Campilobacteriosis	<i>Campylobacter</i> (<i>C. fetus</i> , <i>C. jejuni</i> , y <i>C. spp</i>)	Gatos, perros, pájaros, etc.
Fiebre del Nilo Occidental	Virus Nilo occidental	Aves salvajes
Fiebre exantemática del Mediterráneo	<i>Rickettsia conorii</i>	Perros, conejos, y roedores
Sarna zoonótica(1)	Ácaros (<i>Sarcoptes scabiei</i> , <i>Notoedres cati</i> , <i>Otodectes cynotis</i> , etc.)(2)	Perros, gatos, conejos, hamsters, etc.
Enfermedad de Lyme	<i>Borrelia burgdorferi</i>	Animales silvestres
Fiebre Recurrente transmitida por garrapatas	<i>Borrelia recurrentis</i> y <i>Borrelia duttoni</i> (3)	Animales silvestres
Ehrlichiosis	<i>Ehrlichia spp</i>	Perros
Enfermedades transmitidas por mordeduras	<i>Streptococcus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Corynebacterium</i> , <i>Pasteurella</i> , etc.	Perros, gatos, conejos, pájaros, etc.
Yersiniosis	<i>Yersinia spp</i>	Roedores
Toxocariosis	<i>Toxocara canis</i> y <i>T. cati</i>	Perros y gatos
Giardiosis	<i>Giardia lamblia</i>	Transmisión fecaloral

Babesiosis	<i>Babesia spp</i>	Picadura
Anquilostomiosis	<i>Ancylostoma spp</i>	Perros y gatos (heces de)
Enfermedad de Newcastle	Virus de la enfermedad de Newcastle	Pájaros y aves de pajarera

(1) Afecta únicamente a los animales de compañía; las especies de ácaros que producen la sarna humana son diferentes de las que afectan a los animales.

(2) No incluidos en la lista de agentes biológicos RD 664/1997.

(3) No se ha localizado el reservorio animal; se transmite al hombre por picadura directa.

Tabla 2. Zoonosis

Las principales vías de exposición y de entrada en el organismo de los agentes biológicos pueden ser: inhalación de bioaerosoles, absorción a través de la piel y de las mucosas, penetración a través de heridas, ingestión (consecuencia de hábitos higiénicos deficientes), mordeduras, arañazos y, de forma accidental, por pinchazos o cortes con materiales cortopunzantes. En el caso de mordeduras y/o arañazos, muy frecuentes en esta actividad, pueden resultar graves cuando se trabaja con animales no vacunados, abandonados o silvestres.

Entre los efectos derivados de la exposición a agentes biológicos en profesionales que trabajan con animales destacan las dermatitis de contacto y las reacciones alérgicas, producidas por la exposición a alérgenos procedentes de la saliva, pelo, plumas, descamaciones cutáneas y otros tejidos animales, que pueden ocasionar básicamente enfermedades alérgicas respiratorias. Sin embargo, el efecto más importante es la posibilidad de contraer una zoonosis.

Los métodos de prevención de la lucha contra las zoonosis son limitados, precisamente por tratarse de enfermedades transmisibles al ser humano y que son capaces de producir epidemias. Debe tenerse en cuenta, además, que pueden afectar tanto a los trabajadores como a la población en general.

Igual que ocurre con la mayoría de enfermedades profesionales, la investigación de los casos en los que se pretende atribuir las zoonosis al riesgo profesional no siempre es fácil. En este caso, además, la enfermedad profesional no difiere clínicamente de la misma enfermedad contraída en otras condiciones, como por ejemplo comiendo, bebiendo, practicando deporte, etc.

Todas las zoonosis pueden ser enfermedades de origen profesional. Algunas de éstas figuran en el epígrafe: Enfermedades infecciosas o parasitarias transmitidas al hombre por los animales, del vigente Cuadro de Enfermedades Profesionales

Medidas preventivas para evitar zoonosis

Las infecciones humanas que resultan del contacto con animales están directamente relacionadas con la salud de aquéllos. Por este motivo, las medidas preventivas deben encaminarse, por un lado, a prevenir accidentes de trabajo tales como mordeduras y arañazos y, por otro, a evitar la exposición a agentes biológicos que puedan afectar a los animales o que puedan contener sus fluidos biológicos.

En muchas ocasiones, la propia actividad desarrollada en estos centros hace difícil evitar la exposición a agentes biológicos, por lo que es importante que el plan de medidas preventivas incluya disponer de procedimientos de trabajo, materiales adecuados y medidas de prevención específicas.

En cualquier caso, la prevención de la exposición a estos agentes biológicos requiere una fase previa de identificación de peligros, diagnóstico y valoración de los riesgos en las diferentes tareas.

La identificación del riesgo biológico tiene que realizarse considerando el tipo de animales con los que se trabaja y las enfermedades transmisibles propias, las tareas y situaciones de trabajo que implican el contacto potencial con los reservorios y fuentes de contagio.

La valoración del riesgo debe tener en cuenta la frecuencia de las tareas y las situaciones identificadas como potencialmente de riesgo, es decir el control de los agentes biológicos en los animales y en el entorno de trabajo, complementado con medidas de vigilancia de la salud de los trabajadores e información a los mismos.

La mejor manera de eliminar el riesgo de contraer infecciones zoonóticas de origen profesional consiste en suprimir reservorios y vectores. Sin embargo, es difícil de alcanzar o en determinadas ocasiones imposible, por lo que deben adoptarse un conjunto de medidas de carácter preventivo.

Las medidas de protección de tipo físico son aquéllas destinadas a evitar el contacto con los agentes, sobre la base de confinamiento (cabinas de seguridad biológica) y a barreras frente al contacto dérmico o mucosas (guantes, pantallas faciales, gafas) y respiratorio (máscaras y mascarillas con filtros); algunos autores incluyen dentro de este tipo de medidas la utilización de medios físicos para desinfección y esterilización, como son el calor, las radiaciones ultravioleta y las radiaciones ionizantes. Las medidas de prevención de tipo químico hacen referencia a la utilización de desinfectantes y esterilizantes químicos, mientras que las medidas de tipo biológico contemplan la vacunación o inmunización activa.

Algunas acciones recomendadas para prevenir el riesgo de exposición a agentes biológicos son las siguientes:

1. Identificar los animales susceptibles, si es posible.
2. Reducir la exposición de los trabajadores.
 - Tener a los animales en las mejores condiciones posibles en los entornos de trabajo.
 - Aislamiento de animales enfermos.
 - Aplicación de las precauciones estándar en la manipulación de sangre u otros fluidos biológicos.
 - Medidas específicas para evitar que los trabajadores, debido a las tareas que realizan, puedan sufrir cortes, pinchazos, arañazos, mordeduras.
 - Utilización correcta de elementos corto-punzantes.
 - Control de áreas que puedan ser fuente de infección.
 - Disponer de instrucciones escritas en el lugar de trabajo que contemplen la actuación en caso de accidente o incidente que pueda suponer una exposición a agentes biológicos.
3. Utilización de equipos de protección individual.

1. Mascarillas frente a materia particulada FFP2 o FFP3, según UNE EN 149, en aquellas operaciones donde se puedan producir

inhalación de bioaerosoles (limpieza de excrementos, limpiezas con agua a presión, ambientes pulvígenos, etc...)

2. Gafas de protección, según UNE EN 166, en aquellas operaciones que puedan producir salpicaduras de fluidos de los animales a los ojos (trabajos veterinarios, atención de partos, etc...)

3. Guantes de protección frente a productos químicos y microorganismos, según UNE EN 374, en aquellas tareas en contacto con fluidos de animales (curas de heridas, atención a partos, etc...)

4. Guantes de protección frente a riesgos mecánicos, según UNE EN 388, en aquellas tareas.

5. Ropa de protección, según UNE-EN 14126, en aquellas tareas donde se trabaja con animales enfermos o pueda haber grandes salpicaduras de fluidos animales (trabajos en laboratorios de experimentación animal, atención a partos en granjas, etc...).

Guantes	De uso general, impermeables a muestras biológicas (sangre, orina, etc.)
Protección ocular (gafas, viseras, pantallas, ...)	Frente a salpicaduras de sangre o líquidos corporales a la mucosa ocular o cara Protección frente a aerosoles.
Mascarillas, máscaras	Protección frente a salpicaduras de sangre u otros fluidos corporales a las mucosas oral, nasal y conjuntiva. De uso general.
Utilización de batas	Ropa suplementaria frente a grandes salpicaduras de sangre o líquidos orgánicos.
Delantales o mandiles impermeables	Delantales impermeables en circunstancias especiales.
Calzados y polainas	Protección frente a salpicaduras de sangre o líquidos orgánicos.

Tabla 4. Clasificación de los EPI frente a distintos tipos de exposición

Guantes de protección.



Protección respiratoria.



Protección ocular.



Ropa de protección.



Estas prendas deberán de ser de materiales que permitan una fácil limpieza y desinfección después de su uso o bien ser desechables.

4. Vigilancia de la salud.

- Vacunación. (la mayoría de las enfermedades Zoonóticas no tienen vacunas eficaces para minimizar el riesgo).

5. Medidas higiénicas:

- Disponer de suficientes instalaciones sanitarias (lavabos, duchas, vestuarios, productos lavavojos y antisépticos para la piel).
- Lavado de manos con antiséptico. La utilización de guantes no debe sustituir el lavado de las manos.
- Disponer de procedimientos específicos para la limpieza, desinfección de las instalaciones, equipos de trabajo, etc..
- Cubrir las lesiones de las manos con apósitos impermeables.
- Disponer, dentro de la jornada laboral, de 10 minutos antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo, para el aseo personal. Lavado de manos incluso después de haber utilizado guantes.
- Limpieza, desinfección y esterilización de instrumentos e instalaciones.
- Normas que prohíban comer, beber, fumar, aplicación de cosméticos así como la manipulación de lentes de contacto en las áreas de trabajo.
- Tener establecido un procedimiento para la limpieza y desinfección de la ropa de trabajo.
- Disponer de un sistema que impida mezclar la ropa de trabajo con la ropa de calle.
- Procedimientos para el control de plagas.

6. Formación e información suficiente y adecuada en los riesgos y sus medidas preventivas.

7. Procedimientos correctos de gestión del riesgo biológico como por ejemplo: registros de actividades, incidencias, eliminación de residuos, etc.

8. Correcta gestión de residuos sanitarios.

Otros riesgos en centros veterinarios

Los trabajadores de los centros veterinarios son un colectivo expuesto a distintos riesgos laborales en su actividad diaria, asociados tanto a la exposición a agentes físicos y químicos como a agentes biológicos.

RIESGOS FÍSICOS	Radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes
RIESGOS QUÍMICOS	Anestésicos
	Medicamentos veterinarios (agentes antineoplásicos, antibióticos, etc.)
	Desinfectantes
	Esterilizantes
	Productos utilizados en la eutanasia
	Productos irritantes y alergénicos
	Plaguicidas
	Productos de limpieza
RIESGOS BIOLÓGICOS	Residuos biológicos (material contaminado, restos de intervenciones, excrementos, etc.)
	Cadáveres animales
	Restos de autopsias
	Pinchazos, cortes, inoculación (accidentes con riesgo biológico)
	Manipulación de muestras biológicas
	Extracciones de sangre

	Exposición a zoonosis
RIESGOS DE SEGURIDAD	Recipientes a presión: oxígeno y protóxido de nitrógeno
	Equipos eléctricos
OTROS FACTORES DE RIESGO	Medidas inadecuadas de contención de los animales
	Manipulación de cargas
	Desplazamientos (visitas domiciliarias)

Otro aspecto a tener en cuenta es la seguridad en el manejo e interacción directa con los animales, pues la respuesta de los animales puede ser infinitamente variada, y en algunos casos muy peligrosa. En el manejo y contacto con animales, no debe bajarse nunca la guardia, pues la posibilidad de ataque, embestida, inoculación, etc. están presentes como riesgo no eliminable y debe ser controlado para su minimización.

Animalarios

Para el trabajo en **animalarios** habrá que tener en consideración lo especificado en la Guía de INSST que desarrolla el RD 664/97, Apéndice 13 que hace referencia a los requisitos en bioseguridad que deben cumplir los locales para animales deliberadamente contaminados con agentes biológicos, normalmente utilizados en el estudio de enfermedades infecciosas y en el ensayo de vacunas y medicamentos.

El empleo de animales de laboratorio con fines experimentales y de diagnóstico también impone al usuario la obligación de adoptar todas las medidas necesarias para evitar que estos padezcan dolores o sufrimientos innecesarios. Estas medidas están recogidas en la Ley 6/20131, de modificación de la Ley 32/2007, para el cuidado de los animales, en su explotación, transporte, experimentación y sacrificio, y en el Real Decreto 53/20132, por el que se establecen las normas básicas aplicables para la protección de los animales utilizados en experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia.

El Real Decreto 53/2013, sobre protección de los animales utilizados para experimentación y otros fines científicos, establece, entre otros aspectos, las condiciones en las que se pueden utilizar los animales de experimentación, el registro de establecimientos de cría, los suministradores y usuarios de animales de experimentación, los requisitos de las instalaciones y equipos de los mismos, tanto materiales como humanos, con especial hincapié en cuál debe ser su formación.

También es de aplicación a las unidades de experimentación animal la Ley 32/2007, en la que se establecen las normas básicas para la explotación, el transporte y el sacrificio de los animales, así como en la experimentación con los mismos.

Los animalarios, al igual que los laboratorios, pueden clasificarse en cuatro niveles de bioseguridad. Para establecer el nivel de bioseguridad necesario para el trabajo con animales de experimentación se deben tener en cuenta:

- La especie animal con la que se va a trabajar, prestando especial atención a las enfermedades que puede transmitir al hombre, sus parásitos naturales, su agresividad, sus formas de ataque, como mordeduras, arañazos, etc., así como a la posibilidad de que puedan generar sensibilizaciones o alergias.

- Los agentes infecciosos o microorganismos que se van a investigar o utilizar, teniendo en cuenta el grupo de riesgo al que pertenecen, su modo de transmisión, la vía de entrada al organismo del trabajador, la vía de excreción, la sensibilidad a fármacos y a desinfectantes, etc., así como la patogenicidad para los animales.

- Las condiciones de trabajo: procedimientos y prácticas de trabajo, especímenes, volúmenes y concentraciones utilizadas, etc.

Trabajos con Organismos modificados genéticamente

Organismo modificado genéticamente: cualquier organismo con excepción de los seres humanos, cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o en la recombinación natural, siempre que se utilicen las técnicas que reglamentariamente se establezcan.

La utilización confinada y liberación voluntaria en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente está regulada por la Ley 9/2003, por la que se establece el Régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente, y por el Real Decreto 178/2004, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

Las técnicas que dan lugar a una modificación genética son:

a) Técnicas de recombinación del ácido nucleico, que incluyan la formación de combinaciones nuevas de material genético mediante la inserción de moléculas de ácido nucleico -obtenidas por cualquier medio fuera de un organismo- en un virus, plásmido bacteriano u otro sistema de vector y su incorporación a un organismo hospedador en el que no se encuentren de forma natural pero puedan seguir reproduciéndose.

b) Técnicas que suponen la incorporación directa en un organismo de material hereditario preparado fuera del organismo, incluidas la microinyección, macroinyección y la microencapsulación.

c) Técnicas de fusión de células (incluida la fusión de protoplastos) o de hibridación en las que se formen células vivas con combinaciones nuevas de material genético hereditario mediante la fusión de dos o más células utilizando métodos que no se producen naturalmente.

Se entiende por **utilización confinada** cualquier actividad por la que se modifique el material genético de un organismo o por la que este, así modificado, se cultive, almacene, emplee, transporte, destruya o elimine, siempre que en la realización de tales actividades se utilicen medidas de confinamiento, con el fin de limitar su contacto con la población y el medio ambiente.

Estas actividades se clasificarán, en función de la evaluación previa de los riesgos para la salud humana y el medio ambiente, en actividades de riesgo nulo o insignificante, de bajo riesgo, de riesgo moderado y de alto riesgo.

La evaluación de riesgos se basará en lo siguiente:

1. La identificación de cualquier efecto potencialmente nocivo del organismo modificado genéticamente y, en particular, los relacionados con:

- a. el organismo receptor,
- b. el material genético insertado procedente del organismo donante, el propio organismo donante (si se utiliza durante la operación),
- c. el vector,
- d. el organismo modificado genéticamente resultante.

2. El análisis de las características de la actividad con los organismos modificados genéticamente, para estimar la gravedad de los efectos potencialmente nocivos y la probabilidad de que dichos efectos se produzcan.

Efecto potencialmente nocivo del organismo modificado genéticamente

Peligros potenciales relacionados con el organismo receptor

En este caso, el principal factor que se debe tomar en consideración es la peligrosidad del organismo receptor. En ese sentido, en la lista del anexo II del Real Decreto 664/1997 se encuentran clasificados en grupos de riesgo los agentes biológicos que pueden causar infección, así como los efectos tóxicos o alérgicos de los mismos. Para los agentes biológicos no clasificados es preciso valorar, en función de los criterios establecidos para su clasificación, los riesgos potenciales que suponen. En términos generales, muchos de ellos se considerarán clasificados como grupo 1 cuando no causen infección, pero, además, se deberán tener en cuenta los posibles efectos alérgicos o tóxicos que puedan causar.

Es conveniente recordar que la primera medida preventiva consiste en la sustitución del agente biológico por otro menos peligroso siempre que sea factible. Cuando ello no sea técnicamente posible, se deberán documentar las razones que así lo justifiquen. Como posibles agentes sustitutos se deberá valorar el uso de cepas inactivadas o atenuadas, cepas menos virulentas o que no tengan al ser humano como huésped. En esos supuestos, antes de rebajar las necesidades de confinamiento, se debe conocer bien la naturaleza de la atenuación o disponer de un historial de uso seguro de las cepas atenuadas. Por ejemplo, cepas de *Escherichia coli* están clasificadas como grupo 2 y 3 lo que implicaría su manipulación en niveles 2 o 3 de confinamiento; sin embargo, muchos derivados de la cepa *E. coli* K-12 se han demostrado como no virulentas y se dispone de información suficiente sobre la seguridad de su uso; por lo tanto, pueden ser manipuladas en un nivel 1 de confinamiento.

Esta reclasificación solo afecta a las cepas receptoras inactivadas; los efectos potenciales asociados a los insertos pueden llevar asociado un incremento del riesgo y, por tanto, requerir medidas de control adicionales.

Peligros potenciales asociados con el inserto

Normalmente se hace referencia a insertos que codifican productos con actividad biológica potencialmente peligrosa, por ejemplo: toxinas, citoquinas, alérgenos, hormonas u oncogenes. En estos casos, se deben tener en cuenta las condiciones experimentales (por ejemplo, el nivel de expresión previsto) y las posibles consecuencias de la exposición. Los casos en los que el inserto no se expresa o en los que el producto es inactivo existe una probabilidad muy baja de que se produzca un daño. Ese es el caso de genes humanos expresados en *E. coli* u otros organismos procariotas, puesto que las proteínas carecen de las necesarias modificaciones traslacionales y no pueden ser activas.

Especial atención debe prestarse a los genes de procariotas potencialmente peligrosos expresados en procariotas, por ejemplo, los que regulan la producción de toxinas bacterianas. Y a los productos activos en células eucariotas transportados por vectores virales, en particular, los genes que codifican reguladores del crecimiento y diferenciación celular, por

ejemplo: moléculas de señalización, reguladores de la apoptosis, mediadores de la diferenciación y oncogenes.

Otros peligros asociados con la alteración de rasgos patogénicos existentes serían los siguientes: insertos que codifican determinantes de patogenicidad o virulencia; modificaciones que alteran el tropismo natural o el rango de hospedadores; modificaciones que alteran la susceptibilidad del organismo a la profilaxis, etc.

Probabilidad de que el OMG sea un riesgo para la salud

En el análisis de si un OMG puede ser un riesgo para la salud entran en juego dos factores: la viabilidad del OMG y la probabilidad de que sucesos infrecuentes ocurran.

Sobre el primero de los factores, se debe evaluar la capacidad del OMG de penetrar y multiplicarse dentro del huésped (viabilidad), así como la capacidad de transmitirse a otro huésped o a la comunidad. Cualquier incertidumbre debe ser tenida en cuenta y el principio de precaución aplicado. Es importante recordar que la viabilidad y la patogenicidad no son interdependientes. Algunas modificaciones que volverían, en teoría, al OMG más patógeno pueden afectar negativamente a su viabilidad.

En cuanto al segundo factor, en ocasiones es posible cuantificar la frecuencia de un evento, por ejemplo, las tasas de mutación o la frecuencia de recombinación durante la replicación microbiana. Sin embargo, en otras ocasiones solo se podrá utilizar una aproximación semicuantitativa o descriptiva de la frecuencia de un evento, por ejemplo: la probabilidad de que un OMG atenuado o inactivado revierta al tipo salvaje debe ser evaluada en base al número de eventos discretos que deben ocurrir, de forma que cuantos más eventos sean necesarios menor será la probabilidad de que la reversión ocurra.

El primer uso de OMG hay que comunicarlo a la autoridad competente. Ver página del Comité de Bioseguridad de la Universidad de Zaragoza.

Comité de Bioseguridad

La Universidad de Zaragoza por acuerdo de 13 de septiembre de 2012 de su Consejo de Gobierno, constituyó su **Comité de Bioseguridad** con el fin de proporcionar una respuesta ágil y efectiva a las necesidades actuales y futuras de la investigación y la docencia, por el uso de agentes biológicos u OMG en conformidad con los principios y compromisos bioéticos asumidos por la comunidad científica.

Todo lo relacionado con la bioseguridad de los proyectos de investigación se puede consultar en su página web:

<http://combios.unizar.es/index.html>

Los proyectos de investigación en los que se manejen agentes biológicos deben pasar por la revisión del Comité de Bioseguridad de la Universidad de Zaragoza para confirmar que las instalaciones donde se van a desarrollar son las adecuadas al nivel de riesgo de agente biológico, así como verificar la correcta aplicación de los procedimientos de trabajo.

Puede ponerse en contacto a través del correo electrónico: combios@unizar.es Telf 976761237.

Ver NTP 739: Inspecciones de bioseguridad en los laboratorios

El órgano estatal que se encarga de lo relacionado con los Organismos Genéticamente Modificados es la Comisión Nacional de Bioseguridad

Fichas de riesgos agentes biológicos

El INSST ha elaborado una base de datos de fichas de seguridad de diferentes agentes biológicos en las que se describe el agente, la manera de supervivencia y propagación, los reservorios, las vías de entrada en el organismo, los efectos sobre la salud, las medidas preventivas, los equipos de protección adecuados para protegerse, si existe vacuna, etc.

Estas fichas son muy interesantes y deberían ser dadas a conocer a todo el personal que trabaje con agentes biológicos.

Procedimientos de descontaminación y desinfección

SELECCIÓN DEL MÉTODO DE DESCONTAMINACIÓN

En la elección del método de descontaminación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: el uso al que está destinado el material u objeto, su composición (resistencia al tratamiento elegido) y el riesgo de infección que supone para la persona que lo maneja (tipo de agente y concentración).

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

A continuación se describen los principales métodos de descontaminación así como sus características: fundamentos generales, usos más frecuentes, agentes, riesgos y precauciones a adoptar por los trabajadores, etc.

LIMPIEZA: Eliminación de suciedad y materia orgánica de los elementos utilizados en la actividad. No es propiamente un método de desinfección, pero es requisito imprescindible previo a la desinfección o a la esterilización para garantizar su máxima eficacia.

Los principales procedimientos de limpieza son los siguientes:

Limpieza manual por inmersión

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

Limpieza manual (sin inmersión)

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

Limpieza mecánica (lavadoras)

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

Limpieza mecánica (ultrasonidos)

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

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

Tabla 1. Características de los métodos de limpieza.	
Limpieza manual por inmersión	
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando no se dispone de unidades mecánicas de limpieza. • Para elementos frágiles o difíciles de limpiar. • Para el fregado de paredes, suelos, mobiliario, etc.
Agentes	<ul style="list-style-type: none"> • Agua. Detergentes. Limpiadores enzimáticos.
Precauciones de seguridad	<p>Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas por personal formado y adiestrado; siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante. • Disponer de ficha de datos de seguridad. • Usar Equipos de protección individual (EPI): prendas de protección impermeables, guantes impermeables y resistentes a cortes y protección ocular. • Lavar las manos tras quitarse los EPI. • Evitar las salpicaduras. • Disponer de neutralizante químico, botella lavaojos, botiquín.
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Remojar los elementos en los que se haya podido secar o incrustar la suciedad. • Algunas enzimas pueden ser inactivadas por el uso de germicidas. • El uso de limpiadores enzimáticos puede provocar asma u otros efectos alérgicos en los usuarios.
Limpieza manual sin inmersión	
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos electrónicos
Agentes	<ul style="list-style-type: none"> • Agua. Detergentes. Alcohol.
Precauciones de seguridad	<p>Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas por personal formado y adiestrado; siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante. • Disponer de ficha de datos de seguridad. • Uso de EPI: guantes impermeables resistentes a cortes y protección ocular. • Lavar las manos tras quitarse los EPI. • Evitar las salpicaduras. • Disponer de neutralizante químico, botella lavaojos, botiquín. • Precauciones de uso con el alcohol (inflamable).
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de alcohol confiere un cierto grado de desinfección.
Limpieza mecánica (lavadoras, ultrasonidos)	
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier elemento que soporte las condiciones de lavado.
Agentes	<ul style="list-style-type: none"> • Agua. Detergentes. Limpiadores ultrasonidos.
Precauciones de seguridad	<p>Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas por personal formado y adiestrado; siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminaciones ambientales.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leer la etiqueta del producto antes de su uso y seguir las recomendaciones del fabricante. • Disponer de ficha de datos de seguridad. • Uso de EPI: prendas de protección impermeables, guantes resistentes a cortes y protección ocular. • Lavar las manos tras quitarse los EPI. • Neutralizante químico, botella lavaojos, botiquín, para salpicaduras con el detergente. • Valorar exposición a ultrasonidos.
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • En los baños por ultrasonidos es posible la contaminación bacteriana (bacterias Gram negativo), por lo que unas deficientes condiciones en el mantenimiento de los mismos hacen posible la exposición a endotoxinas.

DESINFECCIÓN: La desinfección supone la destrucción de microorganismos pero no necesariamente de las formas de resistencia como las esporas bacterianas o los agentes biológicos enquistados. Los procedimientos de desinfección más comunes son: los procesos térmicos (pasteurización, esterilización, etc.), el uso de productos químicos o la radiación.

La desinfección se lleva a cabo cuando la limpieza, por sí misma, no permite garantizar la inocuidad en el uso previsto de un elemento. El nivel de desinfección obtenido depende de diversos factores entre los que se pueden destacar los siguientes:

- La cantidad y localización de los microorganismos, sobre todo aquellos que forman o sobreviven en capas (biocapas, biofilm) que se adhieren a las superficies.
- La resistencia de los microorganismos al método empleado.
- El tipo y cantidad de materia (orgánica e inorgánica) presente en el elemento que se va a desinfectar.
- La concentración del desinfectante (primer uso y tras aplicaciones repetidas).
- La temperatura y el tiempo de contacto entre el elemento contaminado y el desinfectante.
- El pH de la solución y la dureza del agua empleada como diluyente.
- Su peligrosidad para el medio ambiente y para los trabajadores que lo manejan.

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

<p>Esporas bacterianas <i>Bacillus subtilis, Clostridium tetani, C. difficile, C. botulinum</i></p> <p>Protozoos (quistes) <i>Giardia lamblia, Cryptosporidium parvum</i></p>	+	<p>ESTERILIZACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vapor de agua • Óxido de etileno • Peróxido de hidrógeno (agua) • Ácido paracético
<p>Micobacterias <i>Mycobacterium tuberculosis, M. avium-intracellulare, M. Chelonae</i></p> <p>Virus sin envuelta Coxsackie, Poliovirus, Rinovirus, Rotavirus, Hepatitis A</p>		<p>NIVEL ALTO</p> <p>Desinfectantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peróxido de hidrógeno • Glutaraldehído • Formaldehído • Ácido Paracético
<p>Hongos <i>Candida sp., Cryptococcus sp., Aspergillus sp., Dermatophytes sp.</i></p>		<p>NIVEL MEDIO</p> <p>Desinfectantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcoholes • Hipocloritos • Yodo y yodóforos
<p>Bacterias <i>Staphylococcus aureus, Salmonella typhi, Pseudomonas aeruginosa, coliformes</i></p> <p>Virus con envuelta Herpes simplex, Varicella, Citomegalovirus, Epstein-Barr, Rubéola, Gripe, Hepatitis B y C, VIH, Hantavirus</p>	-	<p>NIVEL BAJO</p> <p>Desinfectantes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compuestos fenólicos • Compuestos de amonio cuaternario (QACs)

Figura 1. Clasificación de microorganismos según el nivel de resistencia a los desinfectantes.

Desinfección por inmersión en productos químicos

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

Debido a diversas circunstancias, como su relativo de bajo coste, su eficacia y rapidez, la desinfección por inmersión en productos químicos es uno de los métodos más utilizados. Sin embargo, es conveniente considerar varios aspectos a la hora de seleccionar este método de descontaminación:

1. La desinfección química debe usarse con un objetivo concreto y no como un procedimiento de rutina.

2. No es un sustituto de la esterilización. La desinfección, por definición, no garantiza la esterilidad de los productos.

3. Los desinfectantes químicos pueden ser: tóxicos, inflamables o corrosivos, pudiendo producir efectos perjudiciales para la salud de los trabajadores que los manipulan. Se deben escoger desinfectantes que, cumpliendo el objetivo previsto, sean lo menos peligrosos posible.

4. El proceso de desinfección puede fallar, y permitir la supervivencia de los microorganismos, debido a varios factores, entre los que cabe destacar la resistencia innata de los microorganismos, la inactivación del desinfectante (materia orgánica, gomas, plástico, agua, etc.), su preparación y un almacenamiento inadecuado, etc.

5. Disponer de un método para la verificación de la eficacia de la desinfección.

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

En la tabla 2 se resumen las principales características de uso de los desinfectantes utilizados con mayor frecuencia.

Tabla 2. Desinfectantes químicos.

Agente (*)	Espectro							Concentración	Tiempo	Usos	Incompatibilidad / Estabilidad	Efectos adversos	Observaciones / Precauciones (3)
	VL	G+	G-	H	Myc	V nL	E						
Ácido peracético	B	B	B	B	B	B	B	0,35%	Desinfección manual de nivel alto. Esterilizante químico.	Las soluciones diluidas de ácido peracético son inestables (duración aproximada 24 horas).	Irritante respiratorio y ocular. En contacto con la piel produce quemaduras.	Manipulación con EPI (guantes y otros). Aclarar abundantemente el detergente, en particular si se usan limpiadores enzimáticos, el pH ácido interfiere en la desinfección posterior. Existen diversos productos con formulaciones y concentraciones diferentes y con eficacias finales distintas.	
								5 min 10 min (*) 30 min (*)					
Peróxido de hidrógeno	B	B	B	B	B	B	B	6%-7,5%	Desinfección manual de nivel alto. Esterilizante químico.	Materia orgánica.	Irritante respiratorio. Daño ocular.	Uso de EPI: guantes y protección ocular para su manipulación. Posible agresión a metales, gomas, plásticos.	
Alcohol etílico	B	B	B	B	M	N	N		Antiséptico. Superficies de equipos. Instrumentos en contacto con la piel intacta.	Se inactiva con materia orgánica. Detergentes aniónicos.	Irritante. Sequedad. Inflamable.	Conservar en lugar fresco, oscuro, bien tapado y ventilado. Usar sobre superficies limpias. No usar sobre heridas.	
								60%-95%					Endurecimiento de caucho y gomas. Alteración del cemento de las lentes ópticas. Opacidad del metacrilato.
Formaldehído 35%	B	B	B	B	B	B	B	Sol. acuosa 8%	Soluciones acuosas desinfectantes de nivel medio. Soluciones alcohólicas desinfectante de nivel alto. Esporicida a temperaturas elevadas.	Se inactiva con materia orgánica. Fenol. Agentes oxidantes. Amoníaco y alcalis.	Irritante. Sensibilizante (asma, dermatitis). Cancerígeno (4).	La actividad se incrementa con la temperatura. Su reacción con cloro libre forma éter bis(clorometílico), cancerígeno de primera categoría. Uso muy limitado. Manejo con EPI: máscaras con filtros específicos, guantes, protección ocular.	
								24 h					
								< 3 h					
								Esporicida					

Tabla 2. Desinfectantes químicos.

Agente (*)	Espectro							Concentración	Tiempo	Usos	Incompatibilidad / Estabilidad	Efectos adversos	Observaciones / Precauciones (8)
	VL	G+	G-	H	Myc	VnL	E						
Cloraldéhidro								2% (20°C)	20 min	Desinfección de nivel alto (objetos e instrumentos en contacto con piel no intacta y mucosas). Objetos e instrumentos sensibles al calor.	Pierde actividad por polimerización del glutaraldehído. Máximo 14 días. Coagula la sangre y puede fijar los tejidos (imprescindible limpieza previa).	Irritante. Sensibilizante (rinitis, asma, dermatitis).	Anotar la fecha de preparación. Mantener tapada la cubeta de desinfección. Utilizar campanas extractoras de gases. Con ventilación general del local suficiente. Manejo con guantes (nitrilo, butilo o polietileno). No usar guantes de neopreno ni de PVC. Neutralización del vertido con bisulfito sódico.
	B	B	B	B	B	B	B	Esporicida	10 h				
Ortoal-aldéhidro								0,55%	10 min	Desinfección de nivel alto (objetos e instrumentos en contacto con piel no intacta y mucosas).	Máximo 14 días.	Mancha la piel y la ropa. Contacto repetido puede causar sensibilización.	Mantener tapada la cubeta de desinfección. Manejo con guantes (nitrilo, butilo), ropa de protección (delantales), protección ocular. Aclarar abundantemente. Neutralizar el vertido con glicoxal.
	B	B	B	B	B	B	M	Esporicida.	5 min				
Hipoclorito sódico								5.000 ppm (0,5%)	5 min	Desinfección de nivel alto.	Muy inestable. Se inactiva rápidamente con materia orgánica. Actividad reducida a pH > 6. Corrosivo para algunos metales.	Irritante.	Tener en cuenta la concentración del producto de partida a la hora de hacer las diluciones. Es aconsejable renovar las soluciones a diario. Soluciones (1.000 - 10.000 ppm) guardadas en frascos opacos y bien cerrados se conservan estables durante 30 días. Sin embargo, soluciones de 500 ppm pierden la mitad del cloro disponible a los 30 días. Su reacción con formaldehído forma éster bis(clorometilico), cancerígeno de primer a categoría. Su combinación con ácido o con el grupo amonio puede generar gas cloro o cloramina.
							1.000 ppm (0,1%)	10 min					
	B	B	B	B	B	B	B	1.000-500 ppm	30 min				

Tabla 2. Desinfectantes químicos.

Agente (*)	Espectro						Concentración	Tiempo	Usos	Incompatibilidad/Estabilidad	Efectos adversos	Observaciones / Precauciones (3)
	VL	G+	G-	H	Myc	VnL						
Yodo y yodóforos	B	B	B	B	M	M	L	Soluciones alcoholicas al 1%	-	Antisépticos.	Irritante. Sensibilizante	Con soluciones mercuriales dan lugar a precipitados de gran toxicidad. Tiñe la piel. Los plásticos pueden absorber el yodo.
Compuestos fenólicos	B	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	B ⁽²⁾	M	V	L/N	-	Desinfección de material. Desinfección de superficies (suelos, paredes) y material no poroso. En desuso.	Materia orgánica. Cama Plásticos. Metales. Proteger de la luz. Algunos compuestos son incompatibles con detergentes y otros compuestos catiónicos. Actividad máxima a pH entre 5 y 6.	Irritante de piel y mucosas. Fotosensibilizante.	Preparar las soluciones en el momento de su uso.
Compuestos de amonio cuaternario	L	B	L	L	N	N	N	-	No está aconsejado su uso como desinfectante de material quirúrgico ni para la desinfección de superficies.	Incompatibles con detergentes aniónicos, derivados amoniacales e hipocloritos. Se inactiva rápidamente con materia orgánica. Actividad reducida con el algodón, corcho, plásticos, material poroso, etc.	Irritante de la piel. Evitar el contacto con los ojos, excepto el cloruro de benzalcónio (irrigaciones oculares).	
VL Virus lipídico								H Hongos		E Esporas bacterianas		V Variable (según especies)
G+ Bacterias Gram positivo								Myc Microbacterias		B Buena		L Ligera
G- Bacterias Gram negativo								VnL Virus no lipídicos		M Moderada		N Nula

(1) Las operaciones de descontaminación deben ser realizadas por personal cualificado, formado y adiestrado, siguiendo siempre un procedimiento de trabajo escrito que incluya las medidas preventivas que se han de seguir para evitar la exposición a agentes biológicos, químicos o físicos y para evitar accidentes o contaminación ambiental. Disponer y conocer las fichas de datos de seguridad (FDS) de los productos.

(2) Causa de infección: H3N2 Se sospecha que provoca cáncer.

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

(4) Tiempo de contacto para la esterilización.

(*) Únicamente se podrán utilizar aquellos agentes biocidas autorizados por el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad e inscritos en el Registro Oficial de Biocidas.

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

Los métodos de esterilización más utilizados son: los procesos térmicos que usan vapor de agua a elevada presión y temperatura (autoclave) o calor seco, procesos químicos y procesos termoquímicos.

La elección de un método u otro dependerá de la resistencia de los materiales a las condiciones del método de esterilización elegido; así, por ejemplo, determinados elementos (goma) no resisten las altas temperaturas del autoclavado o de la esterilización por calor seco.

A continuación se describen los métodos de esterilización más utilizados.

Esterilización por vapor

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

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

Existen distintos tipos de autoclaves; los más utilizados son:

- Autoclaves de desplazamiento por gravedad, en los que el vapor introducido en la cámara va desplazando el aire hacia la zona inferior. Esto limita su uso a materiales limpios no porosos y no envueltos. No es útil para la esterilización de dispositivos con elementos tubulares.

- Autoclaves de prevacío, en los que el aire es eliminado antes de introducir el vapor. Estos autoclaves pueden funcionar a 134°C, con lo que el ciclo se reduce a 3 minutos. Su uso es adecuado para materiales porosos pero no para líquidos, debido al vacío.

El uso de este método queda excluido para todos aquellos materiales que no soporten temperaturas entre 121°C y 134°C.

Los trabajadores deben usar EPI contra elementos muy calientes. Asimismo, estos equipos deben cumplir con los requisitos de seguridad establecidos para los aparatos a presión.

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

Esterilización por calor seco

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

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

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

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

Es un método menos eficaz que la esterilización por vapor, pero es útil para la esterilización de líquidos no acuosos (cremas, pomadas, grasas, parafinas, glicerol, etc.) y elementos que puedan ser dañados por el vapor.

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

Los trabajadores deben usar EPI contra elementos muy calientes.

Esterilización química: gas a baja temperatura

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

El óxido de etileno tiene como principal inconveniente su toxicidad. Exposiciones agudas producen irritación (piel y mucosas) y afectan al sistema nervioso central, mientras que exposiciones crónicas se han relacionado con cambios hematológicos, aumento de la tasa de abortos y cáncer. En la lista de valores límites de exposición profesional (LEP) está considerado como cancerígeno C1B (se supone que es un carcinógeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales). Otra de las desventajas del óxido de etileno es la duración del ciclo de esterilización debida, sobre todo, a la necesidad de aireación del material esterilizado que puede durar entre 8 y 12 horas.

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

Otros procedimientos:

Irradiación

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

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

- Radiación ultravioleta (UV): su máximo efecto bactericida se produce a las longitudes de onda comprendidas entre 240-280 nm. La inactivación de los microorganismos resulta de la destrucción del ácido nucleico a través de la inducción de dímeros de timina. Debido a su bajo poder de penetración su uso se limita a microorganismos no envueltos (virus, bacterias y hongos). Este método es particularmente útil contra los microorganismos presentes en el aire y, en menor medida, contra los microorganismos presentes en superficies o en materiales que no resisten la acción de otros métodos. La radiación ultravioleta tiene diversas aplicaciones potenciales, pero su efectividad germicida y su uso se ve influenciado por la materia orgánica, la longitud de onda, la temperatura, el tipo de microorganismo y la intensidad la cual, a su vez, se ve afectada por la distancia y la suciedad de las lámparas.

- Microondas: como en el caso de la esterilización por autoclave, el calor es el factor crítico para la eliminación de microorganismos viables. Otros aspectos que afectan al tratamiento por microondas incluyen la frecuencia y longitud de onda de la radiación, la duración de la exposición y el contenido de agua del material que se va a descontaminar.

DESCONTAMINACIÓN DE PRIONES

Los agentes no clasificados asociados a encefalopatías espongiformes transmisibles (TSE del inglés: Transmissible Spongiform Encephalopathy), o también denominados "priones", presentan una inusual resistencia a los métodos convencionales de descontaminación tanto por métodos físicos como químicos. Ello hace todavía más esencial una buena limpieza para la eliminación de estos agentes.

Desinfectantes químicos

Por lo que respecta a los desinfectantes químicos, muchos de ellos son ineficaces a la hora de reducir la infectividad, pero, además, algunos actúan como fijadores de las proteínas estabilizando el agente. En la tabla 3 se incluyen los desinfectantes químicos en función de su eficacia. Entre los desinfectantes químicos eficaces en la descontaminación de priones, algunos presentan una serie de limitaciones que deben ser tenidas en cuenta.

Hipoclorito sódico:

- No debe usarse en superficies abiertas debido a la posible liberación de cloro.
- Corroe el metal y el acero.
- Es incompatible con formaldehído, alcoholes y ácidos.
- Es inactivado rápidamente por los restos proteicos.

- La duración de las soluciones concentradas es de aproximadamente 2 - 3 semanas.

- Las soluciones diluidas no son estables y deben prepararse diariamente.

Hidróxido de sodio:

- No debe usarse en aluminio o zinc.
- No genera humos, pero es perjudicial para los tejidos del cuerpo.
- Es irritante y el polvo es peligroso.

Ácido fórmico:

- No debe utilizarse en tejidos que han estado expuestos a fenol, puesto que este interactúa de forma peligrosa con el ácido fórmico.

Fenol:

- Es tóxico, corrosivo e irritante. Puede ser absorbido por las mucosas, las heridas y la piel intacta. Debe manejarse con precaución con los equipos de protección individual adecuados.

Procedimientos físicos

La incineración es el método más eficaz en la eliminación de los priones. Temperaturas por encima de los 600°C pueden ser eficaces, aunque la temperatura normal de proceso suele ser de 850°C. El tamaño de las partículas debe ser lo suficientemente pequeño para garantizar la penetración del calor hasta el centro de la partícula.

El uso de autoclaves sigue siendo un importante método para reducir la infectividad de los priones, aunque distintas cepas de TSE muestran diferente sensibilidad al calor. Todavía hoy existe controversia sobre los tiempos y temperaturas adecuadas del ciclo de autoclavado.

A continuación se incluyen algunas de las recomendaciones:

- 121-132°C durante 1 hora (desplazamiento por gravedad)
- 121°C durante 30 minutos (prevacío)
- 134-137°C durante 18 minutos (prevacío)
- 6 ciclos sucesivos de 134-137°C durante 3 minutos

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

Tabla 3. Eficacia de los desinfectantes químicos frente a priones.	
INEFICAZ	EFICAZ
Alcoholes (50-100%) (1). Amoníaco (1M). Dióxido de cloro (50 ppm). Óxido de etileno. Formaldehído (3,7%) y compuestos relacionados (1). Glutaraldehído (5%) y compuestos relacionados, por ejemplo, ortof- talaldehído (OPA) (1). Ácido clorhídrico (1N). Peróxido de hidrógeno (0,2, 3, 6, 30 ó 60%). Iodóforos. Ácido peracético (0,2-19%). Soluciones acuosas de fenol (≤90%).	Detergentes alcalinos (formulaciones específicas). Detergentes enzimáticos (formulaciones específicas). Hipoclorito sódico (20.000 ppm de cloro durante 1 hora). Hidróxido sódico (2M durante 1 hora), el aumento de la tempera- tura mejora su eficacia. Ácido fórmico (96% durante 1 hora). Fenol (≥90%).
(1) Agentes altamente fijadores, estabilizan la infectividad y, en consecuencia, disminuyen la eficiencia del proceso de descontaminación.	

Normativa

AGENTES BIOLÓGICOS:

https://www.insst.es/riesgos-biologicos#id_second

- REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- ORDEN de 25 de marzo de 1998 por la que se adapta en función del progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. BOE núm. 76 de 30 de marzo.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos
- DIRECTIVA (UE) 2020/739 DE LA COMISIÓN de 3 de junio de 2020 por la que se modifica el anexo III de la Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la inclusión del SARS-CoV-2 en la lista de agentes biológicos que son patógenos humanos conocidos, así como la Directiva (UE) 2019/1833 de la Comisión
- Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (Séptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).

RIESGO BIOLÓGICO EN LABORATORIOS:

- [**OMS – Manual de Bioseguridad en el Laboratorio \(3ª ed.\)**](#)
- [**CDC – Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories \(5th ed.\)**](#)
- [NTP 902 – Riesgo biológico: evaluación y prevención en trabajos con cultivos celulares.](#)
- [NTP 927 – Riesgo biológico en la industria biotecnológica.](#)
- [NTP 616 – Riesgos biológicos en la utilización, mantenimiento y reparación de instrumentos de laboratorio.](#)
- [NTP 812 – Riesgo biológico: prevención de accidentes por lesión cutánea.](#)
- [NTP 628 – Riesgo biológico en el transporte de muestras y materiales infecciosos.](#)
- [NTP 807 – Glosario de Términos.](#)

RIESGO BIOLÓGICO EN LABORATORIOS: OTROS:

- [NTP 233 – Cabinas de Seguridad Biológica.](#)
- [NTP 376 - Exposición a agentes biológicos: seguridad y buenas prácticas de laboratorio.](#)
- [NTP 539 – Prevención del riesgo biológico en el laboratorio: trabajo con hongos.](#)

- [NTP 545 – Prevención del riesgo biológico en el laboratorio: trabajo con parásitos.](#)
- [NTP 520 – Prevención del riesgo biológico en el laboratorio: trabajo con virus.](#)
- [NTP 585 – Prevención del riesgo biológico en el laboratorio: trabajo con bacterias.](#)
- NTP 636: Ficha de datos de seguridad para agentes biológicos

RIESGOS BIOLÓGICOS: ENTORNOS CON ANIMALES.

- NTP 224. Brucelosis. Normas preventivas
- NTP 411. Zoonosis de origen laboral.
- NTP 468: Trabajo con animales de experimentación
https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_468.pdf/8c38e641-ba17-4851-bf2e-c6ff13411dad
- [NTP 821 – Centros veterinarios: exposición laboral a agentes biológicos.](#)
- [NTP 901 – Riesgo biológico: prevención en mataderos.](#)

RIESGO BIOLÓGICO Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (E.P.I.)

- [NTP 1143 – Guantes de protección frente a microorganismos.](#)
- [NTP 571 – Exposición a agentes biológicos: Equipos de Protección Individual.](#)
- [NTP 572 – Exposición a agentes biológicos. La gestión de equipos de protección individual en centros sanitarios.](#)
- [NTP 518 – Prevención del riesgo en el laboratorio. Utilización de equipos protección individual \(II\): gestión.](#)

VARIOS:

- NTP 447: Actuación frente a un accidente con riesgo biológico
https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_447.pdf/0469bb60-3718-40a7-a1e8-58cf84a14899
- [NTP 473 – Estaciones depuradoras de aguas residuales: riesgo biológico.](#)
- [NTP 822 – Agentes biológicos. Enfermedades de la piel.](#)
- [NTP 875 – Riesgo biológico: equipos cortopunzantes con dispositivos de bioseguridad.](#)
- [NTP 979 – Notificación primer uso de agentes biológicos de los grupos 2, 3 ó 4.](#)

ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE:

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion_espaniola.aspx

- Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se regula el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de Organismos modificados genéticamente.
- Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento General para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003.

El Real Decreto 178/2004 fue modificado mediante el Capítulo V del Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos

reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio. Posteriormente han sido publicados el Real Decreto 191/2013, de 15 de marzo, y el Real Decreto 364/2017, de 17 de abril, por medio de los cuales también se modifica el Real Decreto 178/2004.

- Real Decreto 364/2017, de 17 de abril, por el que se modifica el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, aprobado mediante Real Decreto 178/2004, de 30 de enero
- Real Decreto 452/2019, de 19 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento general para el desarrollo y ejecución de la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, y el Real Decreto 511/2017, de 22 de mayo, por el que se desarrolla la aplicación en España de la normativa de la Unión Europea en relación con el programa escolar de consumo de frutas, hortalizas y leche
- Decreto 142/1998, de 7 de julio, del Gobierno de Aragón, por el que se regula el régimen jurídico en materia de actividades de utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente o de productos que los contengan.
- Orden, de 1 de junio de 2004, del Departamento de Agricultura y Alimentación, por la que se crea y se regula provisionalmente el Registro de Organismos Modificados Genéticamente en Aragón.
- Decreto 65/2006, de 7 de marzo, del Gobierno de Aragón, por el que se determinan los órganos competentes de la Administración de la Comunidad Autónoma de Aragón y se establecen reglas de procedimiento, en materia de actividades de utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente.

LEGIONELLA:

- REAL DECRETO 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Relacionado con la Legionella

- Guía técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones

FAQ's

1. ¿Cómo se transmiten los agentes biológicos y entran en contacto con el trabajador?

Los agentes biológicos se dispersan y se transmiten a través del aire, por bioaerosoles; a través del agua o los alimentos; por contaminación de superficies, herramientas u objetos (fómites) y a través de otros seres vivos (reservorios, hospedadores y/o vectores). Una vez dispersados en el ambiente laboral, la forma mediante la cual el agente biológico penetra al organismo del trabajador y por la cual resulta patógeno se conoce como vía de entrada.

Las vías de entrada de los agentes biológicos son:

- **Respiratoria o inhalatoria:** es la principal vía de entrada de los agentes biológicos. La exposición es debida a la presencia de los agentes biológicos en el ambiente laboral en forma de bioaerosoles, es decir suspendidos en el aire que el trabajador inhala. Los bioaerosoles se suelen producir al toser, al hablar y en procesos pulvígenos o con agua a presión.
- **Dérmica o cutánea:** la entrada del agente biológico es a través de la piel intacta, piel ligeramente dañada o a través de las mucosas (ojos, nariz). La exposición se produce al entrar en contacto con elementos contaminados como herramientas, superficies, muestras, materias primas y con pacientes o animales enfermos; también por proyecciones y salpicaduras a las mucosas.
- **Digestiva u oral:** la entrada del agente biológico es a través de la ingesta de alimentos, agua o elementos contaminados. La exposición en el ámbito laboral se produce principalmente por malas prácticas de higiene (falta de aseo personal antes de la comidas, fumar con manos sucias, etc.).
- **Parenteral o percutánea:** la entrada del agente biológico es por la inoculación del agente biológico en las capas profundas de la piel. La exposición en este caso se produce como consecuencia de un accidente laboral, pinchazo, corte, mordedura o picadura de animal. Esta forma de exposición es frecuente en el sector sanitario y veterinario, en los trabajos de laboratorio y en los centros de experimentación animal; también en trabajos al aire libre por picaduras y mordeduras de animales.

2. ¿Qué tipos de residuos sanitarios existen derivados de la actividad con agentes biológicos?

Los residuos sanitarios se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- **Residuos domésticos:** Se trata de residuos que por su naturaleza y composición no necesitan exigencias especiales de gestión. Estos residuos incluyen materiales como papel, cartón, vidrio, restos de comida y otros residuos que normalmente no derivan directamente de una actividad sanitaria y que se generan en estancias o áreas de un centro sanitario donde no se realizan actividades propiamente sanitarias (por ejemplo, oficinas, comedores, bares, salas de espera). Tienen la consideración de residuos urbanos o municipales.

- Residuos sanitarios no específicos asimilables a residuos urbanos: Este tipo de residuos incluyen: material de curas, yesos, la ropa y el material de un solo uso sucios con sangre u otros fluidos biológicos, así como otros residuos no englobados en la categoría de residuos sanitarios de riesgo o especial.

- Residuos de riesgo o específicos: Son los que requieren la adopción de medidas de prevención en la recogida, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición del desecho, tanto dentro como fuera del centro generador, dado que pueden suponer un riesgo para la salud laboral y pública. Estos residuos son la sangre y hemoderivados en forma líquida, las agujas, el material anatómico, los cultivos y reservas de agentes infecciosos, los residuos de animales de investigación o experimentación inoculados biológicamente y el resto de residuos sanitarios infecciosos capaces de transmitir alguna de las enfermedades infecciosas (ver tabla 1) que se indican en la normativa y los residuos procedentes de enfermos que pueden ser incluidos en este grupo.

- Residuos tipificados en normativas singulares: Este grupo comprende los residuos especiales no incluidos en el apartado anterior y los residuos citotóxicos, además de todo el material que haya estado en contacto con ellos y que presenten riesgos carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos; y los restos de sustancias químicas, los medicamentos caducados, los aceites minerales, los residuos de laboratorios radiológicos y los residuos radioactivos.

Tabla 1. Lista de enfermedades infecciosas	
Fiebres hemorrágicas víricas	Hepatitis vírica B y C
Rabia	Sida VIH
Difteria	Brucelosis
Tularemia	Encefalopatía de Creutzfeld-Jakob, encefalopatías espongiiformes
Cólera	Ántrax
Tuberculosis	Peste
Fiebre Q	Lepra
Muermo	Meningitis, encefalitis
Arbovirus	Tifus abdominal
Herpes virus simeae	Tifus
Carbunco	Fiebre tifoidea
Melioidosis	Fiebre paratifoidea A, B y C
Viruela	Poliomelitis
Disentería amebiana	Fascitis necronizantes
Disentería bacteriana	Tétanos
Disentería bacilar	

3. ¿Dónde notifico a la autoridad laboral el primer uso de agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4?

Deberá hacerlo en el Instituto Aragonés de Seguridad y Salud Laboral (ISSLA) siguiendo la NTP 979: "Notificación de primer uso de agentes biológicos de los grupos 2, 3 ó 4".

En el caso de ser Organismos Modificados Genéticamente, deberá hacerlo a la Comisión Nacional de Bioseguridad del Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.