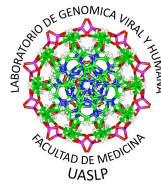


Manual de Bioseguridad

Para laboratorios de investigación biomédica

Quinta Edición

2012



Publicado por el
Laboratorio de Genómica Viral y Humana
de la Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Primera edición: 12 de febrero del 2008
Última edición: 18 de enero del 2012

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita del editor, bajo las sanciones establecidas por las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público. Inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor con número 03-2011-101115203600-01 el 3 de noviembre del 2011.

Impreso en la ciudad de San Luis Potosí, SLP. México.

Acerca de este documento

Este documento concentra los lineamientos que rigen al Laboratorio de Genómica Viral y Humana de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí mismos que podrán ser adoptados y adaptados para su uso en otros laboratorios de investigación biomédica de México y Latinoamérica. El Laboratorio de Genómica Viral y Humana estipula la obligación de conocer, entender y apegarse a los lineamientos expuestos en este documento para todo el personal adscrito al mismo (sea investigador, técnico, estudiante, personal administrativo y de intendencia). Los lineamientos expuestos en este documento buscan proteger la salud del personal humano involucrado en actividades académicas, administrativas y de investigación al igual que salvaguardar la integridad de los especímenes biológicos manipulados y almacenados en el laboratorio. De manera adicional, estos lineamientos buscan minimizar el impacto ambiental de las operaciones rutinarias del laboratorio al igual que el riesgo que éste representa para población civil cercana a sus instalaciones. Para ello se han adoptado medidas específicas destinadas a reducir la posibilidad de que sustancias tóxicas, microorganismos patógenos u organismos genéticamente modificados sean liberados al medio ambiente de manera accidental así como planes de contingencia para hacerle frente a su liberación.

Estos lineamientos se basan en las recomendaciones de buenas prácticas de laboratorio y de bioseguridad emitidas por organismos internacionales tales como el Center for Disease Control & Prevention (CDC)¹, los National Institute of Health (NIH)² y el National Cancer Institute (NCI)³ de los Estados Unidos de Norteamérica. Adicionalmente se han incorporado recomendaciones emitidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (IUCN)⁴ de la Unión Europea, la Organización Mundial de la Salud (WHO)⁵ y la Sociedad Internacional para Repositorios Biológicos y Ambientales (ISBER)⁶.

Estos lineamientos fueron compilados y organizados por el Dr. CA García-Sepúlveda, responsable del Laboratorio de Genómica Viral y Humana de la Facultad de Medicina de la UASLP, y revisados por un panel de investigadores con experiencia en el tema. Estos lineamientos serán sometidos a reconsideración y revisión periódica con el objeto de actualizar su contenido a nuevos conocimientos y desarrollos tecnológicos. Se le hace una atenta invitación al lector a sugerir adiciones o modificaciones del contenido a través de nuestro correo electrónico lgvh.uaslp@gmail.com.

1.- "*Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 1999*". U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health. Fifth edition, 2007. U. S. Government Printing Office. Washington, USA.

2.- "*NIH Guidelines for Research Involving Recombinant DNA Molecules, April 2002*"; U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health. 2002. U. S. Government Printing Office. Washington, USA.

3.- "*First-Generation Guidelines for NCI-Supported Biorepositories*". National Cancer Institute, National Institutes of Health, U.S. Department of Health and Human Services. April 2006. Washington, USA.

4.- "*An Explanatory Guide to the Cartagena Protocol on Biosafety, 2003*". International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). Ruth Mackenzie, Françoise Burhenne-Guilmin, Antonio G.M. La Viña and Jacob D. Werksman in cooperation with Alfonso Ascencio, Julian Kinderlerer, Katharina Kummer and Richard Tapper. IUCN Environmental Policy and Law Paper No. 46. IUCN Environmental Law Centre. Cambridge, UK.

5.- "*Laboratory Biosafety Manual, Third edition*". 2004. World Health Organization. Geneva. Switzerland.

6.- "*Best practices for Repositories I: Collection, Storage and Retrieval of Human Biological Materials for Research, 2001*". International Society for Biological and Environmental Repositories. Cell Preservation Technology, Volume 3, Number 1, 2005. Maryland, USA.

Autores

Autores

Christian A. García Sepúlveda MD PhD

Responsable del Laboratorio de Genómica Viral y Humana de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí San Luis Potosí, México.

Daniel E. Noyola Cherpitel MD MSc

Responsable del Laboratorio de Virología, Departamento de Microbiología de la Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí San Luis Potosí, México.

J. Rafael Argüello Astorga MD PhD

Director general del Instituto de Ciencia y Medicina Genómica de Torreón, Coahuila. México.

Colaboradores

Sandra E. Guerra Palomares QFB MSc

Laboratorio de Genómica Viral y Humana de la Facultad de Medicina, UASLP.

Contenido

1	<u>Reglamento General</u>	
1.1	<u>Personal de nuevo ingreso</u>	1
1.2	<u>Conducta y disciplina</u>	3
1.3	<u>Acceso al laboratorio y visitas</u>	4
1.4	<u>Vestimenta, limpieza y orden</u>	5
1.5	<u>Bitácoras de laboratorio</u>	7
1.6	<u>Impacto ambiental</u>	9
2	<u>Seguridad General</u>	
2.1	<u>Incendios</u>	11
2.2	<u>Seguridad eléctrica</u>	13
2.3	<u>Fuentes de luz ultravioleta y de emisión láser</u>	14
2.4	<u>Cilindros de gas comprimido</u>	17
2.5	<u>Desastres naturales, incidentes industriales y disturbios civiles</u>	17
2.5.1	<u>Sismo y erupciones volcánicas</u>	18
2.5.2	<u>Tormentas severas, huracanes, inundaciones y deslaves</u>	19
2.5.3	<u>Ondas de calor</u>	20
2.6	<u>Incidentes tecnológicos e industriales</u>	20
2.7	<u>Disturbios civiles e intrusiones</u>	21
3	<u>Equipo de Protección Personal</u>	
3.1	<u>Indumentaria</u>	23
3.2	<u>Guantes</u>	24
3.3	<u>Protección respiratoria</u>	26
3.4	<u>Protección óculo-facial</u>	28
4	<u>Seguridad Química</u>	29
5	<u>Bioseguridad</u>	
5.1	<u>Grupos de riesgo y niveles de bioseguridad</u>	33
5.2	<u>Laboratorios básicos (nivel de bioseguridad 1 y 2)</u>	35
5.3	<u>Laboratorio de contención biológica (nivel de bioseguridad 3)</u>	39
5.4	<u>Laboratorio de máxima contención (nivel de bioseguridad 4)</u>	42
5.5	<u>Bioterios</u>	45
5.5.1	<u>Bioterios con Nivel de Bioseguridad 1 (ABSL-1)</u>	45
5.5.2	<u>Bioterios con Nivel de Bioseguridad 2 (ABSL-2)</u>	46
5.5.3	<u>Bioterios con Nivel de Bioseguridad 3 (ABSL-3)</u>	47
5.5.4	<u>Bioterios con Nivel de Bioseguridad 4 (ABSL-4)</u>	48
5.6	<u>Precauciones universales</u>	48
5.7	<u>Precauciones especiales</u>	49
5.7.1	<u>Distribución de líquidos</u>	50
5.7.2	<u>Gabinetes de seguridad biológica</u>	51
5.7.3	<u>Cuartos limpios y cuartos de cultivo celular/tisular</u>	59
5.7.4	<u>Centrifugas</u>	61
5.7.5	<u>Refrigeradores</u>	62

5.7.6	Homogeneizadores y sonicadores	63
5.7.7	Incubadoras	64
5.8	Manipulación de muestras clínicas y bioespecímenes	64
5.9	Manipulación de líneas celulares o tejidos animales	66
5.10	Manipulación de cultivos de hongos, bacterias y virus	68
5.11	Manipulación de sustancias inmunomoduladoras, quimioterapéuticas y antineoplásicas	68
6	Seguridad Molecular	
6.1	Segregación de espacios y procedimientos	71
6.2	Manipulación de RNA, cDNA, DNA y productos de PCR	73
6.3	Manipulación de moléculas recombinantes, plásmidos, vectores de expresión y organismos genéticamente modificados (GMO)	73
7	Seguridad Radiológica	77
8	Crioseguridad	81
9	Transporte de Material Peligroso	83
10	Manejo de Residuos	
10.1	Residuos ordinarios y de oficina	85
10.2	Residuos tóxicos	86
10.3	Residuos biológico-infecciosos	87
10.4	Residuos radiológicos	88
10.5	Punzo-cortantes	88
11	Descontaminación y Remediación	
11.1	Descontaminación y remediación de derrames de sustancias tóxicas	91
11.2	Descontaminación y remediación de derrames de material biológico	93
11.3	Descontaminación y remediación de derrames de sustancias radiactivas	98
11.4	Descontaminación y remediación de derrames de ácidos nucleicos	100
11.5	Descontaminación y remediación de derrames de fluidos criogénicos	101
11.6	Investigación y reporte de derrames, lesiones, quemaduras e incidentes	102
12	Control Integral de Roedores y Artrópodos	103
13	Apéndice	
13.1	Consentimiento informado para toma de muestra de suero basal	105
13.2	Simbología universal para laboratorios	105
13.3	Formato de seguimiento médico de personal de laboratorio	115
13.4	Formato de reporte de derrames e incidentes	107

1 Reglamento General

[Regresar al índice de contenido](#)

1.1 Personal de nuevo ingreso.

Toda persona adscrita a laboratorios de investigación biomédica deberá leer y comprender éste documento al igual que firmar un consentimiento de apego voluntario que documente legal y administrativamente su disposición a apegarse a sus lineamientos ([Ver Apéndice 13.1](#)).

Toda persona de nuevo ingreso deberá ser presentada formalmente a los demás miembros del laboratorio y brindada la oportunidad de conocer la distribución de las distintas áreas físicas e instrumentos del laboratorio antes de iniciar sus actividades de investigación. Igualmente, el personal de nuevo ingreso deberá recibir al menos una plática de introducción destinada a familiarizarlo con los niveles de bioseguridad existentes, el equipamiento e instrumentos, los requerimientos e implementos de bioseguridad y protección personal al igual que para familiarizarlo con los procedimientos de contingencia descritos en este manual.

La fotografía de toda persona de nuevo ingreso deberá ser incluida en el panel de personal adscrito al laboratorio el cual deberá localizarse preferentemente a la entrada del laboratorio o institución.

Toda persona adscrita al laboratorio deberá portar una identificación fotográfica (ver figura 1) que indique su nombre y adscripción, al igual que las autorizaciones especiales a las cuales es acreedor (P. Ej., para el trabajo con radioisótopos o con microorganismos de cierto nivel de bioseguridad). Se recomienda emplear un código de colores que permita identificar rápidamente al portador como estudiante, investigador, personal administrativo o visitante.



Figura 1. Identificaciones fotográficas con los códigos de colores correspondientes a investigadores (mostrando autorización de bioseguridad y seguridad radiológica), personal administrativo, estudiantes y visitantes (tamaño real de 6.5x10 cm).

Tanto los investigadores como los estudiantes de posgrado, el personal técnico, administrativo y el personal de intendencia deberán recibir un juego de llaves que les permita acceder a las áreas autorizadas de acuerdo a las disposición institucionales. Los estudiantes que se encuentren realizando estancias cortas (inferiores al año) así como aquellos que visiten las instalaciones con motivo de eventos de difusión como la *Semana Nacional de la Investigación* o el *Verano de la Ciencia* no deberán recibir dicho juego de llaves por lo que deberán ajustarse a los horarios de actividad del personal adscrito.

Las llaves del laboratorio no deberán ser duplicadas ni colocadas bajo la custodia de personas ajenas al laboratorio sin autorización formal por parte del responsable del laboratorio.

Los juegos de llaves deberán ser entregados al supervisor o responsable del laboratorio al expirar el convenio de asociación (período de estudios, contrato administrativo, adscripción de trabajo, etc.).

El personal de intendencia portará llaves para todas las áreas del laboratorio con la excepción de áreas cuyo nivel de bioseguridad sea igual o mayor a BSL-3 (ver capítulo 5 – Bioseguridad, sección 5.1) o aquellas explícitamente restringidas.

Un juego completo de llaves deberá ser depositado bajo el cuidado de una autoridad jerárquicamente superior al supervisor del laboratorio como copia de respaldo o de emergencia. Este juego de llaves podrá ser solicitado a dicha persona únicamente en situaciones de extrema necesidad o urgencia por parte del personal adscrito al laboratorio o por parte de cualquier autoridad institucional superior. La autorización para emplear dicho juego de llaves quedará a discreción de la persona encargada de resguardar el respaldo de llaves.

Toda persona adscrita al laboratorio cuyas actividades le lleven a manipular muestras clínicas, bioespecímenes animales de cualquier tipo, líneas celulares animales o alícuotas virales deberá brindar una muestra de sangre con el objeto de auxiliar el estudio de posibles infecciones ocupacionales. Para ello se tomará una muestra de 50 mL de sangre periférica con una jeringa de 60 ml nueva y estéril y su contenido se verterá en un tubo cónico de 50 mL nuevo y estéril. Se permitirá que la sangre coagule entre 30 y 60 minutos a temperatura ambiente tras lo cual se recuperará el suero y verterá en un tubo cónico de 50 mL nuevo y estéril previamente etiquetado con los nombres y apellidos de la persona, la fecha de toma de muestra y la leyenda SUERO BASAL. Antes de recabar la muestra de sangre destinada al suero basal el donador deberá firmar el consentimiento informado correspondiente y aceptar los términos y condiciones de uso ([Ver Apéndice 13.1](#)). La muestra de suero basal será utilizada **UNICAMENTE** como auxiliar en el manejo médico y diagnóstico de posibles enfermedades ocupacionales adquiridas dentro del laboratorio.

La muestra de suero basal será almacenada mientras tenga vigencia el convenio de asociación entre el donador y el laboratorio. Al término del convenio de asociación, las muestras serán entregadas al donador correspondiente o desechadas como residuos biológico infecciosos previa inactivación con NaOCl y anonimización (destrucción de datos personales).

La muestra de suero basal podrá ser empleada por el laboratorio o sus autoridades institucionales superiores y sin autorización del donador cuando su estudio químico, serológico o molecular permita resolver conflictos de índole médico-legal relacionados a demandas laborales imputables a enfermedades por exposición ocupacional a tóxicos o agentes infecto-contagiosos.

Toda persona involucrada en la manipulación de muestras clínicas, bioespecímenes animales de cualquier tipo, líneas celulares animales o alícuotas virales como parte de sus actividades programadas deberá ser sometida a una evaluación médica a su ingreso y subsecuentemente cada año (o con mayor frecuencia cuando el supervisor así lo considere). Este seguimiento médico deberá documentarse en el *formato de seguimiento médico de personal de laboratorio* ([Ver Apéndice 13.3](#)). El médico encargado de la evaluación inicial podrá recomendar estudios auxiliares de laboratorio o imagenología de acuerdo a su criterio.

Independientemente de la evaluación clínica inicial toda persona cuyas actividades dentro del laboratorio la lleven a manipular o entrar en contacto con muestras de sangre, suero o plasma humanos deberá someterse al tamizaje del virus de la inmunodeficiencia humana (HIV), del virus de la hepatitis B (HBV) y virus de hepatitis C (HCV) a su ingreso y subsecuentemente cada año. Igualmente, estas personas deberán recibir y documentar oficialmente el esquema completo de vacunación contra HBV. El tamizaje de HIV y demás patógenos se regirá por los criterios de consentimiento informado y confidencialidad dictados por el inciso 6.3.5 de la Norma Oficial Mexicana (NOM-

010-SSA2-1993); es decir, que quien se somete a análisis, deberá hacerlo con conocimiento suficiente, en forma voluntaria y seguro de que se respetará su derecho a la privacidad y la confidencialidad del expediente clínico.

La entrega del resultado al donador se realizará a través de su médico evaluador el cual discutirá con el los resultados o canalizará a un centro de atención médica para la realización de estudios confirmatorios. No se emitirán reportes de resultados en listados público, ni se comunicará el resultado a terceros sin la autorización del paciente/donador.

Los individuos que demuestren ser positivos para HIV serán excluidos de las actividades de investigación que involucren la manipulación de muestras clínicas, de alícuotas virales, de líneas celulares transformadas o inmortalizadas o de cualquier otro tipo de bioespecimen humano dado el riesgo de exposición a patógenos que ello implica. Este lineamiento busca salvaguardar la salud del investigador infectado y de ninguna manera constituye una medida de segregación laboral.

El personal femenino adscrito al laboratorio tiene **ESTRICTAMENTE PROHIBIDO** manipular, procesar o recabar muestras biológicas, líneas celulares, bioespecímenes o sustancias tóxicas durante el primer trimestre del embarazo y preferentemente durante la totalidad de su embarazo.

Toda persona cuyas actividades de investigación la lleven a manipular o entrar en contacto con muestras de secreciones respiratorias humanas, con ganado porcino y/o aves domésticas o silvestres deberá recibir anualmente la vacuna contra el virus de la influenza.

Cualquier falta de apego a los lineamientos descritos en este documento será motivo de sanciones académicas, administrativas o legales, según corresponda y a discreción del supervisor del laboratorio.

1.2 Conducta y disciplina.

[Regresar al índice de contenido](#)

Queda estrictamente prohibido comer, beber, fumar, consumir goma de mascar o introducirse objetos a la boca dentro del laboratorio.

Queda estrictamente prohibido usar dispositivos de audio personal (audífonos) al igual que tapones auriculares dentro del laboratorio ya que comprometen la percepción de alarmas o de llamadas de auxilio. El uso de dispositivos de audio ambiental (a bajo volumen) es aceptado siempre y cuando no representen una distracción para los demás.

Queda prohibido correr dentro del laboratorio o deambular en su interior mientras se lee, usa el celular o escriben mensajes telefónicos.

Toda falla o descompostura de equipo o instrumentos de laboratorio, de equipo de cómputo, de las instalaciones eléctricas, de agua o infraestructura en general deberá reportarse inmediatamente al supervisor del laboratorio. El equipo dañado deberá ser señalado con una etiqueta de alta visibilidad que indique la naturaleza de la falla, la fecha en que fue detectada y la persona que la detectó.

Queda estrictamente prohibido imprimir o generar copias personales de bases de datos propias del laboratorio especialmente de aquellas que incluyan información clínica, médica o cualquier otra información de carácter sensible (resultados de pruebas periciales o forenses, resultados de tamizaje virológico, etc.).

Toda la información electrónica generada y almacenada por los investigadores, estudiantes, técnicos y administrativos en sus computadoras deberá ser respaldada periódicamente hacia medios u ópticos (discos externos, servidores, CD o DVD). Los discos de respaldo deberán indicar el nombre del usuario y la fecha en que se realizó. Los discos ópticos podrán ser almacenados por los mismos usuarios (preferentemente fuera de sitio) o entregados a

la jefatura del laboratorio para su almacenamiento. Con la finalidad de proteger la información de desastres naturales o intrusiones los respaldos a medios magnéticos u ópticos **NO DEBERÁN SER ALMACENADOS DENTRO DEL LABORATORIO.**

Toda información clínica, asociada a nombres de pacientes o de carácter sensible deberá ser encriptada antes de respaldar hacia medios magnéticos u ópticos. Las bases de datos y en general cualquier documento electrónico que vincule el nombre, la dirección o datos de contacto de personas físicas con resultados de laboratorio o proyectos científicos deberán protegerse por contraseñas robustas con el objeto de asegurar la confidencialidad.

Queda estrictamente prohibido difundir a terceros cualquier tipo de información clínica, laboral o personal que se derive del tamizaje de bioseguridad realizado a los investigadores, técnicos, estudiantes o pacientes. Igualmente, queda estrictamente prohibido distribuir a terceros información, documentos, protocolos, correspondencia, muestras biológicas de cualquier tipo, herramientas de bioinformática y resultados de experimentos y sus gráficas sin la autorización expresa del supervisor del laboratorio.

Ningún conflicto de índole personal, emocional o profesional y ninguna descalificación, ofensa o agresión deberá ser tolerada dentro de instalaciones de investigación. Aquellas personas que se vean involucradas en este tipo de incidentes serán sancionadas por escrito y de manera oficial ante las autoridades académicas, administrativas o judiciales, según corresponda y a criterio del supervisor del laboratorio.

1.3 Acceso al laboratorio y visitas.

[Regresar al índice de contenido](#)

El acceso al laboratorio se limitará al personal adscrito o de otra manera autorizado al igual que a personas directamente involucradas en las actividades y funcionamiento del mismo (personal de mantenimiento y limpieza) o así indicado en el panel de personal adscrito localizado en la recepción del laboratorio. El acceso al público general será restringido en todo momento con el objeto de salvaguardar la integridad tanto de los visitantes, del personal adscrito así como de los biospecímenes o material estratégico almacenados en el laboratorio.

NOTA: Se entiende por material estratégico a todo material, implemento o sustancia capaz de ser empleada para causar daño a un individuo o comunidad o cuya pérdida represente un riesgo para el laboratorio, institución o estado.

Es obligación de todo el personal adscrito **indagar la presencia o permanencia de personas extrañas o desconocidas dentro del laboratorio** o de escoltarla hasta su destino.

Queda estrictamente prohibido permitir la entrada sin autorización por parte del supervisor de laboratorio a:

- 1) menores de 18 años sin supervisión.
- 2) mujeres embarazadas (con las excepciones descritas en el siguiente inciso).
- 3) personas que no acrediten una razón válida de visita.
- 4) personas inmuno-comprometidas (por HIV, tratamiento médico o enfermedad crónica).
- 5) personas con enfermedades infecciosas agudas obvias (gripa, exantemáticas, ictericas, etc.).
- 6) mascotas o animales que no sean objeto de estudio o investigación.
- 7) personas intoxicadas (por medicamentos, alcohol o psicotrópicos).

El personal femenino que se encuentre cursando el primer trimestre de embarazo tendrá prohibido manipular muestras clínicas así como suspensiones o cultivos de células humanas, líneas celulares, hongos, bacterias o virus y sus extractos antes de su inactivación biológica. Adicionalmente, el personal femenino tendrá estrictamente prohibido manipular cualquier sustancia tóxica, carcinogénica, teratógena o mitógena durante la totalidad de su embarazo.

Toda persona que reciba a visitantes ajenos al laboratorio (proveedores, personal administrativo, personal académico o investigadores visitantes) tiene como obligación velar por su seguridad. A menos de que el supervisor indique lo contrario, dichas visitas deberán permanecer en la recepción del laboratorio. Por restricciones de espacio y seguridad no se permitirá la estancia prolongada (más de 5 minutos) a personas ajenas al laboratorio sin la autorización del supervisor.

Las puertas que separan a las diferentes áreas del laboratorio deberán permanecer cerradas en todo momento a menos de que el supervisor del laboratorio indique lo contrario. La puerta principal del laboratorio deberá permanecer custodiada en todo momento (ya sea personalmente o por medios electrónicos). Cuando esto no sea posible deberá permanecer cerrada bajo llave.

Será obligación de cada persona cargar con su propio juego de llaves al salir del laboratorio con el objeto de garantizar su acceso.

Queda estrictamente prohibido sentarse en el piso del laboratorio al igual que colocar objetos personales en el piso del mismo, incluso dentro de los cubículos de estudio. Esto debido a que los pisos del laboratorio serán lavados diariamente con soluciones antisépticas o con cloro concentrado lo cual pudiera dañar a telas o material de estudio/computo.

Ninguna persona deberá permanecer en el interior de laboratorios equipados con lámparas ultravioletas durante los ciclos de descontaminación. Los ciclos de descontaminación ultravioleta deberán programarse para evitar la irradiación accidental de personas para incluir medios acústicos y visuales que claramente indiquen su funcionamiento. Los ciclos de descontaminación UV deberán restringirse a horas de baja afluencia (P. E.j, de 0:00 hrs. a 05:00 hrs.

La última persona en abandonar el laboratorio deberá:

- 1) Asegurarse de que ningún individuo continúe en el interior del laboratorio.
- 2) Apagar las luces de todo el laboratorio.
- 3) Asegurar el cierre correcto de ventanales y puertas de oficinas, cuartos y laboratorios.
- 4) Apagar instrumentos y equipo eléctrico, reguladores y computadoras dispensables.
- 5) Apagar los aparatos de aire acondicionado que no sean indispensables.
- 6) Verificar el cierre total de los grifos de agua y lavabos.

Algunas áreas de particular importancia (áreas de trabajo con radioisótopos, laboratorios con nivel de bioseguridad 3, laboratorios de RNA, cuartos de cultivo, cuartos climatizadas para instrumentos de precisión, etc.) deberán cerrarse bajo llave de alta seguridad al término de la jornada diaria. La llave de alta seguridad deberá mantenerse en un lugar seguro (preferentemente bajo llave) dentro del laboratorio.

1.4 Vestimenta, limpieza y orden.

[Regresar al índice de contenido](#)

Toda persona involucrada en el manejo de sustancias químicas, material biológico o radiactivo deberá asearse al llegar a su domicilio y antes de manipular alimentos o entrar en contacto con otras personas (especialmente niños y mujeres embarazadas) y animales.

Toda persona involucrada en actividades de investigación biomédica deberá traer las uñas de las manos cortas y limpias con el objeto de salvaguardar la integridad de los guantes de latex/nitrilo.

Aquellas personas involucradas en actividades de biología molecular, microbiología, de cultivo celular/tisular o en la manipulación de líneas celulares, radioisótopos, alícuotas virales o bioespecímenes animales y humanos tendrán prohibido usar pantaloncillos cortos o faldas que dejen desprotegidas a sus piernas de salpicaduras.

Las personas involucradas en actividades de biología molecular (particularmente aplicaciones forenses o antropológicas) y aquellas involucradas en actividades de cultivo celular/tisular o manipulación de líneas celulares o alicuotas virales deberán portar el cabello corto o emplear gorros con elástico que engloben a toda la cabellera. Dicho gorro no deberá interferir con la colocación de equipo de protección personal (p. Ej., caretas faciales o respiradores) y deberá cubrir por completo a la cabellera.

Todo el personal adscrito deberá emplear calzado cerrado con suela anti-derrapante. El calzado deberá cubrir totalmente el pie, sin dejar al descubierto los dedos, el talón, el arco o el empeine. Queda prohibido el uso de zapatos de tacón elevado o de calzado con aberturas de ventilación. El uso de zuecos de cualquier tipo (incluyendo Crocs™) queda prohibido por ofrecer poca protección a líquidos y por acumular cargas electroestáticas que pudieran interferir con los instrumentos. Excepciones a éste tipo de calzado incluyen aquellos modelos específicamente diseñados para su uso por personal biomédico.

Toda persona deberá lavarse las manos con agua y jabón a su ingreso y egreso del laboratorio, independientemente de que haya usado guantes o no durante sus actividades. El lavado de manos continua siendo la mejor estrategia para contener y minimizar la contaminación biológica, tóxica y radiactiva al mínimo, por lo que es recomendable repetir periódicamente a lo largo de la jornada.

Queda estrictamente prohibido lavar utensilios de consumo o transporte de alimentos en los lavabos del interior del laboratorio. Estos utensilios (vasos, tazas, platos y cubiertos) deberán ser lavados inmediatamente tras su uso por los usuarios pero **no dentro del laboratorio**. No es responsabilidad del personal de intendencia ni del técnico administrativo limpiar u ordenar artículos personales.

El personal de intendencia se responsabilizará de retirar las bolsas de plástico negro presentes en los botes etiquetados como **RESIDUOS NO-TÓXICOS** y será el responsable de realizar la limpieza de pisos, paredes y ventanas en áreas comunales y de áreas con nivel de bioseguridad igual o inferior a 2.

Los investigadores, técnicos, estudiantes tendrán la responsabilidad de retirar las bolsas de los botes etiquetados como **RESIDUOS BIOLÓGICOS (bolsas rojas)** y **RESIDUOS TÓXICOS (bolsas amarillas)** de manera periódica. Las bolsas deberán ser colocadas en los depósitos de residuos de laboratorio localizados en el exterior del laboratorio hasta que sean recolectados para su destrucción.

Cada estudiante/investigador se encargará de mantener limpia su área de trabajo así como las áreas comunales (libreros, estantes, muebles e instrumentos de laboratorio).

No se deberá permitir la acumulación de envases con sustancias químicas, materiales peligrosos, recipientes de punzo-cortantes o basura sobre las áreas de trabajo.

Los investigadores, el personal técnico y los estudiantes tienen la responsabilidad de limpiar los instrumentos, cristalería y consumibles que usen durante sus labores **inmediatamente después de desocuparlos**. Queda estrictamente prohibido acumular material de laboratorio, especialmente cristalería en los lavabos del laboratorio.

Todos los viales, tubos, microtubos, reactivos, soluciones amortiguadoras, soluciones stock, frascos o cajas deberán encontrarse apropiadamente etiquetados con información sobre su contenido y dueño. En el caso de que no sea posible incluir esta información completa por restricciones de tamaño se empleará un número identificador único y su contenido se describirá en el *Registro General de Usuarios* ([véase subcapítulo 1.5 Bitácoras de laboratorio](#)).

Toda persona que aplique etiquetas o inscripciones al material, equipo de laboratorio o cristalería deberá retirarlas al término de sus actividades y devolverlos(as) a su estado original.

Todo el personal participará en las actividades de descontaminación de áreas, equipo e instrumentos antes de que sean objeto de procedimientos de mantenimiento, reparación o evaluación por parte de personal técnico ajeno al

laboratorio. En estos casos, será responsabilidad del supervisor del laboratorio el salvaguardar la integridad y salud del personal foráneo.

Los pasillos deberán mantenerse libres de obstrucciones como cajas, cables eléctricos, cajones abiertos o mochilas para evitar tropiezos y accidentes.

1.5 Bitácoras de laboratorio.

[Regresar al índice de contenido](#)

Todo investigador, estudiante y visitante deberá mantener un registro escrito de sus actividades en una bitácora diaria preferentemente con bolígrafo. Siendo un documento académico y legal, queda estrictamente prohibido arrancar hojas de las bitácoras o sustraerlas del laboratorio.

Las bitácoras serán aportadas por el laboratorio únicamente para el personal adscrito a estancias iguales o superiores a los 12 meses. El personal adscrito a estancias inferiores a los 12 meses deberá adquirir su propia bitácora. En cualquier caso éstas deberán ser de lomo y cubierta acartonada dura con hojas foliadas: Se procurará no emplear libretas de espiral o de hojas sueltas como bitácoras.

Las bitácoras permanecerán en el laboratorio en todo momento, no podrán ser sustraídas del mismo sin autorización del supervisor. Siendo propiedad intelectual del laboratorio, las bitácoras permanecerán dentro del mismo durante y al término de los estudios o del convenio de asociación de los estudiantes/investigadores.

Las bitácoras podrán ser fotocopiadas por el personal adscrito al laboratorio siempre y cuando no transgredan las cláusulas de confidencialidad expuestas con anterioridad. De cualquier manera, queda estrictamente prohibido distribuir el contenido de las bitácoras a personas ajenas al laboratorio sin autorización.

Los usuarios deberán rotular el lomo de sus bitácoras con su nombre o iniciales de acuerdo a las convenciones locales (P. Ej., El Laboratorio de Genómica Viral y Humana de la Facultad de Medicina de la UASLP utiliza el apellido paterno seguido de las iniciales de nombre y un número consecutivo en letra arial).

De particular importancia para los estudiantes adscritos, cada experimento deberá ser claramente identificable a través de un identificador único y/o fecha, debiendo además poseer título, objetivo o razón por la cual se realiza el experimento. Al final de cada experimento deberá anotarse una breve discusión de los resultados obtenidos.

Aquellos experimentos que hagan referencia a métodos celulares deberán indicar las condiciones de cultivo, tipo de células, nivel de bioseguridad, fenotipo celular y estatus del cultivo (p. Ej., *“actualmente en crecimiento exponencial”*, *“actualmente a confluencia”*, etc.).

Aquellos experimentos que hagan referencia a métodos moleculares basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) deberán especificar:

- 1) Componentes de PCR: Concentración final y/o volumen de los reactivos empleados.
- 2) Condiciones de PCR: Descripción detallada de las temperaturas y tiempos de termociclaje.
- 3) Condiciones de electroforesis: Concentración del gel, volumen del producto cargado, v/cm empleados, etc.
- 4) Identificación de muestras empleadas.

Todas las imágenes obtenidas en el fotodocumentador o con el microscopio deberán ser rotuladas inmediatamente y/o identificadas y asociadas al experimento correspondiente.

Las fotos o impresiones de los geles de electroforesis o microfotografías que acompañen a los experimento deberán adherirse con pegamento en barra (y no con cinta adhesiva) en el mismo apartado de la bitácora en el que se exponen los resultados del experimento correspondiente. El almacenamiento digital de la imagen se muy

recomendable para usos futuros en presentaciones o preparación de publicaciones.

Todos los estudiantes e investigadores adscritos al laboratorio participarán en la compilación, la edición y la actualización de los protocolos empleados (preparación de soluciones, preparación de experimentos u operación de equipo e instrumentos).

El supervisor o auxiliar administrativo deberá mantener una **bitácora administrativa** para registrar el funcionamiento del equipo y las existencias de materiales consumibles de laboratorio. Se recomienda incluir las siguientes secciones en dicha bitácora:

- 1) Inventario de equipo e instrumentos de laboratorio y registro de servicios de mantenimiento.
- 2) Registro general de usuarios de refrigeradores/congeladores (control de material refrigerado).
- 3) Inventario y existencias de material de consumo directo, radioisótopos y consumibles.
- 4) Hojas de información de seguridad de materiales (Materials Safety Data Sheets o MSDS).

En la sección de *Equipo* se mantendrán los registros de mantenimiento y falla de los instrumentos y equipo incorporado al laboratorio. Deberá indicar el nombre del equipo, su marca, su modelo, la fecha de adquisición, el proveedor, el número de serie y la hoja de resguardo de inventario que es otorgada por la institución.

En el *Registro general de usuarios* se mantendrá una relación de los distintos frascos, cajas, viales o tubos que son almacenados en los refrigeradores/congeladores del laboratorio de tal modo que se facilite la identificación de sus dueños y la depuración periódica de espacio (ver ejemplo en tabla 1).

Tabla 1. Ejemplo del llenado del Registro General de Usuarios.

Registro General de Usuarios				
Identificador	Descripción	Usuario	Fecha de ingreso	Fecha de depuración
C1	Solución Stock de Bromuro de Etidio a 10 mg/ml	CAGS	14Ene08	
DHR1	Controles de genotipos KIR (mgar, omw, oll)	DHR	27Oct07	
0003	Buffer TE 10x	DLAH	25Ago07	2Feb08

En *Inventario y existencias* se mantendrá una relación del tipo de sustancias químicas, reactivos, sales, etc. que han sido adquiridos por el laboratorio así como su marca, número de catálogo, peso/volumen, proveedor y costo neto. Este inventario tiene como objeto facilitar la adquisición o reposición de stocks locales.

En la sección de *MSDS* se mantendrán las hojas con información sobre la seguridad y riesgos de las distintas sustancias químicas almacenadas o manipuladas en el laboratorio así como guías de contingencia ante derrames e intoxicaciones. Estas hojas normalmente acompañan a los reactivos o pueden ser descargadas por internet de la siguiente dirección <http://www.msdssearch.com/dblinksn.htm>.

1.6 Impacto ambiental.

[Regresar al índice de contenido](#)

Será responsabilidad de todo el personal asegurar el menor impacto ambiental posible, reduciendo la producción de desechos de oficina (reciclando papel para emplearlo como hojas de doble uso), economizando en el consumo de

electricidad y agua, al igual que evitando la liberación al medio ambiente de sustancias tóxicas, microorganismos patógenos o genéticamente modificados y material radiactivo.

Se deberá procurar apagar aparatos o luces dispensables cuando ello no obstaculice las labores de otros o impliquen algún riesgo. Las lámparas de iluminación del laboratorio deberán permanecer apagadas cuando no se encuentre ocupado a menos de que ello limite la visibilidad o el tránsito por áreas vecinas al ingreso. Las áreas con nivel de bioseguridad 3 o superior deberán permanecer iluminadas bajo todo momento mientras exista personal en el laboratorio.

Durante el verano y durante temporadas de calor extremo se procurará mantener al mínimo la huella térmica (generación de calor) minimizando la operación de equipo eléctrico dispensable durante el día. Para ello se deberán operar maquinas de hielo, autoclaves y equipo similar durante la noche.

A menos de que el protocolo de eliminación de residuos indique lo contrario, se evitará dejar el grifo abierto para purgar las cañerías de sustancias vertidas en él. Así mismo, se evitará en lo posible todo desperdicio de agua debiéndose reportar y reparar toda fuga que sea identificada.

En algunas situaciones extraordinarias (temporadas de calor extremo), el supervisor del laboratorio estará facultado para suspender labores con el objeto de reducir la carga calórica a que se exponen los aparatos de aire acondicionado e instrumentos de precisión. Cuando dicha contingencia sea declarada se deberán extremar las indicaciones de ocupancia (número de individuos que ingresan al laboratorio), particularmente para personal dispensable, personal no adscrito y visitas.

Los cartuchos de impresión, las pilas y baterías eléctricas y los catálogos impresos que ya no sean de utilidad para el laboratorio deberán ser reciclados o turnados a las agencias institucionales o comunitarias de recolección o reciclado. No deberán ser desechados como basura.

No deberá apagarse ni reducirse el nivel de iluminación de las áreas de trabajo mientras éstas se encuentren ocupadas o cuando deban ser transitadas para acceder a otras partes del laboratorio. **La seguridad del personal de laboratorio tiene prioridad por encima del impacto ambiental.**

2 Seguridad General

[Regresar al índice de contenido](#)

El personal de laboratorio se encuentra expuesto a riesgos naturales (resultado de la ubicación geográfica del laboratorio) al igual que a riesgos especiales (resultado de las actividades y del tipo de equipo y reactivos empleados en él). Si bien los riesgos especiales son generalizables a todos los laboratorios de investigación biomédica, los riesgos naturales pueden variar dependiendo de la ubicación de cada laboratorio para incluir sismos, tormentas severas, inundaciones, disturbios civiles, incidentes industriales, etc. En esta sección se definen algunos de estos riesgos, los mecanismos de prevención y protección que debieran ser adoptados para mitigarlos y, en algunos casos, la manera de hacerles frente una vez se hayan presentado.

Los procedimientos que impliquen la manipulación de material biológico de alto riesgo o material radiactivo deberán realizarse bajo la supervisión de un colega experimentado en el manejo de dicho material y únicamente durante el día (mientras el laboratorio se encuentre ocupado por otras personas). A esta manera de trabajar se le denomina “trabajo supervisado”.

2.1 Incendios.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las quemaduras por flama expuesta continúan siendo uno de las principales causas de lesiones ocupacionales para personal de laboratorio. Una pieza de equipo que continua dependiendo de flamas expuestas es el ubicuo mechero microbiológico. Todo procedimiento que requiera del encendido de mecheros Bunsen deberá ser notificado al personal contiguo con el objeto de evitar quemaduras accidentales, especialmente cuando se usen mecheros con flama de baja visibilidad (P. Ej., mecheros a base de alcohol).

El uso de dispositivos de flama abierta (mecheros Bunsen) se mantendrá al mínimo necesario y deberá restringirse a protocolos que no puedan hacer uso de planchas calientes de resistencia eléctrica como lo son el sellado de capilares o de pipetas Pasteur, a esterilización por flama de asas de inoculación o el selle de frascos ámpula.

Queda prohibido hacer uso de fuentes de ignición con flama expuesta durante los procedimientos que impliquen la manipulación de solventes orgánicos o sustancias volátiles.

No se deberán encender cerillos, encendedores o mecheros ante la presencia obvia de vapores de material flamable como alcohol o solventes orgánicos.

Se deberá evitar el uso de mecheros cerca (menos de un metro de distancia) de sustancias combustibles, cerca de almacenes de material inflamable o en la vecindad de cilindros de gas comprimido.

No se deberán encender mecheros en áreas de trabajo que hayan sido descontaminadas con etanol al 70% sino hasta haber verificado que la superficie se ha secado totalmente de alcohol residual.

Con el objeto de minimizar la posibilidad de incendios por cerillas mal apagadas, queda estrictamente prohibido emplear cerillos para encender mecheros, en vez de ellas se preferirá hacer uso de encendedores piezoeléctricos.

Se deberá evitar el uso de mecheros dentro de gabinetes de seguridad biológica o dentro de campanas de flujo laminar equipadas con filtros de alta eficiencia para material particulado (HEPA) dado el riesgo de incendio que ello supone (además de las perturbaciones al flujo laminar que la flama induce).

Los mecheros Bunsen únicamente deberán ser empleados en áreas de trabajo que no tengan repisas o libreros por encima. Se deberá retirar todo tipo de material combustible de la zona en que se trabajará e inspeccionar la manguera de caucho en busca de fisuras, resquebrajamientos o punciones antes de encenderlo.

Al terminar de emplear el mechero Bunsen se deberá asegurar el cierre completo de la válvula de gas antes de abandonar el área de trabajo y permitir que el mechero se enfríe antes de abandonarlo o almacenarlo. Bajo ninguna circunstancia deberán permanecer encendidos y sin supervisión los mecheros Bunsen.

La cristalería que requiera del enjuagado con solventes orgánicos o sustancias volátiles no deberá secarse al ambiente sin antes haber sido enjuagada con agua destilada.

No se deberán mantener recipientes con más de 200 ml de Etanol al 70% (o de cualquier otro líquido inflamable) sobre las áreas de trabajo. Los contenedores que posean cantidades superiores a 300 ml de cualquier líquido inflamable deberán ser almacenados en el gabinete específicamente destinado para ellos (ver Capítulo 4, Seguridad Química).

El manejo de incendios dependerá de la experiencia y criterio de la persona que los detecte. Las personas que consideren que pueden hacerle frente a incendios incipientes deberán hacer uso de extintores para combatirlos. Jamás se empleará agua para combatir incendios dentro del laboratorio.

Jamás se deberá intentar combatir incendios que superen las posibilidades de la persona que busca hacerle frente.

Cuando alguna persona declare la alerta de incendio o fuga de gas para el laboratorio o recintos contiguos, todo el personal del laboratorio deberá dirigirse calmadamente hacia el sitio de reunión previamente designado por el comité de seguridad institucional. El supervisor o la persona con jerarquía superior al momento de la alerta deberá encargarse del *procedimiento de cierre de emergencia del laboratorio*.

El procedimiento de cierre de emergencia del laboratorio consta de:

- 1) Cerrar las válvulas de alimentación de gas localizadas en el interior del laboratorio.
- 2) Desconectar todas las pastillas eléctricas localizadas en los paneles de seguridad eléctrica (incluyendo aquellas que alimentan a ultracongeladores e incubadoras).
- 3) Verificar que todo el recinto haya sido evacuado.
- 4) Cerrar bajo llave las puertas del laboratorio, las zonas de nivel de bioseguridad 3 o superior y los laboratorios de trabajo con radioisótopos.

Cuando sea posible se procurará hacer uso de extintores de CO₂ en vez de los de espuma con tal de evitar daños a instrumentos y equipo.

Los extintores de incendios deberán colocarse cerca de las puertas de acceso a las diferentes zonas del laboratorio al igual que en puntos estratégicos de los pasillos. Los extintores deberán ser inspeccionados y sujetos a mantenimiento y recargas periódicas. En la tabla 2 se indica el tipo, indicaciones y contraindicaciones para el uso de extintores comunes.

Tabla 2. Tipos de extintores de incendios y sus aplicaciones.

Tipo de extintor	Indicaciones	Contraindicación
CO ₂	Líquidos y gases inflamables, incendios eléctricos	Metales alcalinos, papel.
Polvo seco	Líquidos y gases inflamables, metales alcalinos, incendios eléctricos	Equipo e instrumentos reutilizables, pues los residuos son muy difíciles de eliminar
Espuma	Líquidos inflamables	Incendios eléctricos

Después de un desastre natural que haya vulnerado la estructura física del laboratorio se deberá informar a los servicios de emergencia locales o nacionales de los riesgos existentes dentro del edificio (nivel de bioseguridad, radioisótopos, material de valor estratégico, etc.). El personal de las brigadas anti-incendios, personal de evaluación de daño estructural y personal de rescate o protección civil deberá entrar al laboratorio acompañado por personal adscrito al laboratorio.

2.2 Seguridad eléctrica.

[Regresar al índice de contenido](#)

El riesgo de electrocución dentro de un laboratorio de investigación biomédica es elevado debido a la necesidad de manipular líquidos en las inmediaciones de instrumentos eléctricos con voltajes de operación que oscilan entre los 110 V y los 5 kV (secuenciadores de DNA, etc.).

Es obligación de todo el personal de laboratorio conocer la ubicación de los tableros de control de pastillas termomagnéticas. Así mismo, durante la plática introductoria al personal de nuevo ingreso y anualmente a partir de entonces, el supervisor del laboratorio deberá revisar el mapa de contactos eléctricos y pastillas con el personal adscrito con el objeto de explicar la distribución de áreas y los procedimientos de encendido y apagado de las pastillas.

La instalación eléctrica deberá ser diseñada para independizar al máximo las distintas zonas que conforman a un laboratorio con tal de limitar la extensión de daños por picos de sobrevoltaje o cortocircuitos.

Las fuentes de poder y cámaras de electroforesis se ubicarán en una zona poco transitada con el objeto de evitar accidentes eléctricos.

Los cámaras de electroforesis **JAMÁS** deberán abrirse sin pausar o apagar la fuente de poder que los alimenta. Si bien los nuevos diseños incluyen medidas de seguridad que desconectan automáticamente la fuente de poder al descubrir la cámara de electroforesis, esto no es cierto para modelos menos recientes aun ubicuos.

Jamás se deberá manipular el exterior de los tanques de electroforesis sin guantes mientras estos estén siendo operados.

Jamás se deberá intentar cargar geles de electroforesis mientras se encuentren dentro de una cámara de electroforesis energizada o conectada a la fuente de poder.

Queda estrictamente prohibido intentar cualquier tipo de reparación eléctrica en cualquier instalación, aparato o equipo del laboratorio. Para ello se hará uso de personal calificado, ya sea institucional o externo.

Fuera de equipo de electroforesis, se deberá evitar en lo posible manipular líquidos cerca de dispositivos, equipo, instrumentos o contactos eléctricos.

Los geles de electroforesis deberán ser escurridos perfectamente antes de visualizarlos en el transiluminador. Así mismo, la superficie del filtro ultravioleta y el exterior del transiluminador/fotodocumentador deberán secarse perfectamente después de haberlos usado (pero no con toallas de papel dado el riesgo de contaminar los filtros o geles con fibras fluorescentes).

Con el objeto de asegurar la integridad de los reactivos, las muestras y biosepecímenes almacenados en los refrigeradores, congeladores e incubadoras el personal de portería y vigilancia de la institución deberá recibir indicaciones de reportar falla en el suministro eléctrico a cualquier hora. Para ello se les deberá dotar de un teléfono celular (con el objeto de obviar el uso de un conmutador que también requiere de suministro eléctrico), de una lista

de personas con sus números telefónicos celulares y domésticos. Se deberá enfatizar la importancia de reportar estas fallas al suministro eléctrico con el objeto de implantar las medidas de contingencia necesarias para asegurar la integridad de los bioespecímenes almacenados en los laboratorios bajo congelación. Esta medida deberá ser implementada incluso por laboratorios de instituciones dotadas con generadores de emergencia de encendido automático.

Una vez enterado de la falla en el suministro eléctrico el supervisor del laboratorio se mantendrá a la expectativa de la reinstalación del suministro durante los siguientes 30 minutos. Si al término de los 30 minutos no se ha recuperado el suministro eléctrico el supervisor procederá a encender (o delegar el encendido de) el generador de emergencia con el objeto de mantener las temperaturas de los congeladores, refrigeradores e incubadoras dentro del rango aceptable para dichas contingencias (no más de -70°C para muestras que contengan RNA o cDNA, y no menos de 35°C para células eucariotas en cultivo).

La planta generadora de emergencia de electricidad solamente deberá ser operada por personal previamente capacitado en su uso y de acuerdo al protocolo escrito. El generador deberá ser colocado en un sitio exterior seco y protegido de la lluvia, lejos de ventanales o de tomas de aire o ventilas y lo más lejos que sea posible de bioterios (tanto por las emisiones de monóxido de carbono como por el ruido que produce).

La planta generadora de emergencia deberá ser monitoreada continuamente durante su operación y deberá acompañarse siempre de un extintor de polvo químico grande y adecuado para combatir incendios por combustible líquido.

La apertura de las puertas de refrigeradores, congeladores y ultracongeladores deberá mantenerse al mínimo durante las fallas del suministro eléctrico.

Como parte del plan de contingencia frente a fallas en el suministro eléctrico se mantendrán almacenados criogeles en el congelador de -20°C los cuales deberán distribuirse a los diferentes refrigeradores del laboratorio durante los apagones. Estos geles deberán permanecer dentro de los refrigeradores al menos 6 horas después de recobrado el suministro eléctrico y bajo ninguna circunstancia serán colocados dentro de refrigeradores empleados para el almacenamiento de alimentos o bebidas de consumo humano.

2.3 Fuentes de luz ultravioleta y de emisión láser.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las fuentes de radiación ultravioleta (UV) más comunes en los laboratorios de investigación biomédica son los transiluminadores empleados para visualizar/documentar ácidos nucleicos, las lámparas germicidas fijas (localizadas en el techo), las lámparas de descontaminación de superficies (portátiles), los instrumentos que emplean radiación láser ultravioleta como algunos citómetros y las lámparas de descontaminación localizadas en el interior de los gabinetes de seguridad biológica.






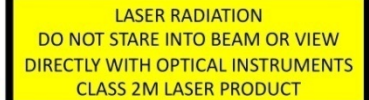



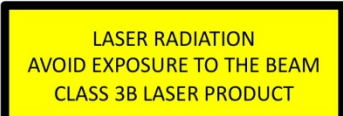

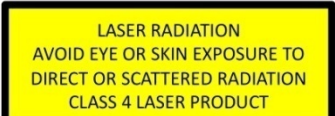
Todo equipo que haga uso de una fuente de luz ultravioleta o de emisión láser deberá indicarlo con el símbolo internacional (ver Apéndice, sección 13.1 - Simbología universal para laboratorios) el cual deberá además indicar el tipo de radiación lumínica emitida (UV-A, -B o -C o Clase 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B y 4), ver tablas 3 y 4.

Tabla 3. Longitudes de onda de las diferentes variedades y fuentes de luz ultravioleta.

Tipo	Longitud de onda	Alias	Usos	Tipo de daño al ojo y piel que ocasiona
UV-A	400 nm – 320 nm	Onda larga	Luz negra	Catarata fotoquímica del cristalino.
UV-B	320 nm – 280 nm	Onda mediana	Transiluminadores	Fotoqueratitis, quemadura actínica de piel.
UV-C	280 nm – 100 nm	Onda corta	Germicidas	

Las lámparas ultravioleta operan en longitudes de onda que son imperceptibles para el ser humano hasta que no se ha recibido una dosis elevada. Dependiendo de la dosis recibida, dicha radiación puede ocasionar tanto lesiones agudas (quemaduras en piel o conjuntivitis y ceguera transitoria) como crónicas (cáncer de piel o ceguera por cataratas). La visualización directa de las lámparas ultravioletas encendidas (aun a través de paños de vidrio de 7 mm de grosor) puede ocasionar quemaduras.

Tabla 4. Clasificación de dispositivos láser por clase y signos internacionales (IEC 60825-1 standard).

Clase	Descripción	Simbología internacional
1	Fuentes de emisión láser seguras bajo cualquier circunstancia por que la Exposición Máxima Permisible (MPE) no puede superarse.	
1M	Dispositivos seguros bajo cualquier circunstancia EXCEPTO cuando la línea de salida es visualizada con implementes ópticos como microscopios o lentes.	
2	Dispositivo seguro debido a que el reflejo de parpadeo evita superar la MPE.	 
2M	Dispositivos seguro gracias al reflejo de parpadeo EXCEPTO cuando la línea de salida es visualizada con implementes ópticos como microscopios o lentes.	 
3R	Dispositivo seguro siempre y cuando sea operado en apego a las recomendaciones de seguridad y siempre y cuando la línea de salida no sea visualizada intencionalmente. Dispositivos cuya MPE puede ser excedida con poco riesgo de daño ocular.	 
3B	Dispositivos cuya visualización directa con el ojo incurre en el riesgo de recibir lesiones graves pero cuyas reflexiones difusas (como las ocasionas por papel u objetos de superficie mate) no incurren en riesgo alguno.	 
4	Dispositivos cuya emisión directa o reflejada (incluso de superficies Matte) es peligrosa para el ojo y cuya línea e salida incurre en riesgos de incendio.	 

Ninguna persona deberá permanecer en el interior de los laboratorios equipados con lámparas ultravioletas fijas de techo durante los ciclos de descontaminación. Con el objeto de minimizar dicha exposición, los ciclos de descontaminación ultravioleta deberán programarse para ocurrir preferentemente entre las 0:00 hrs. y las 05:00 hrs. de la noche.

Los sistemas automáticos de descontaminación ultravioleta deberán poseer una señal luminosa de alta visibilidad que informe al personal del encendido del ciclo de descontaminación con el objeto de minimizar la posibilidad de exposiciones accidentales.

Cualquier reactivo, muestra clínica, alícuota de ácido nucleico o bioespecímen que quede expuesto a la luz ultravioleta durante el ciclo de descontaminación deberá considerarse irreversiblemente dañado por lo que deberá ser descartado de acuerdo a los lineamientos descritos en el apartado de manejo de residuos (Capítulo 10 – Manejo de Residuos).

Queda estrictamente prohibido operar el transiluminador UV para análisis de geles de electroforesis sin el blindaje apropiado (puerta de fotodocumentador abierta o sin careta facial). La escisión de bandas de geles deberá realizarse sobre el transiluminador únicamente en el lugar específicamente dedicado para ello, previa notificación del resto del personal de que se realizará dicha actividad y empleando las medidas de seguridad y protección personal específicas (goggles UV, careta facial de protección UV, bata de mangas largas, guantes de nitrilo dobles y preferentemente detrás de una pantalla de blindaje de vidrio grueso (1 cm de grosor). Se deberán emplear guantes de nitrilo para manipular geles de electroforesis sobre el transiluminador UV. Los operadores deberán asegurarse de que sus muñecas se encuentran cubiertas por los guantes o las mangas de la bata en todo momento.

Los siguientes lineamientos deberán ser acatados por los investigadores de aquellos laboratorios en los que se considere necesario emplear las lámparas UV germicidas del interior de los gabinetes de seguridad biológica como parte de los procedimientos de descontaminación biológica. Tanto los Institutos Nacionales de Salud (NIH), los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) y la Fundación Nacional de Estándares (NSF) de los Estados Unidos de Norteamérica así como la Asociación Americana de Seguridad Biológica (ABSA) concuerdan en que el uso de lámparas UV dentro de los gabinetes de seguridad biológica no es ni recomendable ni necesario.

1. La irradiación UV del interior de los gabinetes de seguridad biológica (GSB) solamente deberá emplearse como un método de descontaminación complementario a los procedimientos de limpieza y descontaminación de las superficies internas y nunca como método primario.
2. La luz UV es inefectiva para esterilizar superficies cubiertas de polvo, suciedad o materia orgánica por lo cual se recomienda emplear un desinfectante químico adecuado como el método primario de descontaminación de superficies y materiales.
3. La irradiación UV no descontaminará el área de recolección de derrames localizada bajo la superficie de trabajo del gabinete de seguridad biológica. Dicha área deberá ser descontaminada periódicamente con un desinfectante líquido apropiado (P. Ej., aquellos a base de amonio cuaternario).
4. La intensidad de la lámpara UV se ve afectada por la acumulación de polvo o grasa en su superficie por lo que no deberá ser manipulada directamente con los dedos. La limpieza periódica de su superficie con etanol al 70% deberá realizarse y documentarse por escrito.
5. La irradiación del interior del gabinete de seguridad biológica deberá realizarse con el paño de vidrio frontal cerrado y con el soplador apagado. La lámpara UV jamás deberá encenderse mientras el investigador se encuentre frente al gabinete o dentro del mismo laboratorio donde se encuentre el gabinete. La luz UV puede ser reflejada por la superficie metálica del gabinete y dirigida hacia el exterior del mismo si el paño frontal no ha sido cerrado apropiadamente.
6. La longitud de onda (253.7 nm) y la intensidad de la lámpara germicida (40 microwatts /cm² al centro del área de trabajo) deberá ser verificada anualmente como parte del servicio de mantenimiento del gabinete de seguridad biológica o reemplazada anualmente.
7. Debido a que las lámparas UV poseen mercurio en su interior, éstas deberán ser desechadas como residuo tóxico.

2.4 Cilindros de gas comprimido.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los cilindros de gas comprimido deberán ser almacenados fuera del laboratorio y en un sitio protegido de las inclemencias climáticas resguardado bajo llave.

Los cilindros deberán ser reabastecidos por empresas autorizadas y de acuerdo a los códigos de color estandarizados. Por ninguna razón se deberán emplear cilindros de gas comprimido para almacenar gases diferentes a los del color del cilindro.

En algunos casos excepcionales en los que sea necesario alojar cilindros de CO₂, N₂, O₂ o gases nobles en las inmediaciones de instrumentos o equipo de laboratorio como autoclaves, incubadoras, espectrofotómetros y cromatógrafos, éstos deberán encontrarse resguardados de caídas, golpes o de fuentes de ignición. Dichos cilindros deberán ser colocados lejos de áreas de tránsito y su cabezal protegerse de golpes accidentales. Las fugas de gas pueden desplazar el aire respirable de cuartos cerrados por lo que deberán ventilarse antes de ingresar en ellos, adicionalmente el escape repentino de gas comprimido a alta velocidad (por ruptura de tuberías o válvulas) conlleva el riesgo de lesiones enfisematosas de tejidos blandos (enfisema subcutáneo).

La liberación de CO₂ por fugas o el mal cierre de cilindros presurizados puede provocar la muerte por asfixia al desplazar el oxígeno de áreas confinadas o mal ventiladas.

Para transportar cilindros de gas comprimido, se retirarán los manómetros y reguladores para poder colocar el capuchón de protección al cabezal del cilindro. Los cilindros presurizados deberán ser manipulados cuidadosamente, protegiendo la parte superior en que se localiza la válvula, regulador y manómetro de golpes. Los cilindros deberán ser transportados únicamente en el carro porta-cilindros específicamente diseñado para tal fin.

Los cilindros presurizados jamás deberán ser rodados por el piso debido a que esto conlleva el riesgo de dañar la válvula o el cabezal (y los pisos).

Los manómetros y reguladores de presión deberán ser los apropiados para el gas a usarse. Los reguladores y manómetros no deberán ser lubricados ni lavados con solventes.

Los cilindros de gas presurizado **JAMÁS DEBERAN VACIARSE POR COMPLETO** dado el riesgo de descargas electrostáticas y contaminación del interior de los cilindros que ello conlleva.

Con la excepción del “blow-out” (procedimiento realizado para eliminar residuos de polvo localizados en la boquilla del cilindro antes de acoplar un regulador), bajo ninguna circunstancia se deberá abrir la válvula de cilindros no acoplados a manómetros o reguladores de presión. El chorro de gas presurizado puede ocasionar enfisema agudo de tejidos y la muerte súbita del operario por asfixia.

2.5 Desastres naturales, incidentes industriales y disturbios civiles.

[Regresar al índice de contenido](#)

El tipo de riesgos naturales a los que se encuentra expuesto un laboratorio y su personal depende de la ubicación geográfica del mismo por lo que no pueden generalizarse a todos los laboratorios del país. La localización geográfica y orografía de nuestro país condiciona que la mayor parte de los desastres naturales conocidos por el hombre afecten al menos una parte de su territorio. Entre los desastres naturales más importantes que debieran considerarse para laboratorios mexicanos se incluyen: los sismos y erupciones volcánicas, las tormentas severas, huracanes, inundaciones y deslaves al igual que las ondas de calor.

De manera paralela, la localización de los laboratorios puede incurrir en riesgos de índole industrial. La proximidad del laboratorio a cualquier instalación industrial en la que se manejen sustancias químicas, tóxicas, combustibles o

materiales peligrosos conlleva el riesgo de sufrir los efectos de incidentes tecnológicos severos. En términos generales los incidentes industriales se limitan a incendios, explosiones, liberación de nubes o sustancias tóxicas o radiactivas al medio ambiente. En todo caso, los procedimientos de contingencia frente a incidentes industriales deberán ser concertados por los supervisores de cada laboratorio de acuerdo a los riesgos evidentes para cada laboratorio en particular y de acuerdo a las recomendaciones de seguridad industrial sugeridas por los representantes de higiene industrial de la industria vecina.

Por último, todo laboratorio se encuentra expuesto al riesgo social que representan los disturbios civiles, las intrusiones y el sabotaje. Si bien la mayor parte del riesgo social a que se encuentran expuestos los laboratorios mexicanos resulta de intrusiones y robos, existe creciente preocupación por salvaguardar a los *materiales de importancia estratégica* (como sustancias tóxicas, agentes biológicos, material radiactivo, material forense, etc.) que son almacenados o procesados en algunos laboratorios mexicanos en respuesta a la creciente inseguridad pública y la posibilidad de que puedan ser empleados con fines ilegales. Es por ello que cada supervisor de laboratorio deberá instaurar medidas dirigidas a hacerle frente a este tipo de contingencias sociales, identificando y salvaguardando los materiales de importancia estratégica que son manipulados en su laboratorio.

2.5.1 Sismo y erupciones volcánicas.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las siguientes recomendaciones se adaptaron de aquellas emitidas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres de México.

- Durante el sismo:

- a) Conserve la calma y tranquilice a las personas que estén a su alrededor.
- b) No busque salir del edificio durante el sismo.
- c) Diríjase a los lugares de seguridad previamente establecidos (debajo de mesas, en el arco de puertas o en la habitación más pequeña disponible (closet, baño, cuarto de lavado).
- d) Siéntese en cuclillas en el piso, cúbrase la cabeza con ambas manos colocándola entre las rodillas. Manténgase lejos de objetos o muebles que puedan caerle encima, deslizarse o romperse.

- Al terminar el sismo:

- a) Utilice escaleras para evacuar el edificio. No utilice los elevadores.
- b) No se apresure a salir, guarde la calma y auxilie a ancianos, inválidos, niños y mujeres.
- c) De ser posible cierre las llaves del gas, baje el switch principal de alimentación eléctrica y evite encender cerillos o cualquier fuente de incendio.
- d) Verifique si hay lesionados, incendios o fugas de cualquier tipo; de ser así, llame a los servicios de auxilio.
- e) Use el teléfono solo para llamadas de emergencia. Escuche la radio para informarse y colabore con las autoridades.
- f) Siga las instrucciones de las autoridades en todo momento.

- g) Reúnase con su familia en el lugar previamente establecido.
- h) Esté preparado para futuros sismos (réplicas). Generalmente son más débiles, pero pueden ocasionar daños adicionales. Aléjese de edificios dañados y evite circular por donde existan deterioros considerables
- i) En caso de quedar atrapado, conserve la calma y trate de comunicarse al exterior golpeando algún objeto.
- j) Evite perder tiempo recolectando efectos personales dentro de estructuras obviamente dañadas.

- Durante una erupción volcánica

- a) Conserve la calma y tranquilice a las personas que estén a su alrededor.
- b) Reúna al personal adscrito en un sitio previamente designado.
- c) Encienda y mantenga encendida la radio para recibir la información que transmitan las autoridades correspondientes.
- d) Recolecte efectos personales y resguarde cualquier material de interés científico relevante al igual que materiales de importancia estratégica.
- e) Cierre llaves de agua, gas, baje pastillas termomagnéticas del suministro eléctrico y cierre puertas y ventanas del laboratorio con llave.
- f) Refuerce y asegure ventanales de cristal con cinta de uso pesado formando una X que atraviese toda la superficie del paño de esquina a esquina para limitar la fragmentación del mismo por la onda de choque.
- g) Manténgase lejos de valles y ríos al evacuar ya que pudieran ser cauce natural de flujos piroclásticos, lahares (deslaves de lodo), rocas calientes, lava y emanaciones de gases.
- h) Protéjase los ojos, boca y nariz de la ceniza con paños humedecidos, caretas, goggles o respiradores N95.
- i) Síganse las instrucciones giradas por las autoridades correspondientes o aquellas indicadas para las actividades post-sismo anteriormente enunciadas.

2.5.2 Tormentas severas, huracanes, inundaciones y deslaves.

[Regresar al índice de contenido](#)

Algunas de estas recomendaciones han sido adaptadas de aquellas emitidas por los Centers for Disease Control & Prevention (CDC) de los Estados Unidos de Norteamérica.

Infórmese sobre los planes de emergencia de su comunidad, señales de advertencia, rutas de evacuación y ubicaciones de los albergues de emergencia.

Evite el uso de todo tipo de equipo que se encuentre conectado al suministro eléctrico del edificio durante una tormenta eléctrica. El uso de aparatos a base de baterías y que no requieren de una conexión física al edificio si está permitido.

Desconectar todo equipo electrónico que no sea indispensable antes de que inicie la tormenta eléctrica. Los refrigeradores, congeladores, alarmas e incubadoras son considerados equipo indispensable que **NO DEBERÁ SER DESCONECTADO EN NINGÚN MOMENTO** sin la autorización del supervisor del laboratorio.

Evite el uso de aparatos telefónicos alámbricos de área local fija (LAN) durante las tormentas eléctricas.

Evite el contacto con llaves o tubos de la instalación de agua o gas durante las tormentas eléctricas. No lave cristalería ni otros materiales durante una tormenta eléctrica. No obstante, el riesgo biológico por no lavarse las manos después de haber realizado procedimientos de riesgo biológico es bastante superior al riesgo de sufrir una descarga eléctrica atmosférica durante el lavado de manos.

Mantenerse en el interior del laboratorio durante las tormentas eléctricas, especialmente durante los períodos de mayor actividad electrostática.

Mantenerse alejado de los ventanales durante los períodos de ráfagas o ventiscas.

En caso de que sea necesario abandonar el laboratorio se deberá evitar transitar por jardines o zonas que expongan al personal a lesiones por caída de objetos (ramas o árboles) así como para protegerlo del riesgo de electrocución por cables caídos.

2.5.3 Ondas de calor.

[Regresar al índice de contenido](#)

Evite el uso de aparatos y equipo de laboratorio dispensable durante el día en épocas de calor o durante las ondas de calor. Las máquinas de hielo constituyen una fuente importante de calor para los laboratorios por lo que se deberá preferir encenderlas por la noche y apagarlas durante el día durante estas temporadas. El hielo se podrá recolectar en recipientes por la mañana y colocarse en congeladores -20°C durante el día para su uso. Con el objeto de evitar la solidificación del hielo se deberá desechar el hielo almacenado al término de la jornada diaria.

Los laboratorios localizados en regiones típicamente calientes o comúnmente afectadas por ondas de calor deberán adoptar medidas ingenieriles que reduzcan su carga térmica (P. Ej., empleo de extractores de calor, polarizado de cristales externos, etc) y que los aislen del calor externo (ventanales térmicos, aislamiento en paredes y techo, etc). Estos laboratorios deberán hacer uso de un sistema de flujo direccional para dirigir el calor generado por refrigeradores, congeladores, ultracongeladores y máquinas de hielo hacia el exterior a través de ductos equipados con filtros. Esto reducirá la carga calórica a la que es expuesto el sistema de aire acondicionado del laboratorio, disminuyendo las demandas eléctricas y alargando su vida útil.

Se evitará en lo posible abrir las ventanas del laboratorio durante las ondas de calor. Así mismo, se mantendrá al mínimo la apertura de cortinas o persianas con el objeto de evitar la entrada de radiación infrarroja.

Con el objeto de balancear la demanda eléctrica impuesta por el sistema de aire acondicionado durante el verano o las ondas de calor, se extremarán las medidas de austeridad eléctrica para minimizar el uso de equipo, aparatos y luces superfluas.

Prográmense los servicios de mantenimiento de unidades de aire acondicionado para los meses de primavera (marzo a mayo) con el objeto de optimizar el rendimiento de los equipos durante los períodos de alta demanda.

2.6 Incidentes tecnológicos e industriales.

[Regresar al índice de contenido](#)

El supervisor del laboratorio o la comisión de higiene y seguridad institucional deberán preparar planes de contingencia específicos para cada laboratorio de acuerdo a los riesgos industriales incurridos por la localización de la institución, laboratorio o industria.

Los planes de contingencia deberán ser desarrollados por un comité que incluya a personal de higiene y seguridad industrial perteneciente a la empresa que represente el riesgo industrial para incluir sus recomendaciones e instrucciones.

Los planes de contingencia ante incidentes industriales específicos deberán ser protocolizados por escrito, revisados anualmente y discutidos con el personal del laboratorio de manera periódica.

La autoridad de protección civil municipal, estatal o federal responsable deberá ser contactada por el supervisor del laboratorio correspondiente para alertar de posibles riesgos y/o de la presencia de material peligroso en el evento de incidentes industriales o tecnológicos.

2.7 Disturbios civiles e intrusiones.

El riesgo de intrusiones o vandalismo a laboratorios nacionales deberá ser considerado durante el diseño del mismo o evaluado periódicamente para incluir mecanismos que minimicen o eliminen este riesgo.

Deberán instalarse cámaras de vigilancia o sistemas de vigilancia remota para regiones del laboratorio o de la institución que no pueden ser vigilados físicamente por el personal de vigilancia y seguridad institucional (techos, calles y aceras aledañas, puertas principales, puertas de servicio, etc.).

Aquellos laboratorios en que las intrusiones representen un riesgo de particular preocupación dada la presencia de materiales de importancia estratégica o valor científico (biorrepositorios, bioterios, forenses, etc.) deberán ser equipados con barreras de protección física y sistemas de alarma de intrusión.

La puerta principal del laboratorio deberá permanecer custodiada por personal ya sea recepcionista, estudiante o vigilante en todo momento. De otra manera deberá permanecer cerrada bajo llave.

Cualquier individuo sospechoso deberá ser reportado de inmediato al personal de vigilancia de la institución o al departamento de seguridad pública local. Para ello se deberá mantener una etiqueta pegada a los teléfonos que indique los números telefónicos de emergencia. Toda intrusión, robo o vandalismo deberá ser reportada a las autoridades judiciales correspondientes y procesada por la vía legal.

Todo robo de material, equipo, instrumentos, herramientas o accesorios de laboratorio, pertenezcan o no al laboratorio o institución, deberá ser reportado ante el departamento de seguridad pública municipal. Todo robo de material de importancia estratégica como agentes biológicos, sustancias tóxicas, explosivos o material radiactivo deberá ser reportado a la autoridad correspondiente:

- a) Material radiactivo al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).
www.inin.gob.mx Teléfono de nacional (55) 5329-7200
- b) Material biológico al Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE).
www.cenavece.salud.gob.mx Teléfono de emergencia nacional gratuito 01-800-0044-800.
- c) Material explosivo a la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA).
www.sedena.gob.mx Teléfono de emergencia nacional gratuito 01-800-8324-771
- d) Sustancias psicoactivas y material forense a la Procuraduría General de la República (PGR).
www.pgr.gob.mx Teléfono de denuncias ciudadanas nacional gratuito 01-800-0085-400.

3 Equipo de Protección Personal

[Regresar al índice de contenido](#)

3.1 Indumentaria.

Toda persona adscrita al laboratorio deberá adquirir su propia bata blanca de laboratorio, la cual deberá mantener limpia en todo momento.

Todas las personas involucradas en actividades de biología molecular, microbiología, biología celular o en la manipulación de sustancias radiactivas deberá hacer uso de batas de laboratorio tipo Howie (figura 2), las cuales ofrecen mayor protección y versatilidad para dichas actividades de investigación. Las batas tipo Howie cubren las rodillas, poseen cuello Mandarín y mangas largas con elástico en muñecas, poseen botones al frente pero lateralizados hacia la derecha y protegidos bajo un doblez de tela.

Las batas deberán estar completamente abotonadas al manipular sustancias peligrosas, material biológico, sustancias radiactivas o gases criogénicos.

Las batas deberán personalizarse con el nombre (excepto las de uso general esterilizables destinadas al cuarto de cultivo celular o laboratorios de contención biológica). Para ello se indicarán las iniciales del nombre seguidas del primer apellido completo todo con letra negra y fuente Arial mayúscula por encima del bolsillo pectoral izquierdo.

Las batas Howie dedicadas a procedimientos de microbiología, biología molecular, biología celular o para la manipulación de sustancias radiactivas no deberán ser empleadas fuera del laboratorio, ni en los cubículos de estudio, ni en la cafetería, ni para deambular por los pasillos de hospitales, instituciones de investigación o académicas.

Las batas deberán colgarse a la entrada del laboratorio. No deberán ser colocadas en áreas de trabajo, encima de equipo de laboratorio ni en áreas de estudio o esparcimiento.



Figura 2. Bata de laboratorio tipo Howie

Aquellas actividades que requieran del uso de batas fuera del laboratorio (actividades oficiales, visitas a otros laboratorios u hospitales) harán uso de batas clínicas exclusivamente dedicadas para esa función. Dichas batas clínicas no deberán emplearse dentro del laboratorio para actividades de investigación.

Una vez al mes las batas deberán ser recolectadas en una bolsa de plástico de uso rudo y enviadas a lavar. Las batas debieran preferentemente ser lavadas a máquina y de manera local (dentro de la institución que alberga al laboratorio). Para aquellas instituciones que no poseen el servicio local de lavado/secado, el lavado de las batas podrá realizarse en domicilio siempre y cuando se realice por separado y sin mezclar con ropa de uso diario. Para ello los investigadores adscritos al laboratorio deberán diseñar un rol para turnarse en el lavado, secado y doblado de las batas. Las batas deberán ser dobladas **sin** planchar y colocadas nuevamente en la bolsa de plástico para su traslado al laboratorio.

Las batas contaminadas por sustancias químicas, material biológico o radiactividad deberán ser descontaminadas o

destruidas de acuerdo a los lineamientos expuestos en el Capítulo 11 – Descontaminación y Remediación.

Los delantales o petos protectores (P. Ej. Mandil crioprotector) deberán usarse por encima de la bata de laboratorio cuando sea necesario brindar protección adicional ante derrames, mezclas criogénicas o material químico o biológico en estado líquido.

3.2 Guantes.

[Regresar al índice de contenido](#)

Toda persona involucrada en la manipulación y procesamiento de bioespecímenes, reactivos, soluciones, equipo e instrumentos deberá hacer uso de guantes de látex o de nitrilo adecuados en tamaño. Los guantes deberán colocarse correctamente brindando especial atención a las puntas de los dedos los cuales deberán brindar sensibilidad y tracción segura. La integridad del guante deberá verificarse periódicamente por inspección visual.

Las personas alérgicas al látex deberán emplear guantes de nitrilo. Cuando las características de las sustancias a manipular (ver tabla 5) obliguen a usar guantes de látex, éstos se deberán portar por encima de los de nitrilo.

Toda manipulación de geles o buffers contaminados con bromuro de etidio deberá realizarse con guantes de nitrilo en vez de látex.

Queda estrictamente prohibido portar joyas o accesorios (anillos, brazaletes, collares o corbatas) por debajo o encima de los guantes o batas.

No deberán manipularse objetos personales tales como teléfonos, computadoras, plumas o mochilas mientras se estén usando guantes para manipular sustancias tóxicas o biológicas. Los celulares, localizadores o radios portátiles deberán colocarse en modo silencioso al entrar al laboratorio y colocarse dentro de una bolsa tipo Zip-loc de ser necesario introducirlos a áreas con nivel de bioseguridad BSL-3. Los radios FRS empleados para comunicaciones con el personal localizado dentro de cuartos de contención biológica o cuartos de cultivo celular deberán ser empleados en el modo VOX (activados por voz) ya que eliminan la necesidad de presionar el botón al hablar.

No deberán usarse guantes fuera del laboratorio, de ser necesarios para el transporte de sustancias o muestras, solamente una mano se enguantará la otra permaneciendo libre para operar puertas y elevadores. De otra manera, la persona se deberá hacer acompañar de un escolta que le brinde acceso y facilite su tránsito por el edificio.

El mismo par de guantes (especialmente los de látex) no deberá ser usado de manera continua por más de seis horas, independientemente del tipo de sustancia que se esté manipulando. Por lo general el látex comienza a mostrar datos visibles de oxidación mucho después de haber sido vulnerado físicamente.

El material de los guantes deberá ser el apropiado para manipular a los diferentes tipos de sustancias. Se deberán emplear guantes de látex preferentemente sobre los de otro material para los procedimientos que requieran de la manipulación de acetona. Se deberán emplear guantes de nitrilo preferentemente sobre los de otro tipo para los procedimientos que requieran de la manipulación de aceites (aceite mineral), grasas, derivados del petróleo, algunos ácidos y sustancias cáusticas, etanol y formaldehído. Se deberán emplear guantes de neopreno para manipular sustancias químicas oxidantes (Hipoclorito de sodio) o ácidos y cáusticos fuertes.

Tabla 5. Tabla de compatibilidad química para guantes de látex, nitrilo y neopreno.

Químico	látex	Nitrilo	Neopreno
Acetaldehído	B	B	MB
Acetona	MB	P	B
Aceite de ricino	P	MB	R
Ácido acético	MB	MB	MB
Ácido cítrico	MB	MB	MB
Acido clorhídrico	B	B	MB
Ácido crómico	P	R	R
Ácido fluorhídrico	B	B	MB
Ácido fórmico	MB	MB	MB
Ácido fosfórico	B	MB	MB
Ácido láctico	MB	MB	MB
Ácido láurico	R	MB	MB
Ácido linoleico	P	B	MB
Ácido maleico	MB	MB	MB
Ácido nítrico	R	R	B
Ácido oleico	R	MB	MB
Ácido oxálico	MB	MB	MB
Ácido palmítico	MB	MB	MB
Ácido perclórico	R	B	MB
Ácido sulfúrico	B	B	B
Ácido tánico	MB	MB	MB
Amil acetato	P	P	R
Anilinas	R	P	B
Benceno	R	P	R
Benzaldehído	R	B	R
Bromuro de etidio	P	MB	MB
Bromuro de metilo	R	R	B
Butanol	MB	MB	MB
Butil acetato	R	P	B
Cetonas	MB	P	B
Ciclohexanol	R	MB	B
Clorobenceno	P	P	R
Cloroformo	P	P	B
Cloronaftaleno	P	R	R
Cloruro de metilo	P	P	P
Derivados del petróleo	P	MB	B
Dicloruro de etileno	P	P	R
Diisocianato de tolueno	B	R	R
Di-isobutilcetona (DIBK)	R	P	P
Dibutilftalato	P	B	B
Diesel	P	MB	B
Dimetilformamida	R	B	R
Di-octilftalato	P	MB	B
Dioxano	B	B	MB
Disulfuro de carbono	R	R	R
DMSO	P	P	P

Químico	látex	Nitrilo	Neopreno
Estireno	P	R	P
Etanol	MB	MB	MB
Éter etílico	B	B	MB
Etil acetato	R	R	B
Etilenglicol	MB	MB	MB
Fenol	R	R	MB
formaldehído	MB	MB	MB
Freon	P	B	B
Furfural	B	B	B
Gasolina	P	MB	B
Glicerina	MB	MB	MB
Hexano	P	B	R
Hidroquinona	B	R	B
Hidróxido de amonio	MB	MB	MB
Hidróxido de potasio	MB	MB	MB
Hidróxido de sodio	MB	MB	MB
Isooctano	P	MB	R
Isopropanol	MB	MB	MB
Lacas y thinners	R	P	B
Metanol	MB	MB	MB
Metilamina	R	B	R
Metil-Etil Cetona (MEK)	B	P	B
Metil Isobutil Cetona (MIBK)	R	P	R
Metil-metacrilato	B	R	B
Monoetanolamina	B	MB	MB
Morfolina	MB	B	MB
Naftaleno	R	B	B
Naftas alifáticas	R	MB	MB
Naftas aromáticas	P	B	B
Nitrometano	P	R	R
Nitropropano	P	R	R
Octanol	MB	MB	MB
Percloroetileno	P	B	R
Peróxido de hidrógeno	B	B	B
Propanol/isopropanol	MB	MB	MB
Propilacetato	R	R	B
Queroseno	R	MB	MB
Resinas epóxicas	MB	MB	MB
Terpentina	R	MB	B
Tetracloruro de carbono	P	B	R
Tetrahidrofurano	R	R	P
Tolueno	P	R	R
Tricloroetileno	R	B	R
Trietanolamina	B	MB	MB
Xileno	P	R	P

Nivel de protección brindado: MB= Muy buena, B=Buena, R=Regular, P=Pobre

3.3 Protección respiratoria.

[Regresar al índice de contenido](#)

Todo procedimiento que conlleve el riesgo de formación o dispersión de aerosoles potencialmente infecciosos deberá realizarse dentro de un gabinete de seguridad biológica (GSB). Incluso cuando se use el GSB las muestras de alto riesgo (aquellas conocidas infectadas por patógenos humanos virales) deberán ser procesadas en presencia de equipo de protección personal apropiado como goggles y respiradores N95.

Cualquier muestra infectada por patógenos humanos exóticos o por patógenos respiratorios transmisibles por aerosoles deberá manipularse dentro de un GSB localizado en un laboratorio de contención biológica (BSL-3) empleando además equipo de protección personal adecuada (goggles, respiradores o PAPRs).

El equipo de protección respiratoria tiene como objetivo evitar la inhalación de sustancias dañinas, trátense de sustancias químicas, material particulado, aerosoles biológicos, etc.

El equipo de protección respiratoria más común incluye a mascarillas quirúrgicas y los respiradores (ver figura 3), no obstante existen diferencias fundamentales en funcionamiento y la protección brindada por ellos. Las mascarillas no ofrecen un acople (selle) perfecto a la cara por lo que únicamente protegen al usuario de gotas gruesas o aerosoles de partículas grandes. En cambio, los respiradores N95 ofrecen un acople y selle perfecto a la cara del usuario, lo que permite protegerlo de aerosoles finos portadores de virus.

Tanto las mascarillas como los respiradores N95 han sido diseñadas para ser desechadas al final de la jornada de trabajo o cuando exista evidencia de contaminación de su superficie. Tanto las mascarillas como los respiradores N95 deberán ser desechados cuando muestran signos de ruptura, suciedad, falla en el acople facial o cuando hayan sido humedecidos por agua o sudor.



Mascarilla quirúrgica y gorro.



Respirador N95, goggles y coverall sintético.

Figura 3. Diferencias entre mascarillas quirúrgicas y respiradores N95.

Los respiradores protegen al usuario purificando el aire ambiental en que llevan a cabo sus actividades (eliminando contaminantes químicos o biológicos del aire a través de filtros) o aportando aire limpio respirable proveniente de una fuente no-ambiental (cilindros presurizados o aire exterior filtrado), ver figura 4.

El uso de bigote, barba o patillas por parte del personal investigador queda prohibido dentro de áreas con nivel de

bioseguridad BSL-3 o superiores ya que entorpecen el acople y funcionamiento adecuado de las mascarillas, caretas faciales, respiradores o *Respiradores Motorizados de Aire Purificado* (PAPR).

Los filtros de los respiradores de aire filtrado deberán ser compatibles con el tipo de contaminante que se busca eliminar del aire respirable. Existen diferentes tipos de filtros para las distintas aplicaciones (biológicas, químicas, nucleares, etc.), cada uno de los cuales posee distintos niveles de eficiencia (protección) o distintas indicaciones (existen filtros químicos específicos para el trabajo con ciertas sustancias o vapores).



Respirador PAPR motorizado.

Respirador de aire-en-línea.

Respirador autónomo (SCBA).

Figura 4. Respiradores PAPR, de aire-en-línea y SCBA.

Los respiradores que aportan aire no-ambiental incluyen a los respiradores de aire-en-línea y los respiradores de aire comprimido o autónomos (Self Contained Breathing Apparatus, SCBA). Los primeros reciben una aportación constante de aire limpio respirable a través de una línea de aire conectada a un suministro externo. Los segundos reciben un aporte finito de aire respirable a partir de un cilindro de aire comprimido que es transportado por el usuario.

Independientemente del tipo de aplicación, todos los respiradores deben ser considerados equipo de protección de respaldo y nunca empleados como equipo de protección primario ante la ausencia de GSB o deficiencias ingenieriles (P. Ej., campanas de extracción química).

Las medidas ingenieriles de protección respiratoria incluyen al sistema de ventilación el cual deberá atenerse a las normas de construcción establecidas y poseer flujo direccional desde áreas limpias hacia áreas contaminadas. El sistema de protección respiratoria deberá considerar la posibilidad de incluir campanas de flujo laminar, campanas de extracción química, gabinetes de seguridad biológica y sopladores de entrada/salida acoplados a filtros HEPA.

Los filtros HEPA (High efficiency particulate air filter) logran detener el paso del 99.97% de las partículas aerosolizadas con diámetros de 0.3 micras o mayores.

Los investigadores o estudiantes que requieran usar lentes de prescripción o dispositivos de audición deberán asegurarse de que estos no interfieran con la colocación, el acople y correcto funcionamiento del equipo de protección respiratoria o caretas faciales.

Todos los respiradores reutilizables deberán ser revisados periódicamente (cada 3 meses) en busca de rupturas, envejecimiento de sellos de gomas, funcionalidad e integridad general.

El acople y selle perfecto de los respiradores deberá verificarse cada vez que vayan a ser empleados a través de una prueba cualitativa de exclusión basada en sales amoniacaes o algún otro solvente volátil no tóxico.

3.4 Protección óculo-facial.

[Regresar al índice de contenido](#)

El tipo de equipo de protección óculo-facial que deba ser empleado dependerá del tipo de actividad involucrada y de la dirección en que dicho procedimiento ofrece mayor riesgo de sufrir salpicaduras a los ojos o mucosas. Para procedimientos quirúrgicos se preferirá el empleo de cubrebocas con visor plástico flexible (protección de salpicaduras provenientes de abajo) mientras que la manipulación de animales no sedados requiere del uso de goggles (protección omnidireccional).

El uso de lentes de contacto está permitido dentro del laboratorio, pero su colocación, remoción, lavado o manipulación dentro del mismo queda prohibida.

Toda persona involucrada en la manipulación de muestras de perfil de bioseguridad elevado, de sustancias criogénicas o de gases comprimidos deberá hacer uso de protección ocular (goggles o careta facial). Los lentes de prescripción médica no constituyen una barrera protectora adecuada.

Toda persona que requiera del uso de lentes de prescripción (de marco o de contacto) deberá hacer uso de goggles para manipular cualquier sustancia química, tóxica, mezcla criogénica o material biológico. El uso de caretas faciales es obligatorio para todo personal que no requiera de lentes de prescripción y que se vea involucrado en la manipulación de muestras biológicas de bajo riesgo o para procedimientos con líquidos criogénicos. Queda prohibido usar goggles o caretas faciales fuera del laboratorio.

El uso de caretas o goggles de protección ultravioleta se deberá restringir a procedimientos que requieran de dicha protección (P. Ej., escisión de bandas de ácidos nucleicos sobre transiluminador ultravioleta) y no para otros procedimientos que no requiera de protección ultravioleta (protección contra líquidos criogénicos o para a manipulación de material biológico).

4 Seguridad Química

[Regresar al índice de contenido](#)

El riesgo de exposición a sustancias químicas tóxicas, carcinógenas o mutágenas es elevado debido a la naturaleza de las actividades de investigación realizadas en los laboratorios.

Toda persona involucrada en la manipulación de sustancias químicas tóxicas, mutágenas y carcinógenas deberá portar al menos la bata de laboratorio y los guantes apropiados en tamaño y tipo de material (tabla 5).

La ruptura de termómetros de mercurio deberá ser manejada y reportada como derrame de sustancia tóxica.

Todas las sustancias químicas almacenadas o en uso dentro del laboratorio deberá estar amparadas por su *Hoja de Datos de Seguridad* (MSDS) correspondiente. Las MSDS actualizadas podrán ser descargadas del servidor de MSDSsearch en <http://www.msdssearch.com/DBLinksN.htm> o del sitio web de la compañía que fabrica el reactivo correspondiente.

Las sustancias químicas no deberán almacenarse por orden alfabético, sino de acuerdo a los lineamientos de almacenaje según afinidad y compatibilidad de materiales y sustancias (véase la tabla 6). Para evitar los incendios y/o las explosiones, las sustancias que aparecen en la columna izquierda de la tabla 6 deberán almacenarse y manipularse de modo que no puedan entrar en contacto con las sustancias de la columna derecha de la misma tabla. La tabla 7 ofrece mayor detalle para sustancias químicas comunes.

Las sustancias químicas volátiles, explosivas, flamables o altamente reactivas deberán almacenarse en cantidades limitadas dentro del laboratorio.

Todas las sustancias químicas deberán almacenarse en lugares donde no puedan golpearse accidentalmente, lejos de fuentes de ignición y protegidas de la luz del sol y del agua.

Los frascos con líquidos peligrosos (corrosivos, altamente-reativos o flamables) deberán almacenarse a menos de 1 metro de altura de tal modo en que no sea necesario subir bancos para alcanzarlos.

Tabla 6. Tabla de compatibilidades a considerar para el almacenamiento de sustancias químicas.

Categoría de sustancias	Sustancias incompatibles
Metales alcalinos, como el sodio, potasio, cesio y litio	Dióxido de carbono, hidrocarburos clorados, agua.
Halógenos	Amoniaco, acetileno, hidrocarburos.
Ácidos acético, sulfhídrico y sulfúrico, anilina, hidrocarburos	Agentes oxidantes, como los ácidos crómico y nítrico, los peróxidos o los permanganatos.

Antes de dar inicio a cualquier procedimiento que implique la manipulación de sustancias químicas se deberá leer y comprender las MSDS correspondientes para conocer los procedimientos de emergencia, las compatibilidades químicas y la manera de almacenar, manipular y desechar la sustancia química en cuestión.

Las etiquetas de todo frasco almacenado en el laboratorio deberán inspeccionarse rutinariamente para reemplazar las dañadas o evitar mayor daño.

Tabla 7. Tabla detallada de incompatibilidades para sustancias químicas comunes.

Sustancia	Evite el contacto con:
Ácido acético	Ácido crómico, nítrico, compuestos hidroxilos, ácido perclórico, peróxidos, permanganato.
Ácido crómico	Ácido acético, naftaleno, alcanfor, glicerina, terpentina, alcohol, líquidos inflamables.
Ácido fluorhídrico	Amoníaco anhidro, hidróxido de amonio.
Ácido nítrico	Ácido acético, anilina, ácido crómico, ácido cianhídrico, sulfuro de hidrógeno, líquidos y gases inflamables.
Ácido oxálico	Plata y mercurio.
Ácido perclórico	Anhídrido acético, bismuto y sus aleaciones, materiales orgánicos.
Ácido sulfúrico	Clorato, perclorato y permanganato de potasio (o de cualquier otro metal similar como el litio, sodio, etc.).
Acetileno	Cloro, bromuro, cobre, fluor, plata y mercurio.
Amoníaco anhidro	Mercurio, cloro, hipoclorito de calcio, yodo, bromo y ácido fluorhídrico.
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrógeno.
Bromo y cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, butano, metano, propano (y otros gases derivados del petróleo), hidrógeno, carburo de sodio, terpentina, benceno, metales pulverizados.
Carbón activado	Hipoclorito de calcio y cualquier agente oxidante.
Cloratos	Sales amoniacales, ácidos, metales pulverizados, azufre, materiales combustibles.
Clorato de potasio	Ácido sulfúrico y demás ácidos.
Cobre	Acetileno y peróxido de hidrógeno.
Hidrocarburos	Fluor, cloro, bromo, ácido crómico y peróxido de sodio.
Líquidos inflamables	Nitrato de amonio, ácidos inorgánicos, peróxido de hidrógeno, peróxido de sodio y halógenos.
Mercurio	Acetileno, ácido fulmínico, amoníaco.
Metales alcalinos (P. Ej., sodio)	Agua, hidrocarburos clorinados, dióxido de carbono, halógenos.
Nitrato de amonio	Ácidos, polvos metálicos, líquidos inflamables, cloratos, nitritos, azufre materiales combustibles.
Peróxido de hidrógeno	Cobre, cromo, hierro, la mayor parte de los metales o sus sales, alcoholes, acetona, anilina, nitrometano, líquidos inflamables y gases oxidantes.
Permanganato de potasio	Glicerina, etilen-glicol, benzaldehído y ácido sulfúrico.
Peróxido de sodio	Alcohol, ácido glacial acético, anhídrido acético, benzaldehído, disulfuro de carbono, glicerina, etilen-glicol, etil-acetato, metil-acetato y furfural.
Potasio	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono, agua.
Plata	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico y compuestos amoniacales.
Sulfuro de hidrógeno	Ácido nítrico y gases oxidantes.
Yodo	acetileno, amoníaco y derivados amoniacales e hidrógeno.

Algunos tipos de sustancias son sensibles a la descomposición súbita o tienden a explotar al ser sometidas a golpes, agitación, vibración o calor (ver tabla 8). Algunas de ellas se vuelven más sensibles conforme envejecen. El ácido

pícrico es una de estas sustancias, especialmente cuando se seca. Para disminuir las posibilidades de una explosión química se recomienda seguir los siguientes lineamientos:

1. Refiérase a la etiqueta y a la hoja de datos de seguridad correspondiente.
2. Anótense en el frasco las fechas de recepción y apertura del mismo.
3. Inspecciónense todos los frascos o contenedores de sustancias explosivas cada mes.
4. Manténganse las soluciones de ácido pícrico húmedas y con no menos de 30% de agua.
5. Deséchense los frascos de sustancias explosivas 6 meses después de haberlos abierto o 12 meses después de haberlos adquiridos.
6. Utilice el equipo de protección personal correspondiente para incluir caretas, petos y guantes a prueba de chispas y explosiones.
7. Trabájese con pequeñas cantidades únicamente.

Tabla 8. Tabla de sustancias explosivas y de descomposición explosiva.

Sustancias de descomposición explosiva	Sustancias sensibles a golpes.
Acetilido	Nitrato de amonio
Óxido de amina	Perclorato de amonio
Azidas	Acetilido de cobre
Cloratos	Dinitrotolueno
Diazonios	Trinitrotolueno
Fulminatos	Fulminato de mercurio
N-haloaminas	Azida de plomo
Hipohalitos	Nitroglicerina
Hidroperóxidos	Ácido pícrico seco
Nitratos y nitritos	
Ozónidos	
Percloratos	
Peróxidos y	
Picratos.	

5 Bioseguridad

[Regresar al índice de contenido](#)

Las fuentes de patógenos humanos más comunes son las muestras clínicas y biospecímenes almacenados los cuales pueden albergar a patógenos bacterianos, micóticos, protozoarios y virales tanto usuales (hepatitis B, HIV) como exóticos (Denguevirus, Hantavirus, etc.). Los siguientes lineamientos buscan estructurar de manera global los riesgos de bioseguridad comunes a los laboratorios de investigación biomédica al igual que algunos riesgos biológicos de particular interés epidemiológico.

5.1 Grupos de riesgo y niveles de bioseguridad.

[Regresar al índice de contenido](#)

El desarrollo de proyectos de epidemiología molecular por varios laboratorios mexicanos lleva implícito la manipulación, el procesamiento y el almacenamiento de especímenes clínicos potencialmente infectados por patógenos humanos.

Las medidas de seguridad biológica que deben adoptarse en cada laboratorio dependerán en gran medida de una evaluación integral de riesgos que contemple: 1) el tipo de patógenos que seguramente estarán presentes (P. Ej., la presencia obvia del virus de Epstein-Barr en líneas celulares EBV-inmortalizadas), 2) el tipo de patógenos que pudieran llegar a estar presentes en algunos especímenes (P. Ej., el virus de la hepatitis B en muestras de sangre), así como 3) el patógeno que pudiera llegar a presentarse en el peor escenario (P. Ej., virus de fiebres hemorrágicas autóctonas en una muestra de sangre). Para facilitar la toma de decisiones, el diseño y equipamiento de laboratorios, en el año del 2003 la Organización Mundial de la Salud (OMS) ideó una tabla que permite clasificar el grupo de riesgo de los diferentes patógenos (ver tabla 9).

Tabla 9. Clasificación de grupos e riesgo de la OMS (2003) para microorganismos infecciosos.

Grupo de riesgo	Descripción
1	Grupo de riesgo 1 (riesgo individual y comunitario escaso o nulo). Microorganismos que tienen pocas probabilidades de provocar enfermedades en el ser humano o los animales.
2	Grupo de riesgo 2 (riesgo individual moderado, riesgo comunitario bajo). Aquellos agentes patógenos que pueden ocasionar enfermedades humanas o animales pero que tienen pocas probabilidades de entrañar un riesgo serio para el personal de laboratorio, la comunidad, el ganado o el medio ambiente. La exposición al agente en el laboratorio pudiera ocasionar infecciones graves pero existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces por lo que el riesgo de propagación de la infección entre humanos es bajo.
3	Grupo de riesgo 3 (riesgo individual elevado, riesgo comunitario bajo). Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades humanas o animales graves pero que ordinariamente no se propagan de un individuo a otro. Existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.
4	Grupo de riesgo 4 (riesgo individual y comunitario elevado). Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves en el ser humano o los animales y que se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen medidas preventivas ni terapéuticas eficaces.

Cada uno de estos grupos de riesgo requiere de la adopción de medidas de contención y seguridad distintas y equiparables a la magnitud del riesgo que representan. La asignación a cierto nivel de bioseguridad depende de la evaluación integral del grupo de riesgo bajo el cual cae un organismo dado, lo que permite establecer las medidas de

protección primaria, el tipo de técnicas de laboratorio y los tipos de laboratorios que deben ser empleados para su segura manipulación (ver tabla 10).

Los laboratorios de investigación biomédica se clasifican en cuatro tipos: 1) laboratorios básicos con nivel de bioseguridad 1 (BSL-1), laboratorios básicos (BSL-2), laboratorios de contención biológica (BSL-3) y laboratorios de máxima contención (BSL-4). Esta clasificación de laboratorios por nivel de bioseguridad se basa en diferencias de diseño ingenieril, disposición arquitectónica, tipo de equipo de protección disponible, tipo de prácticas y el tipo de procedimientos que son realizados en cada uno de ellos (ver tabla 11). La siguiente tabla relaciona de una manera simplificada el grupo de riesgo al que pertenece un patógeno con el nivel de bioseguridad recomendable para su manipulación. Esta tabla busca facilitar la evaluación integral de medidas de bioseguridad que deben ser adoptadas por un laboratorio en base al tipo de patógeno de mayor riesgo. No obstante, la evaluación inicial de bioseguridad debe complementarse con un análisis exhaustivo de riesgos y en caso de duda, preferiblemente inclinarse por exagerar las medidas de bioseguridad en vez de menospreciar el riesgo. Será obligación de cada laboratorio diseñar su propia clasificación de bioseguridad y riesgos en base las características epidemiológicas e incluso geográficas de su región para incluir:

- 1) Patogenicidad del organismo.
- 2) Modo de transmisión y diversidad de vectores hospedadores que posee el organismo.
- 3) Disponibilidad local de medidas preventivas efectivas.
- 4) Disponibilidad local de medidas de tratamiento efectivas.

El modo de transmisión y la diversidad de vectores hospedadores se verán influenciados por el grado de inmunidad existente en la población local, la densidad y el movimiento de la población hospedadora, la presencia, distribución y movimientos de vectores intermedios al igual que las características de saneamiento e higiene ambiental/domésticos.

La disponibilidad local de medidas preventivas y terapéuticas efectivas dependerá esencialmente de la localización geográfica y el grado de aislamiento económico a que se encuentra sujeta una comunidad dada y el laboratorio localizado en ella. La baja disponibilidad de vacunas, antibióticos, antivirales o unidades de atención médica especializada pudieran condicionar, por ejemplo, que el riesgo biológico planteado por un organismo dado (y consecuentemente las medidas de bioseguridad que su manipulación implica) sean mayores a las que el mismo organismo pudiera plantear para un laboratorio con inmediato acceso a estos recursos.

Tabla 10. Asignación de niveles de bioseguridad para organismos según su grupo de riesgo.

Grupo de riesgo	Nivel de bioseguridad	Tipo de laboratorio	Prácticas de laboratorio	Protección primaria
1	Básico BSL-1	Básico de enseñanza.	Técnicas microbiológicas apropiadas (TMA).	Ninguna, área de trabajo abierta.
2	Básico BSL-2	Servicios diagnósticos primarios de salud, investigación.	TMA + indumentaria protectora, señal de biopeligro.	Área de trabajo abierta y disponibilidad de GSB para algunos procedimientos.
3	Contención BSL-3	Servicios de diagnóstico especializado, investigación.	Las de BSL-2 + indumentaria protectora especial, acceso controlado y flujo direccional del aire.	GSB y otros dispositivos de protección primaria para toda actividad (tapas de cubeta de centrifuga, etc.).
4	Máxima contención BSL-4	Unidades de diagnóstico e investigación en patógenos especiales.	Las de BSL-3 + acceso por transfer, uso rutinario de regadera al entrar/salir.	GSB clase III o trajes de presión positiva y GSB de clase II, autoclave de doble puerta y abastecimiento de aire purificado (ambiental y de trajes).

De manera adicional, los procedimientos que serán realizados en el laboratorio de investigación biomédica deberán considerarse durante la evaluación inicial de riesgos biológicos. Si bien un microorganismo asignado al grupo de riesgo 2 puede ser manipulado de manera segura en un laboratorio básico de BSL-2, algunos procedimientos o experimentos de particular riesgo (P. Ej., aquellos que generen grandes cantidades de aerosoles) pudieran llevar a los investigadores a elegir un nivel de bioseguridad mayor como la adopción de prácticas y técnicas de BSL-3 o la adopción de características ingenieriles de un laboratorio de contención biológica BSL-3. La siguiente tabla resume las características ingenieriles típicas de laboratorios pertenecientes a cada uno de estos cuatro niveles de bioseguridad.

Tabla 11. Requisitos ingenieriles de acuerdo al nivel de bioseguridad (CDC, 2004).

Requisito	Nivel de Bioseguridad			
	BSL-1	BSL-2	BSL-3	BSL-4
Aislamiento ^a del laboratorio	No	No	Si	Si
Laboratorio puede sellarse para descontaminarse	No	No	Si	Si
Flujo de aire hacia el interior	No	Deseable	Si	Si
Sistema de ventilación controlado	No	Deseable	Si	Si
Aire de salida es filtrado por HEPA	No	No	Si/No ^b	Si
Entrada con doble puerta	No	No	Si	Si
Laboratorio equipado con transfer presurizado	No	No	No	Si
Transfer equipado con regadera/ducha	No	No	No	Si
Laboratorio equipado con antesala	No	No	Si	Si
Antesala equipada con regadera/ducha	No	No	Si/No ^c	Si
Agua de drenaje tratada/descontaminada	No	No	Si/No ^c	Si
Autoclave localizada dentro del mismo edificio	No	Deseable	Si	Si
Autoclave localizada dentro del laboratorio	No	No	Deseable	Si
Autoclave de doble puerta localizada en laboratorio	No	No	Deseable	Si
Disponibilidad de gabinetes de seguridad biológica	No	Deseable	Si	Si
Monitoreo en tiempo real de la seguridad del personal	No	No	Deseable	Si

a Aislamiento físico y operativo respecto al tráfico general del edificio institucional.

b Según la localización de la salida de aire.

c Según cuáles sean los agentes empleados en el laboratorio.

d Por ejemplo, ventana, sistema de televisión en circuito cerrado, comunicación en dos sentidos.

5.2 Laboratorios básicos (nivel de bioseguridad 1 y 2).

[Regresar al índice de contenido](#)

El símbolo internacional de peligro biológico (figura 5) deberá colocarse a la entrada de los laboratorios con nivel de bioseguridad igual o superior al 2 para indicar áreas de creciente nivel de bioseguridad y alertar sobre la necesidad de incrementar las precauciones.

El símbolo de peligro biológico deberá indicar claramente el nivel de bioseguridad, el tipo de laboratorio, el nombre del laboratorio, el nombre del investigador responsable al igual que el número telefónico a contactar en caso de emergencia (el cual deberá estar encendido y disponible las 24 horas del día y 365 días al año).

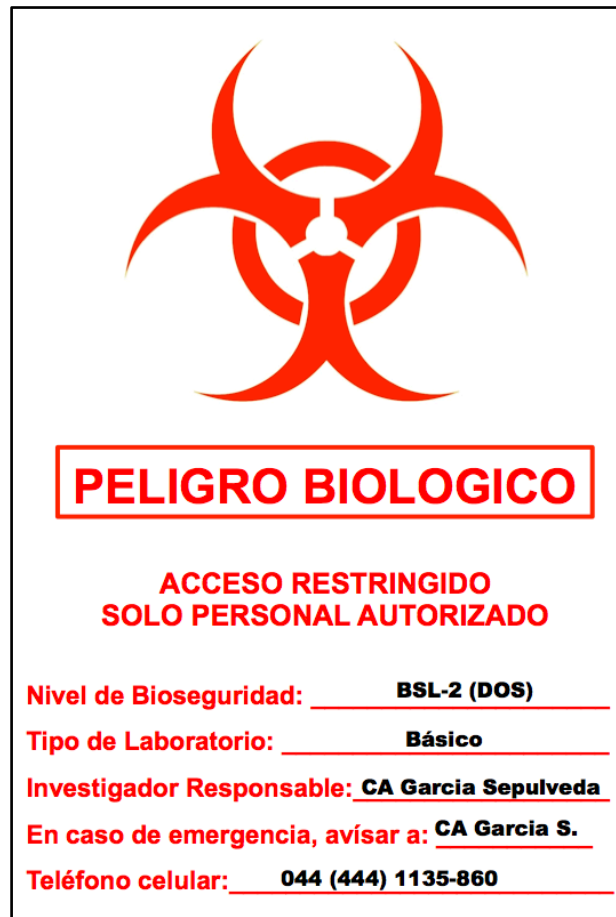


Figura 5. Símbolo internacional de peligro biológico con información de referencia (tamaño actual 15 x 25 cm).

Las puertas de acceso a laboratorios de BSL-2 deberán permanecer cerradas en todo momento y el acceso deberá limitarse a personal autorizado.

El acceso a menores de edad deberá ser custodiado y supervisado en todo momento, no se deberá permitir la entrada de mascotas o animales que no sean sujetos de estudio.

La apertura de los ventanales de las áreas de bioseguridad BSL-2 quedará sujeta a discreción del supervisor del laboratorio.

Todo personal involucrado en actividades de investigación dentro de laboratorios de BSL-2 deberá hacer uso de batas o uniformes de uso exclusivo, debiendo portar guantes para todo procedimiento que implique la manipulación de bioespecímenes, muestras clínicas, material infeccioso o animales enfermos. Los guantes deberán lavarse antes de retirarse y desechados de acuerdo a los lineamientos de manejo de residuos expuestos en el Capítulo 10 – manejo de Residuos de este manual.

El personal investigador deberá lavarse las manos profusamente después de manipular bioespecímenes, muestras clínicas, material infeccioso o animales enfermos.

Se deberá hacer uso de goggles, caretas faciales, mascarillas o respiradores para proteger los ojos y mucosas del investigador de cualquier salpicadura o de la exposición a fuentes artificiales de luz ultravioleta.

El uso de calzado que exponga el empeine, dorso del pie, tobillo o dedos del pie queda proscrito dentro del

laboratorio.

Queda prohibido consumir alimentos, beber, fumar, masticar chicle, aplicarse cosméticos o manipular lentes de contacto dentro del laboratorio. Así mismo, queda prohibido almacenar alimentos o bebidas de consumo humano dentro del laboratorio.

Las batas de laboratorio o indumentaria de protección jamás deberán usarse ni almacenarse en áreas de esparcimiento en cuartos de estudio o fuera del laboratorio.

No deberán introducirse objetos a la boca (plumas, clips, hojas, etc.) dentro del laboratorio. Queda estrictamente prohibido pipetear o dispensar líquidos utilizando la boca.

Todos los procedimientos de distribución de líquidos deberán realizarse de manera tal en que se minimice el riesgo de generar o dispersar aerosoles.

El uso de agujas hipodérmicas deberá mantenerse al mínimo y restringirse para procedimientos de toma de muestras sanguíneas. Jamás se deberá intentar tapar una aguja hipodérmica, debiendo desecharse a recipientes de punzocortantes sin mayor manipulación humana. Los recipientes deberán estar disponibles en cada área de trabajo y nunca llenarse por encima del nivel indicado.

Todo accidente, derrame y exposición obvia a material infeccioso deberá ser reportada al supervisor del laboratorio y documentado.

Los procedimientos de limpieza, descontaminación y remediación de derrames deberán protocolizarse por escrito al inicio de las actividades de un laboratorio.

Todo material contaminado por material infectocontagioso deberá ser descontaminado antes de ser desechado o retirado del laboratorio.

Las superficies de trabajo deberán descontaminarse periódicamente y tras derrames. Todo material contaminado por material biológico deberá desinfectarse o descontaminarse antes de ser lavado o reciclado.

Las ventanas deberán estar equipadas con mallas anti-insectos.

Es responsabilidad del supervisor del laboratorio desarrollar un programa de bioseguridad y evaluar los riesgos biológicos entrañados por el tipo de actividades de investigación realizadas dentro del laboratorio.

El supervisor del laboratorio deberá responsabilizarse de que el personal adscrito reciba entrenamiento apropiado en cuestiones de bioseguridad, operación segura de equipo e instrumentos y en los procedimientos de emergencia. El personal deberá ser advertido de riesgos especiales y recibir capacitación técnica en materia de bioseguridad.

El supervisor deberá responsabilizarse de la adopción de un plan integral de control de plagas que elimine la presencia de artrópodos y roedores dentro del laboratorio o sus inmediaciones.

El supervisor del laboratorio deberá desarrollar un programa de evaluación, seguimiento y referencia médica para el personal adscrito al laboratorio bajo su responsabilidad.

El diseño ingenieril deberá considerar la necesidad de proveer amplio espacio para la realización de los procedimientos de manera segura al igual que para facilitar el mantenimiento y limpieza del equipo e infraestructura, ver figura 6.

Los techos, paredes y pisos deberán ser de superficie plana y lisa, lavables, fáciles de limpiar e impermeables a líquidos y resistentes a químicos comunes y desinfectantes (alcoholes, detergentes y cloro). Los pisos deberán ser antiderrapantes.

Las superficies de trabajo deberán ser construidas de un material impermeable al agua y resistente a los químicos y desinfectantes más comunes, a ácidos y bases, solventes orgánicos y moderadas cantidades de calor.

La iluminación de las áreas de trabajo deberá ser adecuada para todas las actividades científicas evitando las reflexiones y calor.

Los muebles de laboratorio deberán ser robustos y poseer espacio abierto por debajo con tal de facilitar la limpieza y mantenimiento del laboratorio. Los espacios de almacenamiento deberán ser suficientes para mantener stocks adecuados de consumo a mediano plazo, las áreas de almacenamiento de largo plazo deberán localizarse fuera del laboratorio.

Deberán asignarse áreas específicas para el almacenamiento de sustancias volátiles, explosivas, flamables, radiactivas o cilindros de gas comprimido.

Las áreas destinadas a almacenar efectos personales o prendas de ropa al igual que aquellas destinadas al consumo o almacenamiento de alimentos deberán localizarse fuera del laboratorio.

El laboratorio deberá estar equipado con lavabos de llaves automáticas activadas por movimiento, calor o con las rodillas preferentemente cerca de la salida.

Las puertas interiores deberán estar equipadas con pistones de cierre automático para mantenerlas cerradas en todo momento.

Los laboratorios de BSL-2 deberán estar equipadas con al menos una autoclave u otro medio de descontaminación biológica efectiva en el sitio.

Los laboratorios de BSL-1 y BSL-2 deberán tener botiquines de primeros auxilios completos en un sitio claramente identificado y conocido por el personal.

Los sistemas de ventilación deberán dirigir el aire desde el exterior hacia el interior y no recircular el aire interior.

El sistema de suministro de agua de laboratorios básicos deberá estar protegido de contraflujos de agua por medio de válvulas unidireccionales con tal de evitar la contaminación del suministro público de agua.

El suministro eléctrico deberá ser confiable y contar con un sistema de respaldo de batería para instrumentos sensibles o rectificación y regulación de voltaje para proteger los equipos. Los laboratorios de BSL-2 deberán contar con lámparas fluorescentes de respaldo con baterías recargables de encendido automático ante fallas eléctricas.

Aquellos laboratorios que sean abastecidos por servicios públicos de electricidad poco confiables deberán adoptar el uso de generadores de emergencia automáticos de respaldo que permitan operar incubadoras, refrigeradores, ultracongeladores, etc.

Los laboratorios pueden ser el blanco de vandalismo por lo que deberán adoptar medidas de protección física y sistemas de alarma para protegerlos de intrusiones o incendios.

Los laboratorios deberán estar dotados del equipo de protección biológica necesario para el seguro desempeño de las actividades de investigación planeadas incluyendo gabinetes de seguridad biológica, pipeteadores automáticos, micropipetas, pipetas serológicas, tubos, frascos, viales, etc. de plástico.

Los supervisores de laboratorios BSL-2 deberán diseñar e implementar programas de evaluación y monitoreo

médico del personal adscrito que incluya 1) el suministro de las inmunizaciones activas o pasivas indicadas; 2) facilitación de pruebas de laboratorio para la detección de infecciones adquiridas por exposición ocupacional (P. Ej., HIV, HBV, etc.); 3) exclusión de personal de personal particularmente susceptible (P. Ej., embarazadas o inmunocomprometidos) y 4) aportación del equipo de protección personal necesario y redacción de protocolos operativos especiales (SOP's).

La evaluación y el monitoreo médico del personal adscrito deberá considerar: 1) una evaluación médica previa a la incorporación del personal que incluya un historial clínico completo, 2) un registro de enfermedades previas o ausencia de ellas, 3) el personal femenino deberá ser advertido del riesgo que plantea la exposición a algunos microorganismos (P. Ej., virus de la rubéola) para el embarazo o embriones/fetos en desarrollo intrauterino.

Toda área de trabajo de laboratorios BSL-1 o BSL-2 deberá estar provista de recipientes plásticos con desinfectante para la descontaminación de material reciclable o desechable antes de su lavado o eliminación.

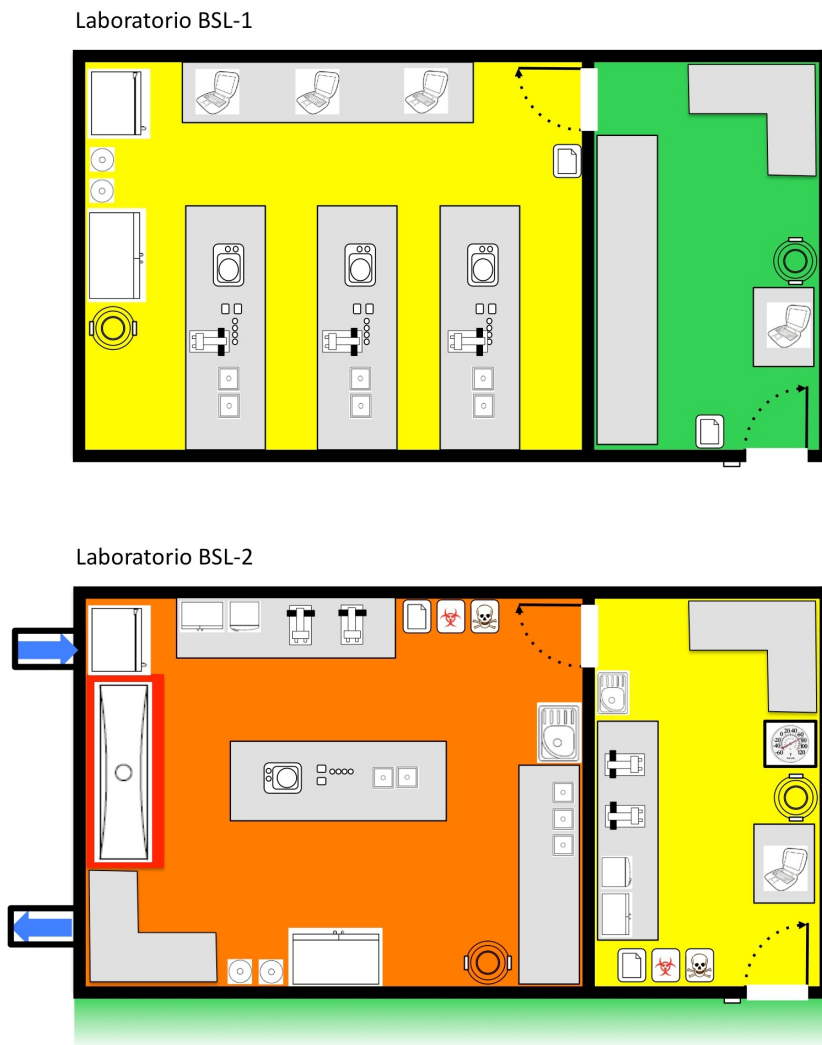


Figura 6. Laboratorios de Nivel de Bioseguridad 1 y 2. Nótese como el laboratorio BSL-1 no se encuentra equipado con un gabinete de seguridad biológica (resaltado en rojo en el Laboratorio BSL-2) ni con la autoclave (caja con carátula de reloj en área amarilla del Laboratorio BSL-2) presentes en el laboratorio BSL-2. De manera adicional, el laboratorio BSL-2 aplica una disciplina de desechos biológicos más estricta que el laboratorio BSL-1 (cajas con logos de toxico, biopeligro y hoja de papel).

5.3 Laboratorio de contención biológica (nivel de bioseguridad 3).

[Regresar al índice de contenido](#)

Los laboratorios de contención biológica con nivel de bioseguridad 3 (BSL-3) han sido diseñados para el trabajo con microorganismos clasificados dentro del grupo de riesgo 3 o con grandes volúmenes de microorganismos del grupo de riesgo 2. Su funcionamiento y diseño refuerzan los programas de seguridad aportados por los laboratorios BSL-1 y BSL-2.

Los laboratorios de contención biológica deberán adoptar todas las recomendaciones expuestas anteriormente para los laboratorios básicos de BSL-1 y BSL-2 además de las enumeradas a continuación.

Las batas protectoras que serán usadas en los laboratorios de contención biológica deberán ser de frente continuo, de mangas largas con elástico en muñecas y cuello alto. Las batas serán de uso comunal y deberán ser descontaminadas antes de ser lavadas. El calzado deberá ser cubierto con botas quirúrgicas o reemplazado por calzado de uso exclusivo dentro del laboratorio BSL-3.

La manipulación abierta de biospecímenes o materiales biológicos deberá realizarse únicamente dentro de gabinetes de seguridad biológica o dentro de otros dispositivos de contención primaria.

El laboratorio BSL-3, ver figura 7, deberá estar separado físicamente de áreas abiertas al tránsito irrestricto de personas y del resto del edificio. Mayor seguridad podrá obtenerse al localizar el laboratorio BSL-3 al final de un pasillo o en un área del laboratorio principal en que el tránsito sea controlado por una o más puertas o una antesala custodiada.

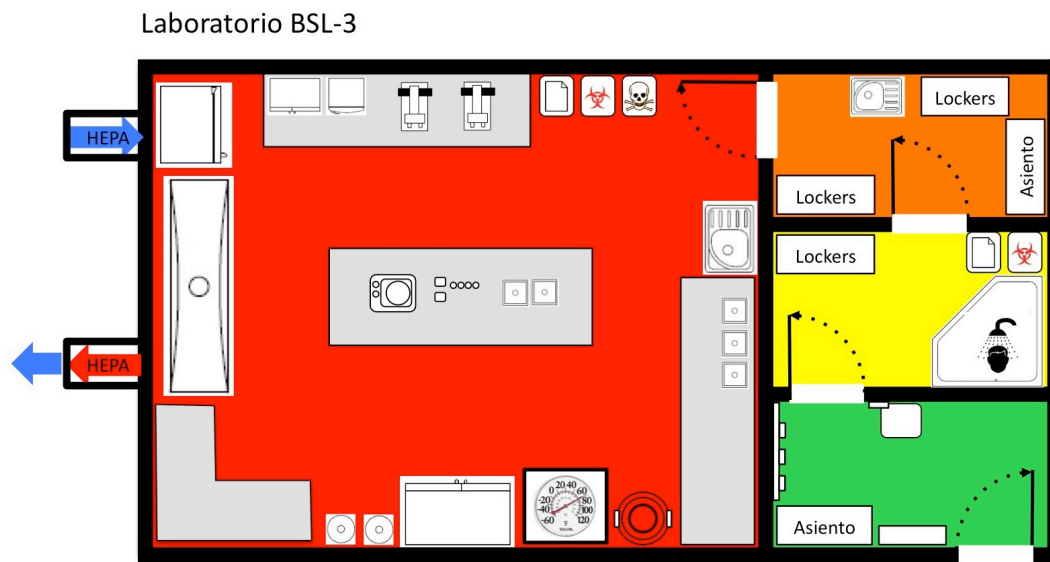


Figura 7. Laboratorios de Nivel de Bioseguridad 3. Esquema general de la disposición de un laboratorio BSL-3. El laboratorio BSL-3 posee la autoclave (caja con carátula) dentro del mismo laboratorio y requiere del empleo de gorros, cubrebocas y batas de frente cerrado. Adicionalmente, la antesala al laboratorio BSL-3 incluye un cuarto de cambio de ropa contaminada (naranja), un cuarto con regadera de descontaminación (amarillo) y un antecuarto al laboratorio principal (verde).

La antesala deberá estar equipada con una regadera/ducha y poseer canastas individuales y separadas para la ropa

limpia y la sucia. La antesala deberá estar equipada con un sistema de puertas excluyentes interbloqueadas que solo permitan la apertura de una de ellas a la vez de tal manera en que no se comprometa el diferencial de presiones.

Antes de ingresar a laboratorios BSL-3 el usuario se deberá registrar el nombre del usuario, fecha, hora de ingreso/egreso y el tipo de actividad realizada en el laboratorio. Adicionalmente, deberá revisar la lectura de presión diferencial del laboratorio para comprobar que se encuentra a presión negativa.

Los laboratorios de contención biológica deberán ser sellables herméticamente para facilitar la descontaminación del área por fumigación. Los ventanales de los laboratorios BSL-3 deberán estar equipados con película de seguridad, no deberán dar hacia el exterior del edificio y deberán estar permanentemente sellados para evitar su apertura.

El sistema de ventilación deberá aportar aire filtrado HEPA al laboratorio de manera direccional a partir de áreas limpias (BSL-1 a BSL-2) y hacia áreas contaminadas (BSL-3) que lleve a la presurización negativa de las áreas BSL-3. Este sistema de ventilación deberá estar dotado de dispositivos visuales que indiquen el correcto funcionamiento y dirección de flujos. El aire de zonas BSL-3 no deberá ser recirculado a zonas BSL-2 o BSL-1 sin antes ser reacondicionado por un filtro HEPA apropiado. El aire de salida deberá ser expulsado al exterior del edificio lejos de ventanas o tomas de aire de otros laboratorios.

Todos los gabinetes de seguridad biológica deberán ser colocados lejos de áreas transitadas, ventilas de aire, puertas, ventanas o equipo generador de corrientes de aire. Antes de iniciar actividades dentro de los gabinetes de seguridad biológica se deberá comprobar el correcto funcionamiento de la alarma de flujo.

Antes de abandonar los laboratorios de BSL-3, los investigadores deberán descontaminar todas las superficies de trabajo del mismo con etanol al 70%, descontaminar el gabinete de seguridad biológica y envolver todos los residuos biológicos en bolsas rojas de residuos biológicos. Los investigadores deberán retirarse el par externo de guantes dentro del laboratorio BSL-3 y depositarlos en dicha bolsa de residuos biológico-infecciosos antes de sellarla y retirarla del laboratorio BSL-3.

Los laboratorios BSL-3 deberán estar equipados con autoclaves localizadas dentro de la zona de BSL-3.

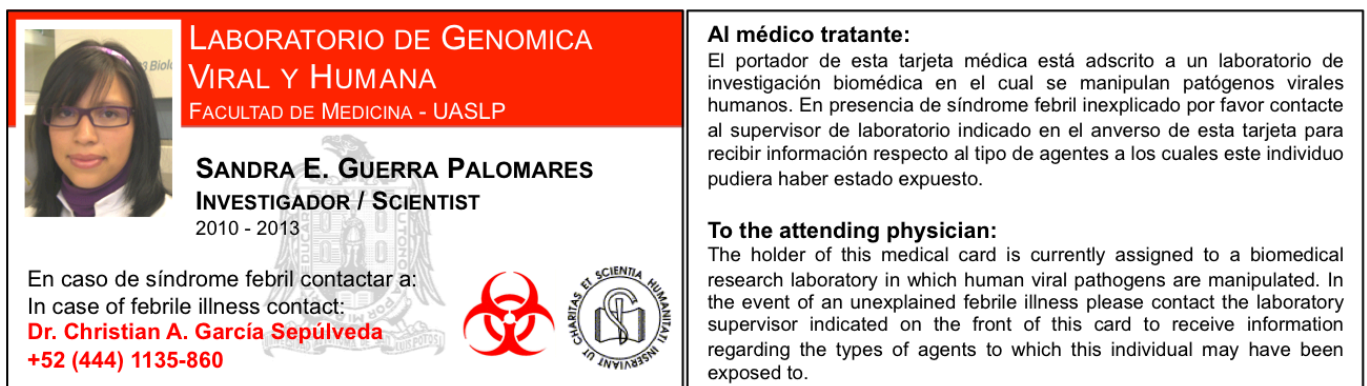


Figura 8. Anverso (izquierda) y reverso (derecha) de la tarjeta médica para investigadores involucrados en actividades de investigación dentro de un laboratorio de contención biológica BSL-3 (tamaño real de la identificación de 5.3x8.5 cm).

Una vez en el antecuarto del laboratorio BSL-3, la bolsa de residuos biológicos deberá colocarse en la autoclave y ésta encendida. Una vez realizado este procedimiento, se deberá limpiar el exterior de la autoclave con etanol al 70% y solo entonces retirarse el par de guantes interno. Este par interno de guantes deberá ser depositado en la bolsa de residuos biológico-infecciosos presente en el antecuarto del laboratorio BSL-3.

El personal de laboratorio deberá lavarse las manos antes de ingresar al laboratorio BSL-3 y antes de abandonarlo. Así mismo, se deberá retirar todo tipo de joyería y depositarla en la antesala del laboratorio BSL-3.

Todo investigador involucrado en actividades de investigación dentro de laboratorios BSL-3 deberá someterse a evaluaciones médicas frecuentes (cada seis meses) las cuales deberán ser documentadas (ver Apéndice, sección 13.3 Formato de seguimiento médico de personal de laboratorio).

Todo el personal involucrado en actividades de investigación dentro de laboratorios de contención biológica deberán portar en todo momento su tarjeta médica que indique su nombre, foto, que está adscrito a un laboratorio de contención biológica de BSL-3, el nombre del supervisor de laboratorio, el número telefónico del supervisor del laboratorio y el tipo de patógenos a los que está comúnmente expuesto el individuo.

Todo investigador que presente síndrome febril dentro de los 14 días siguientes a la manipulación de muestras dentro de un laboratorio BSL-3 deberá colocarse un respirador N95, buscar atención médica inmediata y presentar la tarjeta médica (ver figura 8) al personal del departamento de urgencias o médico tratante.

5.4 Laboratorio de máxima contención (nivel de bioseguridad 4).

[Regresar al índice de contenido](#)

Los laboratorios de máxima contención biológica (BSL-4) han sido diseñados para permitir la segura manipulación de microorganismos asignados al grupo de riesgo 4. Antes de que este tipo de laboratorio pueda ser construido se deben consultar extensivamente a instituciones que hayan tenido la experiencia de diseñar, construir y mantener un laboratorio de máxima contención. Los laboratorios de máxima contención debieran preferiblemente estar bajo el control de una autoridad nacional o estatal de salud pública. Los siguientes apartados se incluyen aquí por razones meramente ilustrativas. Cualquier entidad interesada en la construcción y operación de un laboratorio de máxima contención debiera contactar al *programa de bioseguridad de la OMS* para recibir asesoría y mayor información.

Los laboratorios de máxima contención (BSL-4) deberán adoptar todas las recomendaciones expuestas anteriormente para los laboratorios básicos de BSL-1 y BSL-2 y para los laboratorios de contención BSL-3 además de las enumeradas a continuación.

Una regla crucial para el desempeño de actividades científicas dentro de un laboratorio de máxima contención de manera segura establece que ningún investigador deberá trabajar de manera aislada, sin compañía y sin supervisión dentro de zonas BSL-4.

Antes de ingresar a una zona BSL-4 la pareja de investigadores deberá retirarse absolutamente toda prenda y calzado de uso rutinario en la antesala del laboratorio y reemplazarla por indumentaria de uso exclusivo en zonas BSL-4, ver figura 9.

Antes de salir de una zona BSL-4, la pareja de investigadores deberá descontaminar la ropa de uso exclusivo dentro de zonas BSL-4 con la regadera/ducha, retirarla cuidadosamente, colocarla en la canasta correspondiente a ropa sucia y colocarse la ropa de uso rutinario antes de salir de la antesala del laboratorio BSL-4.

Todo el personal deberá recibir entrenamiento práctico respecto a los procedimientos de emergencia ante lesiones dentro de la zona BSL-4.

Toda comunicación con el personal localizado dentro de una zona BSL-4 deberá realizarse de manera electrónica e inalámbrica. Queda estrictamente prohibido introducir o retirar material de oficina o papelería a zonas BSL-4.

El laboratorio de máxima contención deberá estar dotado de un sistema de contención primaria consistente en uno o

ambos de los siguientes:

- 1) Laboratorio de Gabinetes de Seguridad Biológica clase III.
- 2) Laboratorio de trajes presurizados.

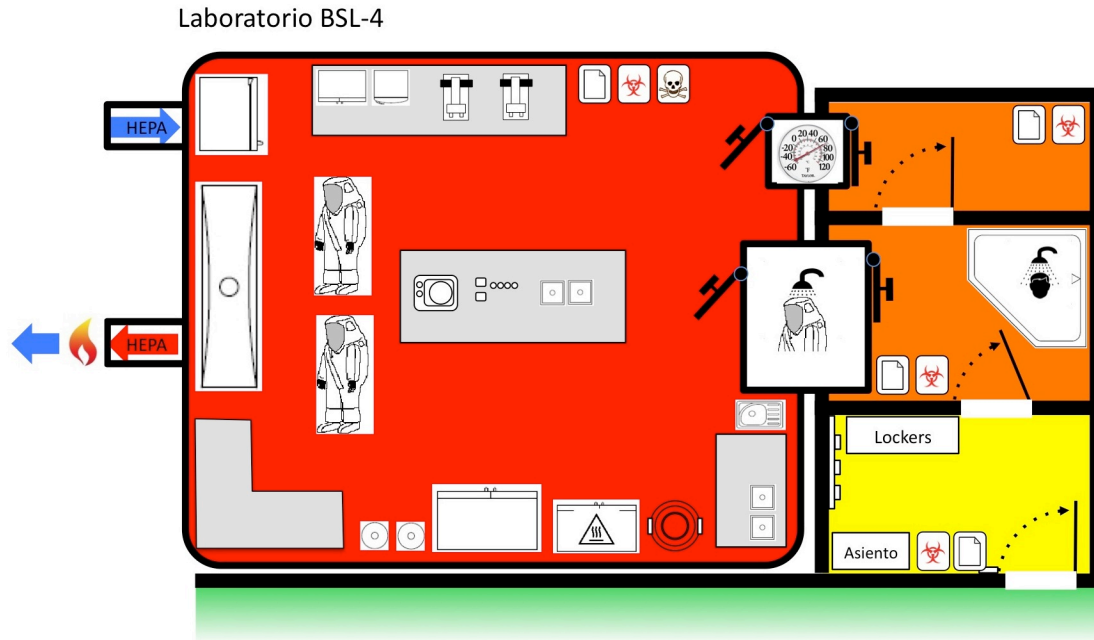


Figura 9. Laboratorios de Nivel de Bioseguridad 4 (contención máxima). Esquema general de la disposición de un laboratorio BSL-4 de trajes biológicos. El laboratorio BSL-4 se encuentra rodeado por un casco hermético que recibe aire exterior filtrado, que permanece a presión negativa con respecto al resto del edificio y cuyos efluvios son incinerados antes de descargarse al ambiente. Todos los desechos del laboratorio salen a través de una autoclave de doble esclusa. Los operarios entran y salen a través de una cabina de doble esclusa donde los trajes son esterilizados con un antiséptico. Inmediatamente contiguo a dicha cabina esta el cuarto en que se reciben los desechos esterilizados y donde se ducha el personal tras retirarse los trajes. En el área de cambio de ropa (amarillo) los operarios se colocan su ropa de rutina y abandonan el laboratorio.

El acceso a los laboratorios de gabinetes de seguridad biológica clase III deberá realizarse a través de una antesala equipada con al menos dos puertas excluyentes (que no permitan la apertura de ambas) en donde los gabinetes de seguridad biológica clase III constituyen el sistema de contención primaria.

La antesala al laboratorio de gabinetes deberá estar dotada tanto de un cuarto hermético para la regadera del personal como con al menos un cuarto de cambio de ropa. Los materiales, provisiones y especímenes de estudio no deberán ser introducidos al laboratorio de gabinetes a través de la antesala para personal sino a través de una autoclave o cámara de fumigación de doble puerta empotrada en la pared. Las puertas de la autoclave o cámara de fumigación deberán ser excluyentes (que no permitan la apertura de ambas puertas a la vez) y de ciclo de esterilización automático permanente (que no permitan su apertura sin haber sido activado el ciclo de descontaminación/fumigación).

Los laboratorios de trajes presurizados difieren en diseño y disposición a los laboratorios de gabinetes. Los laboratorios de trajes presurizados están diseñados para actividades de investigación en las que los investigadores se encuentran ataviados con trajes de una sola pieza presurizados positivamente a los cuales se le abastece aire HEPA filtrado proveniente del exterior. Los laboratorios de trajes presurizados constan de al menos 4 cuartos separados uno de otro por esclusas herméticas: 1) antesala con regadera para personal, 2) cuarto de trajes, 3) cuarto de descontaminación de trajes y 4) laboratorio *per se*.

Los cuartos del laboratorio de trajes presurizados deberán estar dispuestos de forma tal en que el personal deba ingresar a través de la antesala en donde dejará sus efectos personal en donde se cambiará la ropa de uso rutinario para colocarse la ropa de uso exclusivo BSL-4 (uniforme quirúrgico). Posteriormente el personal deberá dirigirse al cuarto de trajes en el cual se colocará el traje presurizado, guantes y botas correspondientes. Al término de este paso el investigador deberá dirigirse hacia el laboratorio BSL-4 atravesando la regadera de descontaminación (no necesario usarla al entrar, solo de salida).

Al finalizar las actividades de investigación dentro de la zona BSL-4 el personal se deberá dirigir hacia la regadera de descontaminación en donde se lavara el exterior del traje propio y del compañero con desinfectante para ulteriormente dirigirse hacia el cuarto de trajes en donde se retirará cuidadosamente el traje presurizado. Posteriormente, el personal investigador se deberá dirigir hacia la regadera de la antesala en donde se deberá lavar el cuerpo completo con agua y jabón haciendo uso de la regadera para personal (no confundir con la regadera de descontaminación de trajes localizada en el cuarto de descontaminación). Finalmente los investigadores se deberán cambiar la ropa y almacenar o descontaminar la ropa de uso exclusivo para zonas BSL-4 y lavarse las manos al abandonar la antesala al laboratorio de trajes presurizados.

Los cuartos que componen al laboratorio de trajes presurizado deberán estar herméticamente sellados de los demás cuartos del edificio y cuartos contiguos (incluso del mismo laboratorio).

Toda comunicación entre los investigadores localizados en el interior del laboratorio BSL-4 y el personal localizado en el exterior deberá hacer uso de medios electrónicos. Las comunicaciones por radio o teléfono deberán hacer uso de la modalidad VOX para los transmisores (transmisión activada por voz que prescinde de la manipulación de equipo electrónico).

Los laboratorios de gabinetes o de trajes presurizados deberán tener un control estricto de ingreso y tránsito. Deberán estar localizados en un área reclusa y custodiada físicamente por personal de vigilancia.

Los laboratorios de gabinetes como los de trajes presurizados deberán estar provistos de un sistema de monitoreo por circuito cerrado de televisión (CCTV) para detectar accidentes que ocurran en su interior.

Todo el personal involucrado en actividades científicas dentro de un laboratorio BSL-4 deberá ducharse completamente antes de abandonar el recinto (independientemente de que se haya duchado al salir del laboratorio de trajes presurizados) y cambiarse de ropa y calzado.

Los laboratorios de máxima contención deberán estar equipados con un sistema de ventilación que asegure un flujo direccional y presurización negativa de las instalaciones. Tanto el aire de abastecimiento como el de salida deberá ser HEPA filtrado.

Los gabinetes de seguridad biológica deberán tomar el aire de abastecimiento del ambiente del laboratorio a través de un filtro HEPA o directamente alimentada al gabinete por el sistema de ventilación del laboratorio. El aire de salida de los gabinetes de seguridad biológica deberá hacerse pasar por al menos dos filtros HEPA antes de ser liberado al exterior del laboratorio.

Los gabinetes de seguridad biológica deberán funcionar a presión negativa en relación al ambiente interno del laboratorio de gabinetes.

Los laboratorios de gabinetes de seguridad biológica deberán estar equipados con un sistema de ventilación exclusivo que no recircule el aire al mismo laboratorio u otras áreas contiguas.

Para los laboratorios de trajes presurizados, el sistema de ventilación deberá ser también exclusivo para dicho laboratorio y deberá estar equipado con sopladores de abastecimiento y salida redundantes que aseguren en todo

momento la presurización negativa del laboratorio en relación a las demás áreas contiguas y el exterior. El sistema de ventilación del interior del laboratorio de trajes presurizados deberá asegurar un flujo direccional del aire desde lugares limpios (inmediaciones de la entrada) hacia lugares potencialmente contaminados (área de centrifugas o gabinetes de seguridad biológica).

Los flujos de aire de abastecimiento y salida deberán ser monitoreados electrónicamente o mecánicamente y estar dotados de listones de plástico de alta visibilidad que permitan evidenciar visualmente su correcto funcionamiento.

El aire de abastecimiento del laboratorio de trajes presurizados, de la regadera de descontaminación, del cuarto de trajes y de las cámaras de transferencia de provisiones (similares a la autoclave de doble puerta y equipadas con puertas excluyentes) deberá ser HEPA filtrado pero no el abastecimiento de aire de la antesala y su regadera para personal.

Los filtros de todos los sistemas de ventilación y de los gabinetes de seguridad biológica deberán ser revisados, verificados y certificados cada año.

Los efluvios de los gabinetes de seguridad biológica, de las autoclaves, de las cámaras de descontaminación (generados durante los procedimientos de descontaminación con cloro), de la regadera de descontaminación y del cuarto de trajes deberán ser descontaminados antes de ser vertidos al drenaje municipal. La descontaminación deberá, preferentemente, hacer uso de calor y luego con suplementos químicos (clorinación) o físicos (irradiación ultravioleta). El agua de la antesala y de su regadera para personal podrá ser vertida directamente al drenaje municipal.

Todo material sólido (incluyendo ropa, cristalería, plásticos consumibles, desechos de laboratorio, etc.) deberá ser descontaminado por esterilización en autoclave de doble puerta antes de salir del laboratorio BSL-4. De manera adicional, el laboratorio BSL-4 deberá contar con una cámara de fumigación alterna que permita descontaminar equipo, material y desechos que no puedan introducirse a la autoclave.

Los laboratorios BSL-4 deberán estar equipados con un generador de energía eléctrica de emergencia de activación automática que permita asegurar el correcto funcionamiento de todos los equipos e instrumentos localizados en su interior de manera indefinida en el caso de fallas en el suministro eléctrico.

5.5 Bioterios.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los animales de investigación deberán ser alojados en jaulas cómodas e higiénicas y brindados acceso a alimentos y agua adecuados en calidad nutricional y volumen. Al final de los experimentos, los animales deberán ser sacrificados de manera tal en que se minimice el estrés y dolor a que son sometidos.

Por razones de seguridad (vandalismo o activismo), los bioterios deberán estar localizados en un área separada e independiente del resto del edificio. De existir conexión alguna entre el bioterio con otros laboratorios, ésta deberá ser custodiada en todo momento y rápidamente aislable (tanto para detener intrusos como para permitir su descontaminación).

Los bioterios, al igual que los laboratorios de investigación biomédica, pueden clasificarse en cuatro niveles de bioseguridad animal (ABSL) dependiendo de la evaluación de riesgo biológico la cual deberá contemplar tanto el grupo de riesgo de los patógenos que serán manejados como el tipo y naturaleza de los animales alojados en él, ver tabla 12 .

En relación a los patógenos, la evaluación deberá considerar su ruta de inoculación, su ruta normal de transmisión, las concentraciones del agente que estarán presentes en la saliva del animal y sus excretas. En relación al animal que será alojado en el bioterio se deberá considerar la naturaleza de su comportamiento (agresividad, tendencia a morder

y arañar, etc.), sus ecto- y endoparásitos comunes o naturales, el tipo de enfermedades zoonóticas a las que están asociados (o que se han reportado), su toxicidad (para organismos venenosos).

Tabla 12. Niveles de contención biológica para bioterios según grupo de riesgo.

Grupo de riesgo	Nivel de bioseguridad	Bioterio típico	Prácticas operativas	Protección primaria
1	ABSL-1	Bioterio general.	Acceso controlado.	Ropa protectora y guantes.
2	ABSL-2	Bioterio de investigación biomédica básica.	ABSL-1 + señalamiento de biopeligro, descontaminación de jaulas.	Gabinets de seguridad biológica clase I o II para procedimientos que generen aerosoles.
3	ABSL-3	Bioterio de investigación biomédica en infectología.	ABSL-2 + prácticas descritas para laboratorios BSL-2 y -3.	Autoclave disponible, cámaras de descontaminación y fumigación.
4	ABSL-4	Bioterio de investigación biomédica en patógenos especiales.	ABSL-3 + acceso estrictamente controlado y custodiado, cambio de ropa al ingresar/salir. Regaderas de descontaminación.	GSB clase III o trajes de presión positiva y GSB de clase II, autoclave de doble puerta y abastecimiento de aire purificado (ambiental y de trajes).

5.5.1 Bioterios con Nivel de Bioseguridad 1 (ABSL-1).

[Regresar al índice de contenido](#)

Son adecuados para el alojamiento de la gran mayoría de los animales de interés pecuario y de investigación una vez superado el período de cuarentena con la excepción de primates no-humanos. Los bioterios ABSL-1 pueden alojar animales deliberadamente infectados por microorganismos clasificados dentro del grupo de riesgo 1.

Los bioterios ABSL-1 deberán hacer uso de prácticas microbiológicas apropiadas al igual que de las precauciones universales descritas más adelante.

El supervisor del bioterio deberá desarrollar protocolos escritos de políticas de cuidado animal, procedimientos rutinarios y procedimientos de emergencia. Así mismo, es obligación y responsabilidad del supervisor el desarrollar y revisar de manera periódica un manual de bioseguridad escrito.

El supervisor del bioterio deberá desarrollar un programa de evaluación y monitoreo médico para el personal adscrito.

5.5.2 Bioterios con Nivel de Bioseguridad 2 (ABSL-2).

[Regresar al índice de contenido](#)

Son adecuados para el alojamiento de animales deliberadamente infectados por microorganismos clasificados dentro del grupo de riesgo 2. Deberán adoptar las recomendaciones emitidas para bioterios ABSL-1 además de las siguientes:

Exponer el signo de biopeligro a la entrada designando el nivel de bioseguridad, el responsable del bioterio, el nombre del bioterio y el número telefónico a contactar en caso de emergencia (figura 5).

La estructura física, muebles y equipo deberán ser diseñados de tal forma en que se facilite su limpieza y descontaminación. En el interior del bioterio no deberá existir un almacén para objetos viejos o dañados.

Las puertas de acceso al igual que aquellas que separen los cuartos internos deberán estar acondicionadas con pistones de cierre automático y ventanas que permitan evidenciar el escape de animales sin necesidad de abrirlas.

La iluminación, ventilación y calefacción deberán ser adecuadas tanto para los investigadores como para los animales.

Cuando sea posible, se deberá instalar un sistema de ventilación que dirija el aire hacia el interior del bioterio de tal modo en que se evite la fuga de artrópodos voladores que hayan estado en contacto con los animales localizados en el bioterio. El aire deberá ser recambiado frecuentemente sin recirculación interna.

El acceso al bioterio deberá ser controlado y permitido únicamente a personal autorizado.

Queda prohibido introducir animales al bioterio que no sean objeto de estudio o que no puedan ser sacrificados al término de los experimentos.

El bioterio, al igual que cualquier laboratorio de investigación biomédica, deberá desarrollar e implementar un plan de control de plagas para eliminar a roedores y artrópodos.

Las ventanas, de existir, deberán ser de cristal irrompible o de seguridad, estar provistas de seguros y acopladas a mallas anti-insecto.

Todas las áreas de trabajo deberán ser descontaminadas con desinfectantes de uso común tras cualquier procedimiento de manipulación de animales o sus productos.

Todo procedimiento que implique el riesgo de generar o dispersar aerosoles deberá realizarse dentro de gabinetes de seguridad biológica o en jaulas de aislamiento/contención equipadas con filtros HEPA.

Los bioterios deberán estar equipados con una autoclave de descontaminación local que no sea compartida con ningún otro departamento no involucrado en la manipulación o alojamiento de animales.

El material de cama de los animales deberá ser recambiado frecuentemente y de manera tal que se minimice la generación o dispersión de aerosoles. Dicho material deberá ser descontaminado antes de ser desechado.

El uso de agujas hipodérmicas o instrumentos punzo-cortantes deberá evitarse en la vecindad de animales no sedados.

Las jaulas deberán ser descontaminadas tras su uso y los cadáveres animales incinerados.

Todo el personal involucrado en la manipulación o mantenimiento de animales deberá hacer uso de ropa protectora, guantes y goggles. La ropa de uso interno no deberá ser empleada fuera del bioterio.

El bioterio deberá estar equipado con un lavabo cercano a la salida para promover el lavado de manos antes de salir del mismo.

Cualquier lesión, sin importar su tamaño o severidad, deberá ser reportada, documentada y sometida a seguimiento médico.

Queda estrictamente prohibido consumir, almacenar o manipular alimentos de consumo humano en el interior del bioterio, al igual que ingerir bebidas, masticar chicle, fumar, aplicarse cosméticos o manipular lentes de contacto.

5.5.3 Bioterios con Nivel de Bioseguridad 3 (ABSL-3).

[Regresar al índice de contenido](#)

Son adecuados para el alojamiento de animales deliberadamente infectados por microorganismos clasificados dentro del grupo de riesgo 3. Deberán adoptar las recomendaciones emitidas para bioterios ABSL-2 además de las siguientes:

El acceso al bioterio deberá ser estrictamente controlado.

El bioterio deberá estar físicamente separado del resto del edificio o de zonas del bioterio con niveles de bioseguridad inferiores a ABSL-3 por una antesala equipada con puertas excluyentes. La antesala deberá estar equipada con regadera para persona y al menos un lavabo localizado cerca de la salida.

El sistema de ventilación deberá asegurar un flujo direccional desde zonas de bajo riesgo hacia zonas de alto riesgo, el aire no deberá ser recirculado dentro de una zona ABSL-3 y el aire de salida deberá ser filtrado antes de ser liberado al exterior. El sistema de ventilación deberá incorporar dispositivos de seguridad que impidan la reversión del flujo o la presurización positiva de la zona ABSL-3.

El bioterio ABSL-3 deberá estar equipado con una autoclave local de uso exclusivo del bioterio, para la descontaminación de desechos antes de ser depositados fuera del mismo. Así mismo, el bioterio deberá estar equipado con instalaciones de incineración de desechos y cadáveres, de otra manera se deberán establecer y documentar convenios de recolección e incineración con las autoridades o prestadores de servicios correspondientes. Este documento deberá presentarse a las autoridades sanitarias correspondientes durante revisiones de rutina, evaluaciones de re-acreditación de permisos o durante auditorias.

Los animales infectados con microorganismos del grupo de riesgo 3 deberán ser colocados en jaulas de aislamiento o cuartos de ambiente controlado en los cuales los puertos de ventilación (salida de aire) se encuentren localizados en la parte posterior de los mismos.

Toda prenda protectora deberá ser descontaminada antes de ser lavada.

Las ventanas deberán estar permanentemente cerradas y selladas. El cristal deberá ser resistente a los golpes.

5.5.4 Bioterios con Nivel de Bioseguridad 4 (ABSL-4).

[Regresar al índice de contenido](#)

Son adecuados para el alojamiento de animales deliberadamente infectados por microorganismos clasificados dentro del grupo de riesgo 4. Deberán adoptar las recomendaciones emitidas para bioterios ABSL-3 además de las siguientes:

Únicamente personal autorizado tendrá acceso al bioterio, la puerta de acceso deberá estar siempre cerrada y custodiada por personal de vigilancia.

Ningún investigador deberá trabajar de manera aislada, sin compañía y sin supervisión dentro de zonas ABSL-4.

El personal humano que labore dentro de bioterios ABSL-4 deberá haber recibido entrenamiento exhaustivo en cuanto a procedimientos de rutina, procedimientos de emergencia y medidas de bioseguridad.

El acceso a la zona ABSL-4 deberá realizarse a través de una antesala para el cambio de ropa rutinaria seguida del cuarto de baño equipado con regadera. Estos dos cuartos iniciales deberán estar equipados con puertas de selle hermético que permita la descontaminación gaseosa y aislamiento de su interior.

Antes de ingresar a una zona ABSL-4 la pareja de investigadores deberá retirarse absolutamente toda prenda y calzado de uso rutinario en la antesala y reemplazarla por indumentaria de uso exclusivo en zonas BSL-4.

Antes de salir de una zona BSL-4, la pareja de investigadores deberá retirarse la ropa, colocarla en la canasta correspondiente a ropa sucia y colocarse la ropa de uso rutinario antes de salir de la antesala del laboratorio BSL-4.

Toda comunicación con el personal localizado dentro de una zona ABSL-4 deberá realizarse de manera electrónica e inalámbrica. Queda estrictamente prohibido introducir o retirar material de oficina o papelería a zonas ABSL-4.

Todos los animales de un bioterio ABSL-4 deberán estar alojados en jaulas de contención de aerosoles de manera individual.

5.6 Precauciones universales.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las precauciones universales fueron definidas por los CDCs como un conjunto de lineamientos dirigidos a prevenir la transmisión del HIV, HBV, HCV y de otros patógenos transmitidos por sangre. Aunque inicialmente fueron diseñados para hospitales y para personal médico y paramédico encargado de brindar primeros auxilios, gradualmente han sido incorporados a otros escenarios. Los lineamientos trabajan con la premisa de que todo líquido biológico o tejido humano se encuentra contaminado por patógenos humanos que pudieran infectar a los operadores involucrados en su manipulación por contacto directo o a través de aerosoles. Los siguientes lineamientos resumen la adaptación de las precauciones universales para investigadores involucrados en la manipulación o procesamiento de muestras de sangre humanas.

Todo el personal deberá lavarse las manos con agua y jabón al entrar al laboratorio, periódicamente durante sus actividades y al terminar su jornada diaria.

Toda manipulación de muestras clínicas, bioespecímenes o sustancias químicas requiere del uso de guantes nuevos y del lavado de las manos posterior a su remoción.

Los guantes deberán colocarse por encima de las empuñaduras elásticas de la bata para aquellos procedimientos que impliquen la manipulación de agentes exóticos o patógenos humanos transmitidos por sangre. Queda estrictamente prohibido usar accesorios (joyería, anillos, brazaletes, etc.) por debajo o por encima de los guantes de látex o empuñaduras.

La bata deberá estar completamente abotonada hasta el cuello mientras se realicen procedimientos de moderado a elevado riesgo.

Cualquier incidente en el que líquidos biológicos o sustancias químicas entren en contacto con la piel desprotegida deberá ser documentado en la bitácora del investigador y reportado al supervisor del laboratorio.

Durante la manipulación de muestras clínicas y bioespecímenes se deberán extremar las precauciones frente a punzo-cortantes. Es recomendable eliminar por completo el uso de punzo-cortantes (escalpelo, agujas, trocares, etc.) de cuanto procedimiento sea posible y acentuar las precauciones en aquellos procedimientos en que su uso sea indispensable.

Bajo ninguna circunstancia se volverán a tapar las agujas de jeringas empleadas para la recolección o manipulación de muestras clínicas y bioespecímenes. Las agujas deberán ser desechadas en recipientes para punzo-cortantes sin tapar o desarmar la jeringa.

Todos los procedimientos que conlleven el riesgo de generar aerosoles biológicos o salpicaduras deberán realizarse dentro del gabinete de seguridad biológica. Aquellos procedimientos que no deban o no puedan realizarse dentro del gabinete de seguridad biológica deberán ser realizados con el equipo de protección personal correspondiente (P. Ej., el uso de respiradores PAPRs o SCBA durante las actividades de muestreo de campo de hantavirus durante el brote de Four Corners en los Estados Unidos de Norteamérica).

Queda estrictamente prohibido pipetear con la boca cualquier tipo de sustancia química o líquido dentro de los laboratorios de cualquier nivel de bioseguridad. Para ello existen dispositivos electromecánicos como pipeteadores y micropipetas.

Se deberá evitar introducir documentos personales (incluidos libros, revistas y fotocopias), computadoras portátiles personales o utensilios de oficina al las áreas de trabajo del laboratorio.

Todo material de laboratorio que vaya a ser reutilizado deberá ser sumergido en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 0.5% durante al menos 15 minutos antes de ser lavado.

Todo material de laboratorio desechable que haya entrado en contacto con material biológico deberá ser descontaminado por sumersión en NaOCl al 0.5% o esterilizado en autoclave antes de ser colocado en bolsas de residuos biológico-infecciosos. Esto aplica también para todos los líquidos (medios de cultivo, sobrenadantes, suero sanguíneo, etc.), materiales y consumibles plásticos que deban ser eliminados o desechados por el laboratorio.

5.7 Precauciones especiales.

[Regresar al índice de contenido](#)

Toda persona involucrada en la manipulación de muestras clínicas, bioespecímenes y/o líneas celulares dentro de laboratorios de investigación biomédica deberá aportar de manera voluntaria y previa firma de consentimiento informado, una muestra de sangre de 50 ml como suero basal. El componente celular de dicha muestra será eliminado y la fracción sérica almacenada a -20°C en un tubo cónico estéril de 50 ml adaptado con una etiqueta externa que indique **SUERO BASAL**, el nombre del donador y la fecha de toma. Esta muestra será empleada **ÚNICAMENTE**, previa autorización del donador, como auxiliar en el manejo médico y diagnóstico de posibles enfermedades ocupacionales adquiridas dentro del laboratorio.

La muestra de suero basal será almacenada mientras la persona esté adscrita al laboratorio. Al término de los estudios o del contrato del investigador las muestras deberán ser entregadas a la persona que las donó o destruidas por incineración o incubándola por 15 minutos con un volumen igual de NaOCl al 0.5%.

La muestra de suero basal podrá ser retirada del congelador y sometida a ensayos diagnósticos o de tamizaje **ÚNICAMENTE** por indicación médica y previa autorización escrita del donador. En aquellos casos en que el donador se muestre imposibilitado para dar su consentimiento al respecto, la muestra podrá ser empleada con fines diagnósticos previa autorización de un familiar cercano.

Toda persona de nuevo ingreso involucrada en la manipulación de muestras clínicas, bioespecímenes y/o líneas celulares animales dentro de laboratorios de investigación biomédica deberá someterse a estudios de tamizaje de patógenos transmitidos por sangre (HIV, HBV, HCV y HTLV) antes de involucrarse en actividades de investigación. Así mismo, la evaluación médica inicial y periódica debiera idealmente incluir estudios paraclínicos como una biometría hemática completa con conteo diferencial de leucocitos y pruebas de funcionamiento hepático.

Los resultados de dichos estudios podrán ser discutidos con especialistas médicos únicamente con la autorización de la persona evaluada.

Los individuos que demuestren ser positivos para HIV serán excluidos de las actividades de investigación que involucren la manipulación de muestras clínicas, de alícuotas virales o de bioespecímenes humanos dado el riesgo de exposición a patógenos humanos y virus oncogénicos que ello implica. Este lineamiento busca salvaguardar la salud del investigador infectado por HIV y no constituye una medida de segregación laboral.

Aquellas personas que no hayan recibido el esquema de inmunización contra HBV deberán ser canalizadas al un centro hospitalario público para recibir dicha inmunización gratuita. Igualmente, aquellas personas involucradas en el procesamiento de muestras potencialmente infectadas por patógenos para los cuales existen vacunas (P. Ej., el virus de la influenza estacional) deberán recibir la indicación de inmunizarse por parte del supervisor del laboratorio.

Queda estrictamente prohibido trabajar con células o líneas celulares autólogas (propias del investigador) dentro del mismo laboratorio dado el riesgo que implica la inmunotolerancia de células propias potencialmente infectadas o genéticamente modificadas.

Debido a que los aerosoles representan una fuente importante de infección, se deberán tomar medidas destinadas a minimizar su formación y dispersión. Varios procedimientos de laboratorio pueden generar aerosoles incluyendo: homogeneizado de tejidos, apertura de tubos o frascos, centrifugación, mezclado por vortex, sonicación, entre otros. Las medidas recomendadas para mantener al mínimo al mínimo la generación y dispersión de aerosoles se comentan en los siguientes apartados.

5.7.1 Distribución de líquidos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Queda estrictamente prohibido emplear la boca para succionar medios líquidos dentro de los laboratorios de BSL-2 y superiores. El supervisor del laboratorio deberá asegurar el adecuado y correcto uso de pipeteadores automáticos y micropipetas.

Queda prohibido el empleo de jeringas y agujas hipodérmicas para pipetear muestras biológicas.

El investigador deberá evitar en todo momento formar burbujas dentro de cualquier medio líquido al dispensar alícuotas o repartir medios de cultivo, especialmente cuando éstos alberguen agentes patógenos.

Los líquidos no deberán ser expulsados de las pipetas serológicas de una manera violenta o turbulenta que incremente la producción de aerosoles.

Cada semana se deberá descontaminar el exterior de las micropipetas empleadas en aplicaciones de biología celular empleando una toalla desechable humedecida en NaOCl al 0.5% seguido de una toalla humedecida en etanol al 70%. Finalmente, las micropipetas deberán esterilizarse bajo luz ultravioleta exponiendo cada lado de la misma durante 5 minutos a la luz de un transiluminador o lámpara germicida.

Las pipetas serológicas de cristal limpias y estériles deberán colocarse dentro del gabinete de seguridad biológica en sus envoltorios individuales y lejos de las pipetas usadas o no estériles respetando la separación imaginaria de áreas limpias y contaminadas del área de trabajo del gabinete.

Las pipetas tanto desechables como las reutilizables serán colocadas en una charola horizontal con NaOCl al 0.5% **dentro** del gabinete de seguridad biológica al término de su uso. Una vez terminadas las actividades dentro del mismo la charola deberá ser tapada y retirada del gabinete. Una vez descontaminadas durante 15 minutos en este mismo medio las pipetas podrán ser retiradas del cuarto de cultivo celular/tisular o laboratorio BSL-3 para ser

lavadas. Las pipetas empleadas dentro de laboratorios BSL-4 deberán ser desechables o esterilizadas en autoclave antes de ser retiradas para su lavado en laboratorios BSL-3.

Cuando sea necesario retirar y colocar la tapa de un recipiente de cultivo o medio de cultivo en el interior del gabinete de seguridad biológica se deberá procurar colocar la tapa de lado y nunca hacia arriba o hacia abajo sobre la superficie.

Al distribuir medios de cultivo o líquidos biológicos a frascos con el pipeteador automático se deberá evitar que la pipeta toque la boca y el interior del frasco. Queda estrictamente prohibido pipetear con la boca. Para ello se emplearán pipetas automáticas.

Todas las pipetas de cristal o plástico deberán dotarse de un tapón de algodón en el extremo superior para reducir la posibilidad de contaminar al pipeteador automático.

Para disminuir la posibilidad de dispersar las gotas de material biológico infeccioso con las pipetas serológicas, el área de trabajo deberá cubrirse con toallas de papel desechables en el sitio que será recargado o colocado el pipeteador automático. Las toallas desechables que sean empleadas dentro del gabinete de seguridad biológica no deberán cubrir parcialmente u obstruir las rejillas perforadas del área de trabajo ya que ello perturbaría el flujo laminar del aire y el nivel de protección brindado por el gabinete.

5.7.2 Gabinetes de seguridad biológica.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los gabinetes de seguridad biológica están diseñados para proteger al trabajador, la atmósfera del laboratorio y los materiales de trabajo de la exposición a las salpicaduras y los aerosoles infecciosos que pudieran generarse al manipular material potencialmente contaminado como cultivos primarios, bioespecímenes y muestras clínicas.

Existen tres tipos diferentes de gabinetes de seguridad biológica: los de clase I (figura 10), los de clase II (figura 11) y los de clase III (figura 12).

Los gabinetes de seguridad biológica de clase I han comenzado a ceder su lugar a gabinetes de clase II debido a que los de clase I no ofrecen protección al producto manipulado sino únicamente al personal y medio ambiente. Los gabinetes de clase I aspiran aire ambiental no filtrado a través de la ventana delantera y lo dirigen hacia atrás por encima del área de trabajo y hacia el exterior a través de un filtro HEPA. La protección personal se logra al mantener un flujo de aire a través de la ventana delantera de al menos 75 pies lineares por minuto (lfpm) mismo que impide la salida de partículas aerosolizadas en el interior del gabinete. Los gabinetes de seguridad biológica de clase I continúan siendo usados para contener equipo (centrífugas, homogeneizadores, fermentadores, etc.) o para realizar procedimientos (limpieza de jaulas en bioterios, etc.) que generen aerosoles de riesgo biológico. Los gabinetes de seguridad biológica de clase I pueden recircular el aire HEPA filtrado al cuarto del laboratorio o expulsarlo al exterior a través de un ducto hermético o a través de un ducto de dedal.

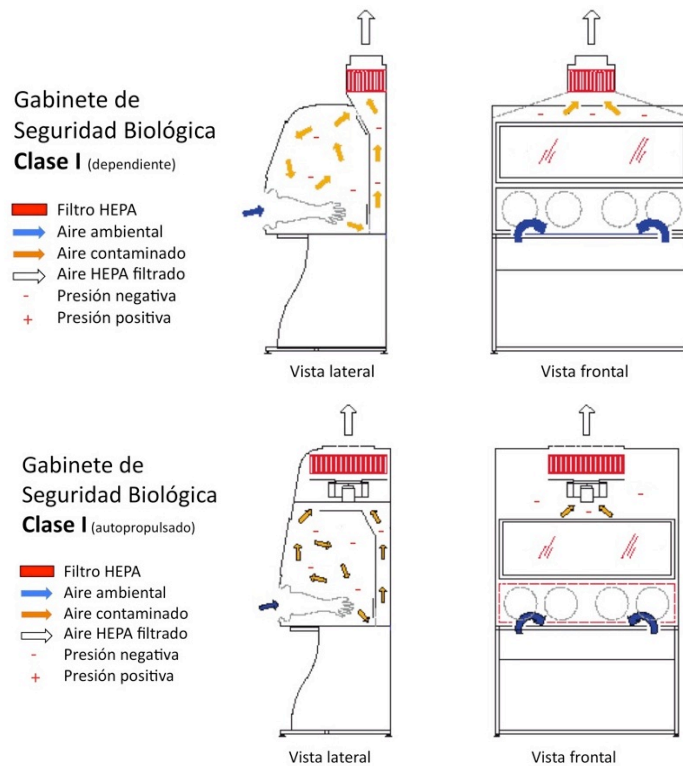


Figura 10. Diagrama de flujos de un gabinete de seguridad biológica clase I. (imágenes adaptadas de “The Laboratory Biosafety Guidelines, 3rd Edition 2004, Agencia de Salud Pública Canadiense”).

Los gabinetes de seguridad biológica de clase II pueden ser de cuatro tipos diferentes (A1, A2, B1 y B2). Estos tipos de gabinetes brindan protección tanto del producto como al investigador y medio ambiente. El flujo de aire no filtrado (procedente del ambiente del laboratorio) a través de la ventana delantera protege al personal, mientras que el aire con flujo laminar evita la contaminación del producto que está siendo manipulado en su interior. El aire puede ser entonces expulsado a través de un filtro HEPA hacia el ambiente del laboratorio (tipo A) o hacia el exterior del edificio (tipo B). El porcentaje del aire que es recirculado dentro del gabinete establece las diferencias entre los tipos 1 y 2.

Los distintos tipos de gabinetes de clase II difieren en su patrón de flujo de aire, en la velocidad del aire, en la localización del filtro HEPA y en el método de eliminar el aire de su interior (ver tabla 13). En el 2002, la National Sanitation Foundation (NSF International) de los EEUUA revisó y modificó el sistema de clasificación de los gabinetes de seguridad biológica, misma que se anexa en la tabla 13.

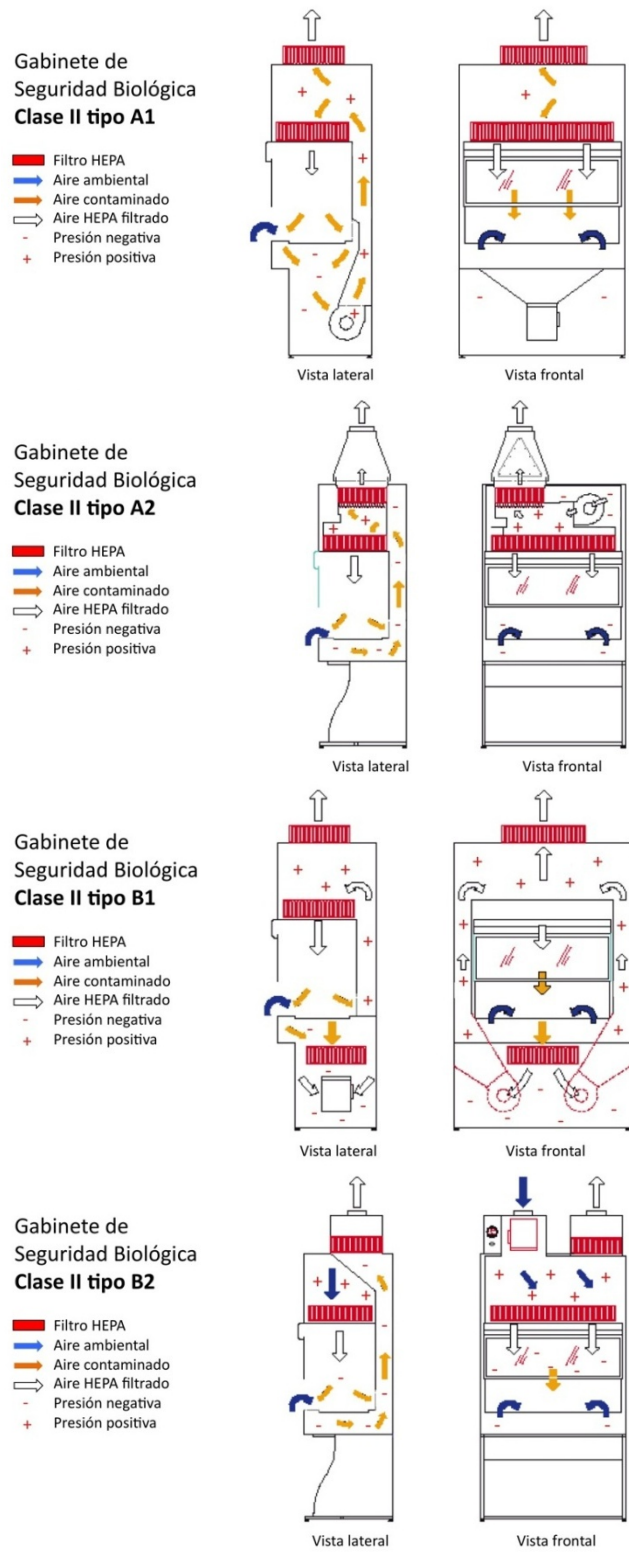


Figura 11. Diagrama de flujos de los diferentes tipos de gabinetes de seguridad biológica clase II. (imágenes adaptadas de “The Laboratory Biosafety Guidelines, 3rd Edition 2004, Agencia de Salud Pública Canadiense).

Tabla 13. Descripción de las características de gabinetes de seguridad biológica de clase II según la clasificación NSF 2002.

NSF (2002)	NSF Pre-2002	Diferencias entre los tipos de las distintas clases de gabinetes según la clasificación NSF original.	Diferencias entre los tipos de las distintas clases de gabinetes según la clasificación NSF 2002.
A1	Clase II, tipo A	<ul style="list-style-type: none"> 70% del aire es recirculado, el 30% restante es expulsado al laboratorio. Entrada de aire a 75 lfpm. <p>Pudiera tener un ducto a presión positiva contaminado por biológicos.</p>	
A2	Clase II, tipo A/B3	<ul style="list-style-type: none"> 70% del aire es recirculado, el 30% restante es expulsado al laboratorio. Entrada de aire a 100 lfpm. Posee ducto de expulsión a presión negativa contaminado por biológicos (o rodeado por ducto secundario a presión negativa). 	<ul style="list-style-type: none"> 70% del aire es recirculado, el 30% restante es expulsado al laboratorio o hacia el exterior del laboratorio.
	Clase II, tipo B3	<ul style="list-style-type: none"> 70% del aire es recirculado, el 30% restante es expulsado hacia el exterior del laboratorio. Entrada de aire a 100 lfpm. Posee ducto de expulsión a presión negativa contaminado por biológicos (o rodeado por ducto secundario a presión negativa). 	<ul style="list-style-type: none"> Entrada de aire a 100 lfpm. Posee ductos perimetrales de aire a presión negativa contaminados por biológicos.
B1	Clase II, tipo B1	<ul style="list-style-type: none"> 40% del aire es recirculado, el 60% restante es expulsado al exterior del laboratorio. Entrada de aire a 100 lfpm. <p>Todos los ductos contaminados por biológicos se encuentran a presión negativa en relación al resto del laboratorio.</p>	
B2	Clase II, tipo B2	<ul style="list-style-type: none"> 0% del aire es recirculado, el 100% del aire es expulsado al exterior del laboratorio. Entrada de aire a 100 lfpm. <p>Todos los ductos contaminados por biológicos se encuentran a presión negativa en relación al resto del laboratorio.</p>	

Los gabinetes de clase III (cajas de guantes) fueron desarrollados para trabajar con microorganismos del grupo de riesgo 4 brindando protección máxima tanto al ambiente como al personal y el producto. Los gabinetes de clase III carecen de ventanas de acceso, se encuentran herméticamente sellados y dotados con puertos de acceso cubiertos por guantes permanentes. Los materiales de trabajo y los desechos son introducidos y retirados a través de un puerto de doble esclusa. El aire suministrado es HEPA filtrado y el aire expelido es tanto HEPA filtrado como incinerado al momento de su salida. El gabinete de clase III se encuentra presurizado negativamente (a 0.5 pulgadas de agua) en relación al ambiente del laboratorio BSL-4.

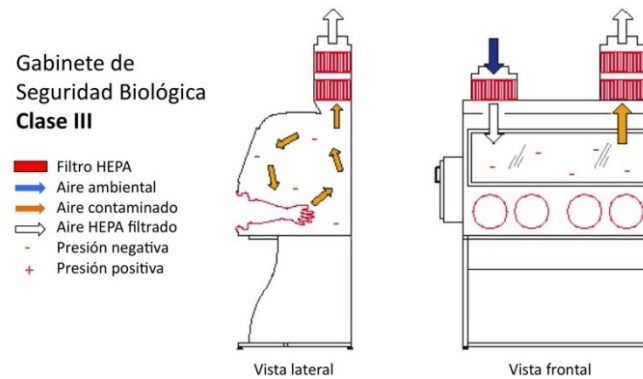


Figura 12. Diagrama de flujos de un gabinete de seguridad biológica clase III. (imágenes adaptadas de “The Laboratory Biosafety Guidelines, 3rd Edition 2004, Agencia de Salud Pública Canadiense).

Las campanas de flujo laminar horizontal o vertical no constituyen gabinetes de seguridad biológica ni ofrecen protección al investigador o al ambiente ya que mantienen un área limpia en su interior al forzar el paso de aire hacia el exterior de la campana y hacia el investigador.

Las campanas de extracción química no constituyen gabinetes de seguridad biológica ni ofrecen protección al investigador de material biológico potencialmente infecciosos.

Los gabinetes de seguridad biológica deberán ser evaluados y certificados de manera periódica de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. No deberán usarse gabinetes cuyo funcionamiento adecuado no haya sido verificado.

Al trabajar con gabinetes de seguridad biológica los investigadores deben procurar no perturbar la cortina de aire laminar frontal con movimientos bruscos de manos y brazos al introducir o manipular objetos en su interior. Los brazos deben colocarse horizontalmente a través de la apertura frontal y moverse lentamente. Igualmente, se debe procurar mantener al mínimo el movimiento de entrada y salida de objetos y manos a través de la ventana frontal.

El tráfico de personas al derredor del gabinete deberá mantenerse al mínimo con tal de evitar perturbaciones del flujo laminar frontal.

El gabinete deberá encenderse cinco minutos antes de trabajar y permanecer encendido al menos cinco minutos al término del trabajo dentro de él para permitir la estabilización del flujo laminar y la depuración completa de aerosoles, respectivamente.

Es conveniente esperar aproximadamente un minuto después de introducir las manos en la cámara del gabinete antes de comenzar a manipular el material biológico, tiempo durante el cual la cortina de aire laminar frontal se estabiliza brindando la máxima protección posible.

El investigador deberá evitar retirar los brazos del gabinete frecuentemente para eliminar desechos o introducir utensilios. Los utensilios necesarios deberán introducirse una sola vez y al principio de las actividades mientras que los residuos deberán ser eliminados una sola vez y al final de las actividades.

La mayoría de los gabinetes de seguridad biológica están diseñados para funcionar las 24 horas al día. Si bien la operación continua de los gabinetes es muy recomendable para laboratorios BSL-3 y BSL-4, el impacto económico (impuesto por el consumo eléctrico de los motores, por los recambios frecuentes de filtros y el mantenimiento del

equipo) vuelven contraproducente esta práctica para laboratorios de BSL-2 y algunos BSL-3.

El paño frontal de cristal del gabinete de seguridad biológica no deberá abrirse por encima de la altura recomendada por el fabricante.

Una vez que el gabinete de seguridad biológica haya pasado por los 10 minutos de descontaminación ultravioleta, el investigador deberá encender el soplador del gabinete y abrir el paño frontal hasta la altura adecuada. Se le deberá permitir 5 minutos para estabilizar flujos dentro del gabinete antes de realizar cualquier procedimiento. Durante este tiempo se pueden introducir los diferentes utensilios y material de trabajo que sean necesarios para las actividades a realizar.

Los gabinetes de seguridad biológica de clase II se encuentran equipados con una alarma audio-visual que es activada cuando el flujo de aire a través de la apertura frontal disminuye por debajo del valor mínimo permitido para brindar protección al personal; ésto usualmente resulta de la apertura excesiva del paño frontal. Esta alarma **NO DEBERÁ SER SILENCIADA**, deberá corregirse la altura del paño frontal hasta que la alarma se apague automáticamente.

Los procedimientos realizados dentro de los gabinetes se deberán apegar de manera estricta a técnicas asépticas con tal de evitar la contaminación de los biospecímenes y materiales. Todo material estéril que entre en contacto con cualquier superficie fuera de la intencionada será reemplazado y/o desechado.

Todo procedimiento realizado dentro del gabinete de seguridad biológica deberá llevarse a cabo en el centro y lo más lejos de la apertura frontal del mismo para asegurar la máxima protección personal.

La rejilla perforada localizada en el piso del área de trabajo de los gabinetes de clase II inmediatamente detrás de la apertura frontal jamás debe ser obstruida con toallas o material ya que el flujo laminar frontal depende de que se encuentre despejada. Todos los materiales y utensilios que deban introducirse al gabinete deberán colocarse lo más cercano a la pared posterior que sea posible sin obstaculizar la rejilla perforada posterior.

Las actividades y procedimientos realizados dentro del gabinete deberán realizarse de tal forma en que se respete una separación imaginaria de las dos mitades del interior del gabinete, una dedicada a objetos estériles y limpios (mitad izquierda para diestros) y la otra mitad (derecha) dedicada a objetos y utensilios contaminados.

El supervisor del laboratorio se responsabilizará de idear una lista de reactivos, consumibles y materiales para cada procedimiento específico a realizar dentro del gabinete de seguridad biológica para facilitar la preparación de labores y minimizar la perturbación del flujo de aire del gabinete una vez iniciadas las actividades dentro de él.

Los recipientes con NaOCl al 0.5% destinados a descontaminar líquidos o desechos biológicos al igual que aquellos destinados a descontaminar pipetas reutilizables deberán colocarse del lado derecho del gabinete (lado contaminado) y hacia el fondo del mismo. Las micropipetas, pipeteadores automáticos, puntas de micropipetas, tubos limpios y medios de cultivo deberán colocarse en la mitad limpia del gabinete (mitad izquierda en el caso de usuarios diestros ya que este lado es el que menos tráfico recibe durante las actividades dentro del gabinete). Esta disposición del área de trabajo deberá invertirse para investigadores zurdos.

Las pipetas serológicas de cristal estériles deberán colocarse dentro del gabinete de seguridad biológica en sus envoltorios individuales y lejos de las pipetas usadas o no estériles. Las pipetas usadas reutilizables deberán ser colocadas en un recipiente **HORIZONTAL** y no vertical con NaOCl al 0.5% dentro del gabinete de seguridad biológica y retiradas del mismo al terminar las actividades dentro del gabinete. Las pipetas serológicas sucias no deberán retirarse nunca del gabinete sin antes haber sido desinfectadas ni deberán colocarse fuera del gabinete para su esterilización.

Cuando sea necesario retirar y colocar la tapa de un recipiente de cultivo o medio de cultivo en el interior del gabinete de seguridad biológica se deberá procurar colocarla de lado y nunca hacia arriba o hacia abajo sobre la superficie.

La superficie de cualquier utensilio u objeto que deba introducirse al gabinete de seguridad biológica deberá descontaminarse con etanol al 70% antes de introducirse al gabinete para actividades de trabajo estéril. Igualmente, al final de la sesión de trabajo frente al gabinete se deberá descontaminar la superficie de todo material, frasco, instrumento o equipo introducido al mismo con etanol al 70%.

Las lámparas germicidas ultravioletas localizadas en el interior de los gabinetes de seguridad biológica deberán encenderse 10 minutos antes y después de cualquier procedimiento que implique la manipulación de agentes patógenos o bioespecímenes. Durante el tiempo que las lámparas ultravioletas se encuentren encendidas se deberá cerrar la ventana frontal del gabinete completamente y desocupar el laboratorio o las áreas inmediatamente aledañas al gabinetes y colocar un señalamiento que indique que la fuente de radiación ultravioleta se encuentra encendida (figura 13).

Las lámparas ultravioletas de los gabinetes de seguridad biológica deberán limpiarse una vez al mes con un paño humedecido en etanol al 70% para eliminar el polvo y la suciedad que pudieran haber acumulado y que pudieran bloquear la eficacia germicida de la luz.



Figura 13. Señalamiento de peligro indicativo del riesgo de exposición a luz ultravioleta.

Queda prohibido introducir mecheros Bunsen a los gabinetes de seguridad biológica ya que perturban el flujo laminar del aire en su interior y pueden incendiar el filtro HEPA, siendo preferible el uso de asas de inoculación estériles o micro-incineradores electrónicos encapsulados.

Nunca se deberán introducir materiales sucios o no descontaminados al gabinete de seguridad biológica, incluso cuando no se trabajará con cultivos celulares o con procedimientos que demanden de técnica aséptica ya que ello incurre en el riesgo de introducir esporas al gabinete las cuales se pueden alojar en el filtro HEPA y contaminar cultivos o bioespecímenes cuando sea necesario emplear técnicas asépticas.

La superficie interna de los gabinetes (pared posterior, paredes laterales y porción trasera del paño de vidrio frontal) deberá descontaminarse antes y después de cada uso con etanol al 70% procedimiento que se deberá realizar únicamente con el soplador del gabinete encendido. Queda a discreción del investigador considerar la descontaminación del interior del gabinete de seguridad biológica con NaOCl al 0.1% al final de sus actividades. Dicho procedimiento deberá mantenerse al mínimo y esencialmente limitarse a la remediación de derrames biológicos ya que el NaOCl corroe al acero inoxidable, lo que reduce la vida útil del gabinete. De llegar a ser necesario descontaminar su interior con NaOCl, tras 30 minutos se deberá enjuagar su interior con un paño desechable humedecido en agua y posteriormente con un paño humedecido en etanol al 70%.

Se podrán colocar toallas desechables en la superficie de trabajo interior del gabinete siempre y cuando no se obstaculicen las perforaciones de la parrilla frontal y trasera. El empleo de toallas absorbentes minimiza la dispersión de aerosoles y facilita la remediación de derrames que pudieran llegar a ocurrir.

Aquellos gabinetes adaptados con puertos de succión deberán hacer uso de matraces de recolección de 2 litros de capacidad conectados en tándem (en serie) para descontaminar los efluvios líquidos. El primer matrás deberá contener 500 ml de NaOCl al 5% (concentración doméstica) mientras que el segundo matrás servirá de respaldo en caso de que se supere el volumen del primero. El contenido de dichos matraces podrá ser eliminado directamente a la cañería del laboratorio siempre y cuando se le haya permitido un período de contacto de al menos 20 minutos.

Al destapar algún recipiente dentro del gabinete de seguridad biológica, las tapas se colocarán de lado y nunca boca arriba (donde contaminan manos y mangas del investigador) ni boca abajo (donde contaminan la superficie y el contenido del frasco). Al abrir cajas Petri dentro del gabinete la tapa deberá mantenerse por encima de la superficie del agar para evitar el impacto directo del aire en su superficie.

Todos los consumibles o desechables que entren en contacto con biospecímenes o muestras clínicas deberán ser colocados en NaOCl al 0.5% y/o esterilizados en autoclave antes de lavar, reutilizar o desechar, dependiendo del nivel de riesgo biológico con el que se encuentre trabajando.

Los consumibles plásticos deberán desecharse en un solo contenedor localizado en el interior del gabinete, las puntas de micropipeta, tapas de tubos evacuados, tubos evacuados y demás material de pequeño tamaño deberá descartarse preferentemente hacia un contenedor de punzocortantes **SIN** NaOCl en su interior. Dicho contenedor será tapado al término de la sesión y permanentemente cerrado al llenarse con material desechado. Las pipetas de transferencia de mayor tamaño deberán colocarse en el mismo contenedor horizontal empleado para recolectar las pipetas serológicas y sumergidas (dentro del gabinete) en NaOCl al 0.5%.

No se deberán pegar bolsas de recolección de residuos biológicos al frente del gabinete, los desechos contaminados por material biológico que sean sólidos y no sumergibles en NaOCl como el papel, toallas o gasas deberán recolectarse en un recipiente dentro del gabinete y posteriormente colocados en la bolsa de residuos biológicos del laboratorio al término de la sesión de trabajo frente al gabinete.

Al terminar las actividades dentro del gabinete de seguridad biológica, se tapan y limpiarán todas las cajas, tubos y materiales de laboratorio que deban ser retirados del interior del mismo, incluyendo los contenedores de punzocortantes, los de desechos biológico-infecciosos y los recipientes de pipetas reutilizables con etanol al 70%.

Todos los residuos biológico-infecciosos generados en el interior del gabinete de seguridad biológica serán sometidos a esterilización en autoclave o por sumersión en NaOCl al 0.5% y posteriormente colocados en las bolsas de desechos biológico-infecciosos.

Si se utilizó el puerto de vacío localizado en el interior del gabinete se procederá a enjuagar el interior de la tubería con al menos 100 mL de NaOCl al 0.5%

Cuando sea necesario introducir otros equipos, instrumentos o aparatos al gabinete de seguridad biológica se deberá descontaminar el exterior con etanol al 70% y colocar dicho aparato sobre bloques de metal o plástico de modo que no se perturbe el flujo de aire alrededor y por debajo del mismo.

Cuando sea necesario colocar una plancha caliente o microcentrífuga dentro del gabinete de seguridad biológica se deberá procurar colocarla hasta el fondo y lo más alejado del paño frontal de cristal como sea posible. En términos generales, es preferible no introducir aparatos voluminosos que perturben el flujo de aire del gabinete.

El gabinete de seguridad biológica no será empleado como campana de extracción química ni para la manipulación de sustancias volátiles, radioactivas o explosivas. La manipulación de sustancias volátiles, inflamables o radiactivas

dentro de gabinetes recirculantes deberá prohibirse dado el riesgo de intoxicación, explosión e incendio que ello implica.

El cambio de filtros HEPA de gabinetes de seguridad biológica empleados para la manipulación de tejidos animales infectados por encefalopatías espongiformes transmisibles deberá realizarse de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- Retirar el filtro principal de la cámara interna mientras el gabinete se encuentra encendido para evitar la contaminación de los ductos de alimentación.
- Rociar la superficie de papel del filtro con laca epóxica o pintura en spray o incluso con fijador de cabello en spray para fijar las partículas al filtro.
- Envolver el filtro HEPA en doble bolsa de uso rudo color rojo etiquetada como desecho biológico infeccioso antes de retirarlo del laboratorio.
- Incinerar el filtro HEPA a 1000 °C en horno cementero o alto horno de fundidora.

La manipulación de sustancias volátiles, tóxicas y explosivas deberá realizarse en campanas de extracción y no en gabinetes de seguridad biológica. Únicamente está permitido trabajar con cantidades minutas (menos de 10 mL) de sustancias tóxicas, volátiles o flamables dentro de gabinetes de seguridad biológica cuando el aire de salida sea expulsado hacia el exterior del edificio del laboratorio.

Los gabinetes de seguridad biológica de clase II podrán emplearse para manipular sustancias carcinógenas y para la preparación de fármacos inmunomoduladores, quimioterapéuticos o antineoplásicos.

Los gabinetes de seguridad biológica clase II no deberán ser empleados para radiomarcas materiales biológicos con isótopos volatilizables como el yodo-125 (I^{125}) a menos de que se encuentren ductadas hacia el exterior y acopladas a un filtro HEPA y de carbono activado.

Los gabinetes de seguridad biológica que cumplan con los requisitos para el trabajo con radioisótopos podrán complementarse con pantallas blindadas pero transparentes que protejan al investigador de la emisión beta siempre y cuando sean del tipo vertical pero **no del tipo inclinado**. Las pantallas verticales no perturban el flujo laminar del aire mientras que las inclinadas desvían el flujo de aire hacia el exterior, lo que compromete la protección biológica brindada por el gabinete.

Los gabinetes de seguridad biológica que sí sean empleados para manipular bioespecímenes radiomarcados deberán ser sometidos al escrutinio radiológico al final de cada sesión frente al gabinete empleando un contador Geiger apropiado para el tipo de emisión.

5.7.3 Cuartos limpios y cuartos de cultivo celular/tisular.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los investigadores que hagan uso de cuartos limpios o de cuartos de cultivo celular/tisular deberán esmerar precauciones y su técnica aséptica para asegurar la integridad y esterilidad de los bioespecímenes a manipular en su interior.

Los cuartos limpios y los cuartos de cultivo celular/tisular a diferencia de los laboratorios de contención BSL-3 o BSL-4 se encuentran presurizados positivamente para disminuir la posibilidad de que ingrese polvo o aire sucio al mismo. En términos generales su uso se restringe a la manipulación de material de bajo o nulo riesgo biológico y

para la manipulación de algunas piezas electrónicas y nanoestructuras.

Dichos cuartos se encuentran separados del resto del laboratorio por un transfer en el cual los investigadores pueden cambiarse de ropa o colocarse trajes limpios desechables o reutilizables, botas, gorros y mascarillas cubrebocas o respiradores. Los investigadores deberán colocarse la indumentaria apropiada según las regulaciones locales establecidas por el supervisor del laboratorio.

Toda persona involucrada en actividades dentro del cuarto de cultivo tisular, deberá usar el cabello corto o portar un gorro de elástico desechable en todo momento.

Al ingresar al transfer y antes de ingresar al cuarto limpio o al cuarto de cultivo celular/tisular se deberán seguir los siguientes pasos destinados a asegurar la limpieza y esterilidad del interior del mismo:

- 1) Retirarse la bata de uso general y colgarla por fuera del transfer.
- 2) Asegurarse de que ambas puertas se encuentran completamente cerradas.
- 3) Lavarse las manos con agua y jabón.
- 4) Colocarse el traje de cultivo reutilizable o desechable.
- 5) Colocarse el cubrecalzado.
- 6) Colocarse el gorro y el cubreboca, en este orden.
- 7) Colocarse los guantes de látex o nitrilo.

Los investigadores que hagan uso de cuartos limpios deberán mantener abastecidos los frascos aspersores de soluciones de descontaminación rutinaria (uno de NaOCl al 0.1% y otro con etanol al 70%) al igual que el *estuche de remediación y descontaminación biológica* correspondiente (ver Capítulo 11 Descontaminación y Remediación, sección 11.2).

Diariamente, al inicio y al final de la jornada laboral, se deberán limpiar las áreas de trabajo del cuarto de cultivo celular/tisular con etanol al 70%.

No deberán introducirse artículos innecesarios al cuarto de cultivo celular/tisular, incluyendo guantes, gorros, instrumentos o micropipetas que hayan sido empleados fuera del mismo.

Únicamente deberán introducirse pipetas o puntas e micropipetas nuevas a frascos de cultivo o viales de suplementos de cultivo tisular estériles. Jamás se deberá reabordar un frascos de cultivo o vial de suplemento estéril con una pipeta o punta de micropipeta que haya sido empleada para otro o el mismo procedimiento previamente.

Todos los frascos con medio de cultivo o suplementos deberán ser inspeccionados periódicamente en busca de la presencia de turbidez, opacidad o películas biológicas en su superficie que pudieran indicar su contaminación. Adicionalmente, se colocarán frascos de control negativo en el interior de la incubadora durante al menos tres días para evaluar la esterilidad de los reactivos y consumibles empleados. El resultado de esta evaluación deberá ser documentado en la bitácora correspondiente.

Para reducir el riesgo de contaminación, se deberá evitar compartir frascos de medio de cultivo, frascos de suplemento de cultivo, alícuotas celulares o soluciones de trabajo entre investigadores.

El cuarto de cultivo tisular solamente podrá ser ocupado por dos personas al mismo tiempo con el objeto de mantener al mínimo las perturbaciones al flujo de aire laminar aportado por el gabinete de seguridad biológica. El transfer que brinda acceso al cuarto de cultivo celular/tisular deberá permanecer bajo llave mientras se encuentre desocupado o cerrado el laboratorio.

El transfer o antesala al cuarto limpio o del cuarto de cultivo celular/tisular ha sido diseñado para disminuir las posibilidades de sea contaminado. Por ello no deberá abrirse la puerta interna que brinda acceso al cuarto de cultivo tisular sino hasta que la puerta de acceso al transfer haya sido completamente cerrada.

No se permitirá el ingreso de personas al cuarto de cultivo celular/tisular mientras alguien se encuentre realizando procedimientos frente al gabinete de seguridad biológica, la apertura de la puerta de acceso podría perturbar el flujo laminar de aire que protege al operario y muestras.

El tránsito de personas dentro del cuarto de cultivo tisular se mantendrá al mínimo mientras se encuentre encendido el gabinete de seguridad biológica o abierta la puerta de la incubadora.

Al momento de terminar las actividades dentro del cuarto de cultivo celular/tisular y antes de abandonar el mismo se deberán verificar los parámetros de la incubadora, apagar todo aparato electrónico no indispensable y verificar el cierre completo de la válvula de gas natural (tubo amarillo).

Al abandonar el cuarto de cultivo celular/tisular se deberán atender los siguientes pasos:

- 1) Cerrar completamente bien la puerta de acceso al cuarto de cultivo celular/tisular.
- 2) Retirarse los guantes, el cubrecalzado y la mascarilla cubreboca y desecharlos en el bote de RESIDUOS BIOLÓGICOS localizado en el interior del transfer.
- 3) Retirarse el traje de cultivo y desecharlo o colocarlo en el sitio correspondiente para su reutilización.
- 4) Lavarse las manos con agua y jabón.
- 5) Registrar su entrada y salida en la bitácora correspondiente.

Los guantes de látex que sean empleados dentro del gabinete de seguridad biológica no deberán ser empleados para tocar otros instrumentos o aparatos localizados fuera del cuarto de cultivo tisular, deberán ser desechados en el bote de basura localizado en el transfer a su salida. No deberá manipularse el exterior de la puerta de acceso al transfer con los guantes empleados dentro del cuarto de cultivo tisular.

Ninguna persona deberá permanecer dentro de los cuarto de cultivo celular/tisular durante los ciclos de descontaminación automáticos que hagan uso de gases tóxicos o lámparas germicidas. Los ciclos de desinfección/descontaminación basados en radiación ultravioleta deberán programarse a partir de las 0:00 hrs. y hasta las 05:00 hrs. Durante este período las lámparas ultravioletas se deberán encender cada 15 minutos por un lapso de 15 minutos.

Esta prohibido introducir artículos de oficina al cuarto de cultivo tisular, los protocolos de referencia serán enmicados y el plástico descontaminado antes de introducirlos al mismo. Los protocolos enmicados podrán ser pegados al frente del gabinete de seguridad biológica y bajo ningún motivo serán introducidos al mismo.

5.7.4 Centrífugas.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las centrífugas siempre deberán ser operadas con la tapa cerrada y haciendo uso de las tapas de contención de aerosoles, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

El interior de la centrífuga, el rotor, las cubetas, tapas y ejes deberán ser inspeccionados antes y después de las corridas diarias en busca de fracturas, suciedad o corrosión.

Las cubetas, tapas de contención de aerosoles y rotores deberán ser descontaminados al término de las actividades diarias por el mismo investigador que las utilizó para centrifugar. Para ello se lavarán con agua tibia y una solución de jabón detergente diluida empleando una esponja de material sintético (no utilizar fibra metálica) y posteriormente enjuagada con agua destilada y etanol al 70%. **¡No deberán usarse soluciones de NaOCl para descontaminar las piezas metálicas de las centrífugas dado el riesgo de corrosión que implica!** Las piezas lavadas deberán colocarse a secar antes de volver a usarlas dentro de la centrifuga.

Las centrifugas deberán colocarse en un sitio que permita la visualización de su interior a la hora de cargar o descargar las cubetas y tubos de tal manera en que se minimice la necesidad de accidentes punzocortantes tras la posible ruptura de tubos durante la corrida de centrifugación.

Únicamente deberán emplearse tubos de plástico, metal o vidrio diseñados específicamente para centrifugar.

Los tubos y los recipientes para muestras deberán estar bien cerrados antes de someterse a centrifugación.

Las canastas de las centrifugas deberán cargarse de manera balanceada para evitar vibraciones innecesarias que pudieran comprometer la integridad de la muestra o el correcto funcionamiento del aparato.

Las canastas, tapas de contención de aerosoles y tubos de centrifugas deberán ser colocados y removidos **ÚNICAMENTE** dentro del gabinete de seguridad biológica de clase II cuando sean empleados para procesar muestras clínicas o biospecímenes.

Al hacer uso de rotores de ángulo fijo se deberá respetar el espacio entre el nivel del líquido y el borde externo de cada tubo de centrifugación para evitar derrames.

Cuando sea necesario usar tubos de contrabalanceo se deberá emplear agua destilada. No se deberán usar otros tipos de líquidos (solventes de otro tipo, hipoclorito, detergentes líquidos o solución salina) para contrabalancear el rotor debido a que su ruptura pudiera condicionar la corrosión o contaminación del interior de la centrifuga.

El interior de la cubeta, el rotor y los adaptadores de la centrifuga deberán inspeccionarse en base diaria en búsqueda de manchas, suciedad, grietas o corrosión. Si éstas son manifiestas, se deberán evaluar tanto los protocolos de centrifugación empleados como las actividades de los usuarios para remediar la situación.

Las centrifugas deberán ser supervisadas en todo momento. El ciclo de operación deberá ser abortado inmediatamente ante cualquier indicio de desbalance o ruido anómalo. El supervisor del laboratorio deberá ser enterado inmediatamente de cualquier anomalía ocurrida durante o al término de las corridas de centrifugado.

5.7.5 Refrigeradores.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los refrigeradores, congeladores y ultracongeladores deberán ser monitoreados periódicamente para registrar la temperatura promedio, la temperatura más baja y la temperatura más elevada alcanzada durante las últimas 24 horas y de manera diaria (con la posible excepción de los fines de semana) con tal de asegurar la identificación de problemas tempranamente y salvaguardar la integridad de los biospecímenes.

Deberá asignarse un refrigerador exclusivo para el almacenamiento de material biológico de nivel de bioseguridad 3 o superior. Este refrigerador deberá ser colocado dentro del laboratorio BSL-3 cuando exista o resguardado con candado. Todo cuarto de cultivo o laboratorio de contención biológica deberá estar equipado con su propio refrigerador de uso exclusivo.

Todos los recipientes almacenados en refrigeradores y congeladores deberán llevar etiquetas claras que indiquen el nombre del usuario, su contenido, la fecha de almacenamiento y el riesgo biológico implícito. En caso de que el tamaño del recipiente no permita incluir todos estos datos, éstos deberán anotarse en el registro general de usuarios y vincularse al recipiente a través de un identificador único (ver tabla 1).

Antes de ser desechados, los materiales, cajas o viales que no posean etiquetas deberán descontaminarse/esterilizarse en autoclave y posteriormente desecharse como residuos biológico infecciosos.

No está permitido almacenar solventes orgánicos o líquidos inflamables en los refrigeradores, congeladores o

ultracongeladores dado el riesgo de explosión que esto conlleva (a menos de que el refrigerador cumpla con los requisitos de diseño ingenieril apropiados para el almacenamiento de material inflamable o explosivo).

Las puertas de los refrigeradores, congeladores y ultracongeladores no deberán permanecer abiertas de manera innecesaria mientras se buscan, introduce o retiran muestras. Esta indicación es especialmente importante en relación a los ultracongeladores.

Queda estrictamente prohibido almacenar alimentos o bebidas de consumo humano dentro de los refrigeradores/congeladores del laboratorio; para ello se asignará un refrigerador específico localizado fuera del laboratorio y en el área de esparcimiento correspondiente. Esta misma indicación aplica para el uso de hornos de microondas del laboratorio.

Queda **ESTRICTAMENTE PROHIBIDO** desconectar el suministro eléctrico a los refrigeradores, congeladores y ultracongeladores sin autorización explícita por parte del supervisor del laboratorio.

Cualquier interrupción en el suministro eléctrico de los refrigeradores, congeladores y ultracongeladores deberá ser reportado inmediatamente al supervisor de laboratorio para activar los procedimientos de abastecimiento eléctrico de emergencia institucionales que permitan salvaguardar las integridad de los bioespecímenes.

No se almacenarán muestras clínicas y líneas celulares en la misma repisa del congelador. Igualmente, no se almacenarán muestras de DNA y productos de PCR en el mismo congelador. De manera ideal el laboratorio deberá estar equipado con equipo de refrigeración redundante y dedicado al almacenamiento de tipos especiales de reactivos/especímenes de tal manera en que las muestras de DNA y RNA no sean almacenadas en el mismo equipo, igualmente para muestras celulares y líneas celulares, reactivos de PCR y productos de PCR o plásmidos, etc.

En el exterior de cada refrigerador se colocarán etiquetas que indiquen el nombre o número del refrigerador, su nivel de bioseguridad máximo y una tabla que indique que tipo de sustancias pueden y no pueden almacenarse en su interior. Así mismo se deberá anexar la tabla de registro de temperaturas y contenido con tal de facilitar su seguimiento y almacenamiento.

Se deberá evitar el uso de refrigeradores o ultracongeladores libres de escarcha ya que incurren en el riesgo de deshidratar las muestras, reactivos y demás materiales líquidos que son colocados en su interior.

5.7.6 Homogeneizadores y sonicadores.

[Regresar al índice de contenido](#)

El uso de homogeneizadores tisulares domésticos en laboratorios BSL-2 o superiores está proscrito debido al riesgo de formación de aerosoles que su uso conlleva. Solamente deberán emplearse homogeneizadores a prueba de aerosoles específicamente diseñados para tal propósito.

Los homogeneizadores y sonicadores que sean empleados para procesar muestras biológicas contaminadas por patógenos clasificados bajo el grupo de riesgo 3 (ver tabla 9) únicamente deberán ser cargados, manipulados, operados y destapados dentro de gabinetes de seguridad biológica de clase II.

Los homogeneizadores y sonicadores que sean empleados para procesar muestras biológicas contaminadas potencialmente contaminadas por patógenos del grupo de riesgo 2 o inferiores deberán ser operados dentro de una cubierta sólida de policarbonato (Lexán™) para brindar protección adicional de aerosoles y ruido. Dicha cubierta deberá ser lavada con agua y jabón seguido de su descontaminación con una solución de NaOCl al 0.5% al término de las actividades.

El exterior de los homogeneizadores y sonicadores deberá ser descontaminado empleando un paño húmedo

empapado en NaOCl al final de su uso seguido de su limpieza con un paño humedecido en etanol al 70%. En algunos casos pudiera ser incluso necesario descontaminarlos por fumigación empleando formaldehído o una solución compatible en conjunto con los procedimientos de fumigación de los cuartos o laboratorios de contención BSL-3 o BSL-4.

5.7.7 *Incubadoras.*

[Regresar al índice de contenido](#)

Las puertas de la incubadora no deberán permanecer abiertas de manera innecesaria o durante períodos prolongados.

Los derrames de líquidos biológicos que ocurran dentro de la incubadora deberán ser absorbidos con toallas de papel. Las superficies internas y los accesorios de la incubadora deberán ser descontaminados de acuerdo al protocolo descrito abajo.

El reservorio de agua de la incubadora deberá ser monitoreado de manera periódica para detectar la presencia de contaminantes biológicos en cuyo caso **TODO** el interior de la incubadora deberá ser limpiada según el **PROTOCOLO DE DESCONTAMINACION DE LA INCUBADORA:**

NOTA: No se deberá emplear Brasso™ ni Soluciones de Hipoclorito de Sodio para descontaminar el interior de la incubadora o sus accesorios.

La presión primaria del cilindro de CO₂ que alimenta a la incubadora deberá ser monitoreada y documentada de manera periódica en la bitácora correspondiente. La presión del lado secundario del regulador de CO₂ no deberá exceder a los 0.03 MPaG (0.3 kgf/cm²G o 4.3 psiG).

La incubadora será lavada periódicamente (cada dos meses a diferencia de lo estipulado por el manual del fabricante) siguiendo el mismo protocolo de descontaminación mencionado con anterioridad.

5.8 Manipulación de muestras clínicas y bioespecímenes.

[Regresar al índice de contenido](#)

Se seguirán siempre las precauciones universales al recolectar, manipular y transportar las muestras clínicas.

Los contenedores de muestras biológicas deberán ser robustos, herméticos y a prueba de ruptura bajo las condiciones de manejo habitual. Las muestras de material biológico clasificado dentro del grupo de riesgo 3 y 4 deberán ser colocadas en un envase primario de plástico grueso el cual a su vez deberá colocarse en un contenedor secundario de metal o plástico resistente a la ruptura bajo condiciones de manejo extremas.

Los recipientes secundarios deberán permitir (e indicar en su exterior) el transporte en posición vertical de la muestra. Deberán contener material absorbente que retenga el material biológico transportado en el contenedor primario.

Los contenedores secundarios empleados para el transporte de material biológico clasificado en el grupo de riesgo 3 o superior deberán contener además solución de NaOCl al 0.1 o 0.5% suficiente para descontaminar inmediatamente cualquier fuga del contenedor primario.

El exterior de los frascos y contenedores de muestras biológicas deberá ser descontaminado con NaOCl al 0.1 o 0.5% al momento de cerrarlos y posteriormente enjuagados con etanol al 70%. Las tapas deberán permitir un cierre hermético.

Los contenedores de material biológico deberán poseer una etiqueta externa que indique la naturaleza del material contenido, su nivel de bioseguridad, fecha y laboratorio de origen. Cuando el tamaño del frasco no permita incluir

estos datos, se deberán anexar en una hoja separada la cual será colocada en un sobre plástico a prueba de agua que deberá acompañar al frasco que contiene a la muestra. La hoja y el sobre de plástico no deberán envolverse alrededor del frasco.

La toma de sangre de personas y animales estará a cargo de personal capacitado. En las flebotomías, los sistemas convencionales de aguja y jeringuilla se sustituirán por dispositivos de seguridad de uso único que permitan recoger la sangre directamente en tubos de transporte o de cultivo al vacío.

Los tubos que contengan muestras clínicas deberán transportarse de acuerdo a los lineamientos anteriormente descritos. Los formatos de consentimiento informado o formatos de captura de información se almacenarán por separado de las muestras clínicas de tal manera en que no sea posible asociar una muestra con datos personales de los donadores en caso de pérdida o accidente.

Aquellos laboratorios que reciban de manera rutinaria un gran volumen de muestras clínicas o biospecímenes deberán asignar un área específica para su recepción y documentación.

El personal administrativo asignado a las actividades de recepción y documentación de muestras clínicas y biospecímenes tiene prohibido abrir los envases primarios o secundarios al igual que los sobres con formatos de captura de información, datos personales y/o consentimientos informados.

Se deberán usar guantes de látex para extraer los tubos de muestras clínicas de las cajas de transporte, procedimiento que **ÚNICAMENTE** se realizará en el área de trabajo específicamente designada para tal. En esta misma área se procederá a verificar la integridad de los envases primarios (aquellos que directamente contienen la muestra) y a descontaminar su exterior con Etanol al 70%. Los tubos de muestras clínicas deberán abrirse **ÚNICAMENTE** dentro del GSB previa descontaminación del exterior de los mismos.

La apertura de tubos evacuados con muestras de sangre entera anticoagulada deberá realizarse con una gasa con el objeto de minimizar las salpicaduras.

La manipulación de muestras clínicas derivadas de epitelios respiratorios deberá realizarse SIEMPRE bajo condiciones de nivel de bioseguridad 3 y en apego a las prácticas de laboratorio para un nivel de bioseguridad 3 debido a que los aerosoles constituyen la principal ruta de transmisión de patógenos virales emergentes.

Los sobrantes de muestras clínicas o biospecímenes que resulten del procesamiento deberán ser descontaminados por inmersión en NaOCl al 0.5% o con autoclave antes de ser desechados por el laboratorio. Los tubos evacuados tanto de cristal como los de plástico deberán ser desechados hacia cajas de punzocortantes biológico infecciosos sin destapar e incinerados ya sea localmente o por una compañía de manejo de desechos acreditada.

El procedimiento de extracción y procesamiento de suero sanguíneo humano deberá ser realizado únicamente por personal entrenado en flebotomía y precauciones frente a muestras sanguíneas.

La fijación y tinción de frotis sanguíneos, esputo y muestras fecales sobre laminillas de microscopía no esteriliza su contenido por lo que dichas laminillas deberán ser descontaminadas y esterilizadas antes de desecharse.

Se preferirá la fijación tisular de tejidos animales basada en formaldehído en vez de emplear soluciones alcohólicas.

El uso del criomicrotomo deberá reducirse al mínimo indispensable. Los criomicrotomos deberán estar equipados con pantallas de protección y los usuarios de los criomicrotomos deberán hacer uso de caretas faciales o goggles y protección respiratoria. Los criomicrotomos deberán descontaminarse a temperatura ambiente (por lo menos 20°C).

5.9 Manipulación de líneas celulares o tejidos animales.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los principales riesgos biológicos planteados por la manipulación de células, tejidos o líneas celulares animales dentro del laboratorio derivan de la posible presencia de agentes transmitidos por sangre como el virus de la hepatitis B (HBV), virus de la inmunodeficiencia (HIV y SIV), virus de la hepatitis C (HCV), virus linfocitotrópico (HTLV), virus de Epstein-Barr (EBV), papilomavirus humanos (HPV) y citomegalovirus (CMV) al igual que por el potencial que tienen de albergar agentes exóticos menos comunes como *Mycobacterium tuberculosis*, filovirus, flavivirus, etc.

Toda celular, tejido o línea celular animal deberá manipularse en apego a las precauciones universales previamente mencionadas, en condiciones de bioseguridad BSL-2 y de acuerdo a las prácticas de laboratorio BSL-2 a menos de que la naturaleza del animal o agente patógeno potencial indique la necesidad de incrementar las precauciones.

El personal de laboratorio involucrado en la manipulación de muestras biológicas animales deberá aportar una muestra de suero basal para la evaluación de posibles exposiciones ocupacionales a patógenos y recibir el esquema de vacunación contra el virus de la hepatitis B u otros disponibles.

El personal involucrado en la manipulación de muestras biológicas animales deberá ser objeto de evaluaciones médicas periódicas para determinar la existencia de infecciones adquiridas dentro del laboratorio. Así mismo, el personal deberá portar en todo momento una identificación médica que indique al médico tratante de la posibilidad de dichas infecciones (ver figura 8).

Una fuente cada vez más común de patógenos humanos son las líneas celulares animales inmortalizadas, especialmente aquellas transformadas con el virus de Epstein-Barr (EBV), retrovirus simianos (SV-40) o papilomavirus humanos (HPV).

Cualquier célula o línea celular conocida por albergar secuencias nucleotídicas virales también constituye un riesgo biológico para el personal del laboratorio.

Los investigadores no deberán manipular bajo ninguna circunstancia células o líneas celulares autólogas por el riesgo de inmunotolerancia que implican ante inoculaciones accidentales.

Una fuente de riesgo particularmente notoria para la exposición a agentes priónicos son los preparados bovinos, especialmente sus concentrados proteicos.

Todo tejido neural derivado de animales afectados (o sospechosos de estar afectados) por encefalopatías espongiiformes transmisibles como humanos (enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob, el síndrome de Gerstmann-Sträussler-Scheinker, insomnio familiar fatal y kuru), ganado ovino (Scrapie o encefalopatía espongiiforme ovina), ganado bovino (enfermedad de las vacas locas o encefalopatía espongiiforme bovina), venados, renos y visones deberán manejarse bajo condiciones de contención biológica BSL-3. Además del tejido neural, varios estudios han reportado la presencia de medianas concentraciones de partículas priónicas en el bazo, timo, pulmón, nódulos y ganglios linfáticos y de pequeñas concentraciones de priones en músculo estriado y lengua.

Debido a que las partículas priónicas son particularmente resistentes a la destrucción, gran atención deberá prestarse para evitar la diseminación de tejidos o aerosoles potencialmente contaminados por lo que se preferirá trabajar con cristalería, consumibles e instrumental desechable en vez de reciclable.

Las precauciones especiales enumeradas a continuación buscan disminuir la posibilidad de ingestión o inyección de partículas priónicas derivadas de animales afectados o sospechosos de portar encefalopatías espongiformes transmisibles:

- Empleo exclusivo de equipo, instrumentos, consumibles e instrumental quirúrgico sin compartir con otros laboratorios o para otras actividades dentro del mismo laboratorio.
- Empleo de indumentaria (bata y delantal), guantes, gorros y respiradores N95 desechables.
- Empleo de guantes de malla metálica fina entre dos pares de guantes de látex, nitrilo o neopreno si se van a manipular, disecar o intervenir quirúrgicamente animales de riesgo. Estos guantes de malla deberán esterilizarse periódicamente en autoclave a 137 °C por 18 minutos o con 6 ciclos de 3 minutos sucesivos.
- Incineración de tejidos, órganos, células, medios de cultivo, consumibles, indumentaria y demás equipo de protección personal que haya sido empleado para la manipulación de tejidos potencialmente contaminados.
- Evitar el empleo de homogeneizadores de cualquier tipo en tejidos animales potencialmente infectados.
- Conducir cuanto procedimiento sea posible dentro de un gabinete de seguridad biológica de clase II o III.
- Considerar a los tejidos fijados en formalina como potencialmente infecciosos, sin importar el lapso de tiempo que hayan estado en contacto con la formalina.
- Las muestras histológicas derivadas de animales afectados por encefalopatías espongiformes transmisibles deberán inactivarse con ácido fórmico al 96% durante al menos una hora antes de considerarse seguros.
- Las superficies de trabajo y el interior de gabinetes de seguridad biológica podrán descontaminarse empleando NaOCl al 2% (aportando 20 g/l de cloro libre) durante una hora. Los priones son resistentes al paraformaldehído y a la radiación actínica o ultravioleta, no obstante los gabinetes deberán seguir siendo descontaminados por estos medios para eliminar a cualquier otro agente infeccioso no-priónico que pudiera haberse liberado de las muestras biológicas.
- Los instrumentos quirúrgicos metálicos y guantes de malla metálica empleados deberán sumergirse durante al menos una hora en una solución de NaOCl al 2% antes de someterlos a la esterilización por autoclave o irradiación ultravioleta.

El cambio de filtros HEPA de gabinetes de seguridad biológica empleados para la manipulación de tejidos animales infectados por encefalopatías espongiformes transmisibles deberá realizarse de acuerdo a los siguientes lineamientos:

- Retirar el filtro principal de la cámara interna mientras el gabinete se encuentra encendido para evitar la contaminación de los ductos de alimentación.
- Rocíar la superficie de papel del filtro con laca epóxica o pintura en spray o incluso con fijador de cabello en spray para fijar las partículas al filtro.
- Envolver el filtro HEPA en doble bolsa de uso rudo color rojo etiquetada como desecho biológico infeccioso antes de retirarlo del laboratorio.
- Incinerar el filtro HEPA a 1000 °C en horno cementero o alto horno de fundidora.

5.10 Manipulación de cultivos de hongos, bacterias y virus.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las asas de inoculación empleadas para procedimientos de cultivo en microbiología deberán poseer vástagos cortos (de no más de 6 cm de largo) y diámetros pequeños (no superiores a los 2 o 3 mm) para disminuir el riesgo de dispersar su contenido por salpicadura y para mantener su vibración al mínimo.

El riesgo de salpicar el contenido de las asas de inoculación al colocarlas sobre mecheros Bunsen deberá considerarse y forzar a los laboratorios a adoptar mecheros o micro-incineradores electrónicos cerrados para esterilizar las asas de transferencia. Así mismo, se deberá considerar el empleo de asas de inoculación desechables en vez de las reciclables.

Las áreas de trabajo que sean empleadas para procedimientos de microbiología (manipulación de cultivos, cepas bacterias congeladas o medios de transporte) deberán ser descontaminadas al término de las actividades con NaOCl al 0.5% u otro desinfectante adecuado para el tipo de patógeno.

5.11 Manipulación de sustancias inmunomoduladoras, quimioterapéuticas y antineoplásicas.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las sustancias inmunomoduladoras o mitógenas comúnmente empleadas para estimular o guiar la diferenciación de leucocitos o células animales como la fitohemaglutinina, concanavalina y factores de crecimiento pueden absorberse a través de la piel, por ingestión o por contacto con los ojos o mucosas y en algunos casos incluso por vía respiratoria. Además de ser causa de irritación de mucosas y piel, pueden ocasionar efectos teratogénicos sobre embriones y fetos humanos y ocasionar patologías hematológicas en casos severos.

En particular se deberán extremar las precauciones al manipular secuencias de ácidos nucleicos (particularmente DNA) codificantes para proteínas con funciones inmunoreguladoras o con funciones de regulación génica (proteínas con potencial oncogénico como los factores de transcripción, proteínas de unión a GTP, cinasas, factores de crecimiento, etc.) al igual que al manipular los productos biológicamente activos de la expresión génica (como RNA de interferencia o silenciamiento, hormonas de crecimiento, citocinas y toxinas).

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de los EEUUA emitió una clasificación revisada de medicamentos peligrosos para sustancias de uso terapéutico carcinógenas, teratógenas, asociadas a toxicidad reproductiva, asociadas a toxicidad orgánica a bajas dosis, genotóxicas o para aquellos fármacos estructuralmente asociados a ellas (tabla 14).

Tanto investigadores como trabajadores del área clínica y personal e enfermería corren el riesgo ocupacional de exponerse a agentes inmunomoduladores, quimioterapéuticos y antineoplásicos tóxicos por vía respiratoria, por contacto o por ingestión. Las siguientes actividades han sido asociadas a casos clínicos de intoxicación ocupacional y debieran ser consideradas de alto riesgo:

1. La reconstitución y dilución subsecuente de polvos o material liofilizado.
2. La expulsión de aire de jeringas cargadas con fármacos peligrosos.
3. Accidentes punzocortantes durante o tras la administración intramuscular, subcutánea o intravenosa de fármacos peligrosos.

4. El conteo de dosis individuales de pastillas, comprimidos o tabletas sin cubierta entérica.
5. La trituración de pastillas, comprimidos o tabletas para la preparación de dosis orales líquidas.
6. La compactación de polvos para formar pastillas, comprimidos o tabletas.

Tabla 14. Listado de fármacos catalogados como peligrosos por el National Institute for Occupational Safety and Health de los EUA, 1990.

Aldesleucina	Dinoprostona	Interferón alfa-n1	Progesterona
Alemtuzumab	Docetaxel	Interferón alfa-n3	Progestinas
Alitretinoína	Doxorubicina	Irinotecan HCl	Raloxifena
Altretamina	Dutasterida	Leflunomida	Raltitrexed
Amsacrina	Epirubicina	Letrozol	Ribavirina
Anastrozol	Ergonovina/metilergonovina	Acetato de leuprolida	Streptozocina
Trióxido de arsénico	Estradiol	Lomustina	Tacrolímús
Asparaginasa	Estramustina	Mecloretamina	Tamoxifen
Azacitidina	Estrógeno-progestina combinados	Megestrol	Temozolomida
Azatioprina	Estrógenos, conjugados	Melfalán	Teniposido
Bacilo Calmette-Guerin	Estrógenos, esterificados	Menotropinas	Testolactona
Bexaroteno	Estrona	Mercaptopurina	Testosterona
Bicalutamida	Estropipato	Metotrexato	Talidomida
Bleomicina	Etopósido	Metiltestosterona	Tioguanina
Busulfán	Exemestano	Mifepristona	Tiotepa
Capecitabina	Finasterida	Mitomicina	Topotecan
Carboplatina	Floxuridina	Mitotane	Citrato de toremifeno
Carmustina	Fludarabina	Mitoxantrona HCl	Tositumomab
Acetato de cetorelix	Fluorouracilo	Micofenolato mofetil	Tretinoína
Clorambucilo	Fluoximesterona	Nafarelina	Trifluridina
Cloranfenicol	Flutamida	Nilutamida	Trimetrexato
Gonadotropina coriónica alfa	Fulvestrant	Oxaliplatina	Triptorelina
Cidofovir	Gancicloviro	Oxitocina	Mostaza de uracilo
Cisplatino	Acetato de ganirelix	Paclitaxel	Valganciclovir
Cladribina	Gemcitabina	Pegaspargasa	Valrubicina
Colquicina	Gemtuzumab ozogamicina	Pentamidina	Vidarabina
Ciclofosfamida	Gonadotropina, coriónica	Pentostatina	Sulfato de vinblastina
Citarabina	Goserelina	Perfosfamida	Sulfato de vincristina
Ciclosporina	Hidroxiurea	Pipobromán	Vindesina
Dacarbazina	Ibritumomab tiuxetan	Isetionato de piritrexim	Tartrato de vinorelbina
Dactinomicina	Idarubicina	Plicamicina	Zidovudina
Daunorubicina HCL	Ifosfamida	Podofilox	
Denileukina	Mesilato de imatinib	Resina de podofilum	
Dienestrol	Interferón alfa-2a	Prednimustina	
Dietilstilbestrol	Interferón alfa-2b	Procarbazina	

Utilice doble guante de látex o nitrilo gruesos sin polvo para manipular, preparar o eliminar agentes quimioterapéuticos o inmunomoduladores de uso clínico o experimental. Inspeccione los guantes en busca de defectos o rupturas al momento de colocárselos y periódicamente (cada 15 minutos) mientras se preparan, resuspenden o eliminan sustancias quimioterapéuticas peligrosas.

Coloque el guante interno por debajo de la manga elástica de la bata Howie y el guante externo por encima de la misma para proteger la muñeca y el antebrazo de salpicaduras.

Cambie los guantes regularmente y cada 30 a 60 minutos cuando éstos estén siendo empleados para preparar agentes quimioterapéuticos o inmunomoduladores de uso clínico o experimental.

Retírense cuidadosamente y deséchense los guantes al recibir cualquier salpicadura evidente durante la preparación de agentes quimioterapéuticos o inmunomoduladores de uso clínico o experimental.

Utilice batas o delantales desechables para cada sesión de preparación, manipulación o eliminación de agentes quimioterapéuticos o inmunomoduladores de uso clínico o experimental.

Utilice respiradores de careta facial equipados con filtros químicos adecuados para el tipo de agente quimioterapéutico a administrar para remediar derrames o rupturas de bolsas de administración de medicamentos intravenosos.

6 Seguridad Molecular

[Regresar al índice de contenido](#)

Los termocicladores deberán someterse a evaluaciones de control de calidad de manera periódica (cada seis meses) empleando una PCR bien establecida y validada en el propio laboratorio y una muestra de DNA conocida (en calidad y éxito de amplificación). Los resultados de esta evaluación serán documentados en la bitácora de mantenimiento correspondiente.

Cada semana se deberán descontaminar las micropipetas empleadas para aplicaciones moleculares (particularmente aquellas empleadas para preparar PCR's y RT-PCR's) empleando una toalla desechable humedecida en NaOCl al 0.5% seguido de su lavado con una toalla humedecida en etanol al 70%. Finalmente, las micropipetas deberán esterilizarse bajo luz ultravioleta exponiendo cada lado de la misma durante 5 minutos a luz UV-C (sobre un transiluminador de onda corta o exponiéndolas a la luz ultravioleta de las lámparas germicidas de un gabinete de seguridad biológica).

Antes de iniciar la preparación de reacciones de amplificación/digestión enzimática de ácidos nucleicos, las áreas de trabajo deberán ser lavadas con etanol al 70% y al menos una vez a la semana (dependiendo de la carga de trabajo) lavadas con una solución jabonosa diluida y NaOCl al 0.1%.

6.1 Segregación de espacios y procedimientos.

[Regresar al índice de contenido](#)

De manera ideal todo laboratorio de biología molecular deberá contar con al menos cuatro áreas físicamente separadas destinadas a cada uno de los siguientes procedimientos:

- 1) Área de extracción de ácidos nucleicos, lo cual pudiera suponer un laboratorio de contención biológica BSL-2 o BSL-3 dependiendo de los patógenos potencialmente presentes.
- 2) Área de preparación de reacciones en cadena de la polimerasa (PCR's).
- 3) Área de preparación de PCR's con transcripción inversa (RT-PCR's).
- 4) Área post-PCR o de manipulación de productos de PCR.

Debido a que los productos de PCR aerosolizados constituyen la principal causa de contaminación en laboratorios en que se amplifican ácidos nucleicos, el área destinada a la preparación de PCR's deberá ser distinta y físicamente separada del área destinada a analizar o visualizar los productos de PCR (área en la cual residen los tanques de electroforesis o termocicladores). Así mismo, el área de extracción de ácidos nucleicos deberá ser diferente a la designada para el análisis y visualización o manipulación de productos de amplificación.

Adicionalmente, el área dedicada a la preparación de RT-PCR's deberán estar físicamente aisladas del resto del laboratorio con tal de minimizar la posibilidad de contaminar la reacción con DNA genómico, RNA's positivos o productos de PCR.

De manera ideal, el flujo de aire debiera balancearse para dirigir su circulación de áreas limpias (preparación de RT-PCR), hacia áreas de menor riesgo (área de preparación de PCR's convencionales) y finalmente hacia áreas contaminadas (área de termocicladores, de electroforesis o de fotodocumentación).

Aquellos laboratorios que hagan uso de tecnología de PCR cuantitativa o en tiempo real (qRT-PCR o rRT-PCR) pudieran requerir de medidas más extremas para asegurar el éxito y calidad de las mediciones tomadas las cuales deberán incluir (CDC protocol of realtime RT-PCR for influenza AH1N1 revision 1, 30 April 2009):

- Las reacciones de rRT-PCR deberán ser preparadas en un área diferente (y físicamente recluida) de aquella

- empleada para manipular (extraer y cargar) el RNA en los tubos de PCR.
- No se deberán emplear las micropipetas, micro-centrifugas ni los mismos consumibles (microtubos, puntas de micropipeta, etc.) empleados para extraer o cargar RNA en los procedimientos de preparación de reacciones de rRT-PCR.
 - No se deberá emplear la misma bata ni los mismos guantes usados para extraer RNA o controles positivos en la preparación de reacciones de rRT-PCR's.
 - Se deberá procurar cambiar de guantes periódicamente o cada vez que se sospeche que han sido contaminados durante la preparación de placas de rRT-PCR.
 - Los viales de reactivos de PCR se deberán mantener cubiertos o tapados en todo momento.
 - Mantenga los reactivos empleados para preparar la rRT-PCR en hielo y dentro del área de preparación de rRT-PCR's.
 - Mantenga las muestras de RNA en hielo y dentro del área de manipulación de RNA.
 - Mezcle en vortex todos los reactivos empleados para preparar la RT-PCR (excepto el RNA) y el master mix una vez preparado y centrifugue brevemente para asentarlos en el fondo.
 - En el área de preparación de rRT-PCR, distribuya las alícuotas del master mix a cada tubo de las tiras o platos de PCR.
 - Agregue la alícuota de agua tridestilada libre de nucleasas a los tubos que correspondan a los controles negativos de reacción (CR, Control de reactivos) dentro del área preparativa coloque las tapas de los tubos y traslade los tubos o plato de PCR hacia el área de manipulación de RNA para comenzar a distribuir las muestras y los controles positivos.
 - En el área de manipulación de RNA, agregue la alícuota correspondiente a cada **muestra** y coloque la tapa a los tubos de PCR antes de dispensar los controles positivos.
 - En la misma área de manipulación de RNA agregue la alícuota del control de RNA negativo (CN) a los tubos correspondientes y tape los tubos. Esta reacción posee RNA pero no la secuencia blanco de los oligonucleótidos por lo que permite evaluar la posibilidad de las reacciones hayan sufrido contaminación cruzada durante la distribución de muestras a las diferentes reacciones.
 - En el área de instrumentos o en el área post-PCR agregue la alícuota correspondiente al control de RNA positivo (*CP, Control positivo*) al tubo del control positivo. Dicha reacción posee RNA que si posee la secuencia blanco de los oligonucleótidos por lo que permite evaluar el éxito y eficiencia de la reacción preparada y de los reactivos empleados.

Al final del ciclo de rRT-PCR las reacciones NTC no deberían exhibir fluorescencia superior al umbral de detección establecido (o evidencia de amplificación ante estrategias de RT-PCR de punto final). La positividad de dichas reacciones será indicativa de la contaminación de alguno de los reactivos empleados para preparar la rRT-PCR, se deberá desechar la corrida y volver a preparar las reacciones con mayor apego a los lineamientos de disciplina molecular.

Si bien la interpretación de los resultados de las muestras depende del tipo de tamizaje realizado, todas las reacciones correspondientes a los controles internos de las muestras deberán poseer curvas de fluorescencia superiores al umbral establecido (o evidencia de amplificación en RT-PCR de punto final). Aquellas muestras que no permitan la amplificación de controles internos deberán ser repetidas o consideradas reacciones fallidas.

La PCR de manera inherente genera una gran concentración de ácidos nucleicos los cuales pudieran contaminar a reactivos, materiales de laboratorio y equipo de protección de no ser manipulados correctamente. Es indispensable mantener separadas a las micropipetas empleadas en procedimientos pre-PCR de las micropipetas empleadas para manipular a los productos de PCR (aquellas empleadas para cargar geles de agarosa).

Los reactivos de PCR y RT-PCR no deberán almacenarse en la misma repisa de los refrigeradores/congeladores en que son almacenadas las muestras clínicas o los productos de PCR. Los productos de PCR y las muestras clínicas sí podrán almacenarse en la misma repisa.

Los guantes de látex empleados para manipular productos de PCR o soluciones concentradas de DNA no deberán ser empleados para manipular muestras clínicas, líneas celulares ni para preparar PCR's.

6.2 Manipulación de RNA, cDNA, DNA y productos de PCR.

[Regresar al índice de contenido](#)

Cualquier muestra de DNA (o producto de PCR) que requiera de almacenamiento a largo plazo (> 6 meses) será diluida 10 veces en agua bidestilada y colocada a una temperatura $\leq -20^{\circ}$. El congelamiento de soluciones concentradas de DNA puede llevar a la fragmentación de las especies de alto peso molecular.

Los tubos que contengan muestras de DNA, soluciones concentradas de DNA o productos de PCR no deberán permanecer abiertos y expuestos al aire ambiental por períodos prolongados (superiores al minuto) dado el riesgo de contaminación que ello implica (tanto de la muestra como del ambiente). Los procedimientos que requieran de la evaporación del etanol residual empleado durante la precipitación del DNA deberán realizarse únicamente dentro del gabinete de seguridad biológica clase II.

Se procurará mantener al mínimo el número de ciclos de congelamiento/descongelamiento a que son sometidas las muestras de DNA, RNA, bioespecímenes y los reactivos o productos de PCR. En el caso particular de los oligonucleótidos, se deberán preparar alícuotas pequeñas (de 200 μ L) de la solución de trabajo a 10 μ M con tal de minimizar el impacto de los ciclos repetitivos de descongelación.

Todos los desechos de PCR deberán ser colocados en botes etiquetados con el membrete **RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS**, incluyendo tubos de PCR, tapas de tubos de PCR, viales de reactivos y membranas de hibridización o filtros. Las puntas de micropipeta deberán ser colocadas en recipientes de punzocortantes etiquetados con el membrete **RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS** y los geles de electroforesis colocados en bolsas amarillas etiquetadas como **RESIDUOS TÓXICOS** cuando estos hayan sido preparados a base de acrilamida o teñidos con bromuro de etidio.

Las diluciones de trabajo de DNA, cDNA o RNA preparadas a concentraciones menores de 500 ng/ μ L podrán ser mezcladas en vortex brevemente (2 segundos como máximo) pero no las de plásmidos ni las soluciones de DNA de alto peso molecular o soluciones de DNA a ≥ 500 ng/ μ L.

6.3 Manipulación de moléculas recombinantes, plásmidos, vectores de expresión y organismos genéticamente modificados (GMO).

[Regresar al índice de contenido](#)

El National Institute of Health (NIH) de los EEUUAA considera moléculas de DNA recombinantes a cualquier molécula de DNA construida *ex vivo* a través de la unión de segmentos de DNA naturales o sintéticos con moléculas de DNA capaces de ser replicadas in vivo por cualquier tipo de hospedero (viral, bacteriano, fúngico, protozoo, invertebrado, vertebrado, animal o vegetal). Esta definición incluye, naturalmente, a las moléculas de

DNA que resultan de la replicación *in vivo* de las descritas anteriormente.

Los segmentos de DNA sintéticos codificantes para polipéptidos o polinucleótidos potencialmente peligrosos (P. Ej., una toxina o agente farmacológicamente activo) se consideran equivalentes a su contraparte natural siempre y cuando su secuencia no haya sido genéticamente modificada para incrementar su expresión en el hospedero natural o permitir su expresión en hospederos nuevos.

El empleo de vectores de clonación como el plásmido pUC18 (derivado del plásmido precursor PBR322) en hospederos exclusivos como las células de *Escherichia coli* K12 (genéticamente modificados para eliminar cualquier gen que pudiera permitir su replicación en otras bacterias) puede realizarse de manera segura en laboratorios BSL-1. Esto se debe a que las células K12 constituyen una cepa no patógena incapaz de colonizar el intestino de animales sanos de manera permanente. No obstante, la manipulación de organismos patógenos animales deberá considerar no solo el nivel de bioseguridad requerido para el trabajo con dicho patógeno sino el impacto potencial que pudiera tener el vector (y las secuencias contenidas) sobre la virulencia del mismo.

En términos generales la introducción de vectores de expresión que contengan DNA codificante para factores de virulencia, aquellos que codifiquen para toxinas o aquellos que brinden resistencia a antibióticos requieren de una evaluación cuidadosa con tal de establecer el nivel de riesgo implicado, ya que pudiera ser necesario un nivel de bioseguridad mayor para manipular vectores o bacterias transfectadas cuando:

- 1) La expresión de secuencias nucleotídicas derivadas de organismos patógenos pudiera incrementar la virulencia de organismos genéticamente modificados (GMO).
- 2) Las secuencias insertadas al vector de expresión no hayan sido plenamente caracterizadas, P. Ej., durante la preparación de bibliotecas de DNA genómico de organismos patógenos.
- 3) Los productos de los genes insertados brindan resistencia a antibióticos o tengan repercusiones sobre la susceptibilidad farmacológica del organismo.
- 4) Las secuencias genéticas insertadas codifiquen para toxinas.

Al emplear vectores virales de transferencia genética (como los vectores adenovirales replicación-incompetentes) se deberán adoptar las medidas de bioseguridad requeridas para el virus parental ya que existe la posibilidad de que se encuentren contaminados por virus replicantes (ya sea como resultado de una mala purificación como del surgimiento de mutantes competentes durante su propagación en cultivo).

Lo animales que alberguen secuencias genómicas foráneas (transgénicos) siempre deberán ser manipulados en condiciones de contención BSL-2 o más dependiendo del tipo y naturaleza del material genético insertado. Los animales que hayan sido sometidos a procedimientos de delección de material genético (Knock-out) en términos generales no plantean un riesgo biológico superior al del animal no-GMO. No obstante, siempre será necesario evaluar la naturaleza de la delección con el objeto de establecer si esta implica una mayor susceptibilidad para albergar patógenos humanos que de manera natural no se encuentren presentes en este animal (dando lugar con ello a la aparición de un nuevo hospedero o reservorio animal de patógenos humanos).

El DNA genómico animal, vegetal o bacteriano que haya adquirido un transposón como resultado de su manipulación genética o de su donación por un vector recombinante no será considerado recombinante siempre y cuando no existe evidencia del vector de recombinación (a menos de que el transposón *per se* constituya un constructo artificial recombinante).

Como norma general la evaluación del riesgo de modificaciones genéticas deberá incluir tanto las características del organismo donador del carácter genético como del hospedero o receptor del material genético. El riesgo que depende directamente de la secuencia insertada (organismo donador) debe considerar la actividad biológica o farmacológica de los productos genéticos:

- 1) Toxinas
- 2) Citocinas
- 3) Hormonas

- 4) Reguladores de la expresión génica
- 5) Factores de virulencia o promotores de virulencia
- 6) Secuencias oncogénicas o proto-oncogénicas
- 7) Resistencia a antibióticos
- 8) Alergenos

El riesgo incurrido por el empleo de determinado organismo hospedero deberá considerar:

- 1) Su susceptibilidad a la infección o para ser colonizado por patógenos humanos
- 2) Su patogenicidad, virulencia, infectividad o capacidad toxigénica en ausencia del inserto
- 3) El rango de organismos hospederos o reservorios y como se modificará tras la modificación genética
- 4) Su estado de inmunocompetencia y la manera en que se verá modificado por el inserto
- 5) La evaluación del “*peor caso esperado*” respecto al impacto biológico de su modificación genética

Aquellos estudios que requieran hacer uso de la manipulación genética de organismos patogénicos humanos deberán considerar adicionalmente el impacto del procedimiento sobre la virulencia o patogenicidad del organismo (incluso cuando la modificación genética no implica manipular directamente los genes involucrados en su patogenicidad) para incluir:

- 1) ¿El riesgo de incrementar la infectividad o patogenicidad del organismo?
- 2) ¿Pudiera el procedimiento revertir una mutación natural que disminuyera la patogenicidad del organismo?
- 3) ¿El inserto codifica para un determinante de patogenicidad derivado de otro microorganismo?
- 4) ¿El inserto pudiera contribuir a la patogenicidad, sobrevivencia o adaptabilidad del GMO?
- 5) ¿Existe un tratamiento farmacológico disponible para controlar la proliferación *in vivo* del microorganismo?
- 6) ¿El inserto modificará la susceptibilidad del GMO a antibióticos o desinfectantes?
- 7) ¿Será posible erradicar al GMO en caso necesario?

Todos los desechos de materiales o reactivos empleados para preparar plásmidos, para clonar, para transfectar a bacterias o transformar células deberán ser descontaminados con Solución Concentrada de Hipoclorito de Sodio al 5% y/o en autoclave antes de ser colocados en botes etiquetados con el membrete **RESIDUOS BIOLÓGICOS**.

7 Seguridad Radiológica

[Regresar al índice de contenido](#)

Las fuentes de radiación actínica más comunes suelen ser radioisótopos empleados para ensayos de marcaje funcional o analítico de baja energía como ^3H (emisión beta a 18.6 keV), ^{14}C (emisión beta a 156 keV), ^{35}S (emisión beta a 167 keV) y ^{33}P (emisión beta a 250 keV) y radioisótopos de alta energía como ^{32}P (emisión beta a 1.71 MeV) e ^{125}I (emisión gamma y rayos-x a 35.5 keV). Otras fuentes menos usuales de radiación actínica son las fuentes de luz sincrotrónica, los aceleradores lineares de partículas y los aparatos de imagenología biomédica generadores de radiación X (P. Ej., la TAC) o emisores de positrones (P. Ej., la PET).

Los gabinetes de seguridad biológica clase II no deberán ser empleados para radiomarcarse materiales biológicos con isótopos volatilizables como el yodo-125 (^{125}I) a menos de que se encuentren ductadas hacia el exterior y acopladas a un filtro HEPA y de carbono activado.

Los gabinetes de seguridad biológica que cumplan con los requisitos para el trabajo con radioisótopos podrán complementarse con pantallas blindadas pero transparentes que protejan al investigador de la emisión beta siempre y cuando sean del tipo vertical pero **no del tipo inclinado!** Las pantallas verticales no perturban el flujo laminar del aire mientras que las inclinadas desvían el flujo de aire hacia el exterior, lo que compromete la protección biológica brindada por el gabinete.

Los gabinetes de seguridad biológica que sí sean empleados para manipular bioespecímenes radiomarcados deberán ser sometidos al escrutinio radiológico al final de cada sesión empleando un monitor radiológico apropiado para el tipo de emisión.

Los radioisótopos únicamente deberán manipularse en áreas específicamente designadas y solamente en laboratorios oficialmente certificados para ello.

El personal humano deberá mantenerse al mínimo esencial en laboratorios involucrados en la manipulación de radioisótopos sin dejar de apegarse al trabajo por parejas.

Todo personal involucrado en la manipulación de radioisótopos deberá hacer uso del equipo de protección personal correspondiente para el tipo de emisión involucrada para incluir bata, Coverall desechable, respirador N95, goggles y/o careta facial.

El personal involucrado en la manipulación de radioisótopos deberá ser sometido al monitoreo de sus niveles de exposición y éstos registrados y documentados.

Los laboratorios empleados para actividades de investigación que involucren radioisótopos deberán ser diseñados para simplificar la contención, limpieza, remediación y descontaminación de materiales radiactivos. Deberán estar localizados en el interior de un laboratorio principal y lejos de las paredes y ventanas exteriores. Los laboratorios radiológicos deberán poseer un signo internacional de peligro radiológico en la puerta para indicar el riesgo latente (véase Apéndice, sección 13.1 Simbología universal para laboratorios).

El área de trabajo en la cual se manipulen radioisótopos deberá cubrirse con una toalla absorbente de reverso plastificado que facilite la limpieza y descontaminación al finalizar las actividades de trabajo.

Se deberá limitar al mínimo esencial la cantidad de material radiomarcado o radiactivo presente en el área de trabajo.

Las fuentes de radiación presentes en el área de trabajo (radioisótopos, desechos, material biológico radiomarcado) deberán encontrarse blindado en todo momento.

Los contenedores de material radiactivo, radioisótopos o de desechos radiactivos deberán portar etiquetas con el símbolo universal de peligro radiológico e indicar claramente el tipo de radioisótopo, su actividad y la fecha de último monitoreo.

Se deberá hacer uso de monitores radiológicos apropiados para la vigilancia de los niveles de actividad de áreas de trabajo, ropa protectora y manos del investigador al término de la sesión de trabajo.

Se deberá evitar transportar materiales radiomarcados, radioisótopos y desechos en contenedores no apropiados y sin el blindaje apropiado.

Los desechos deberán ser retirados del área de trabajo al término de la sesión de trabajo y colocados en los recipientes blindados apropiados. Se deberá mantener un registro escrito del tipo de sustancias que son colocadas en los contenedores de desechos radiactivos.

El supervisor de laboratorio deberá desarrollar, redactar por escrito, implementar y practicar planes de contingencia ante emergencias radiológicas. La institución deberá asignar y entrenar a un oficial de seguridad radiológica que se encargue del manejo y control de desechos y que sirva como asesor para la remediación de incidentes.

Ante emergencias radiológicas el personal lesionado deberá ser atendido primeramente y después remediado el incidente y descontaminada el área de trabajo. El personal de laboratorio deberá notificar a la autoridad radiológica local o nacional y buscar su apoyo para la resolución del incidente. Se deberá mantener un registro escrito de los incidentes radiológicos enfrentados por el laboratorio (véase formato de derrame e incidentes radiológicos).

Todos los radioisótopos de alta actividad (emisión beta) deberán almacenarse en el laboratorio de radioisótopos especiales (Laboratorio Caliente), el cual también deberá emplearse para realizar los radiomarcajes con radioisótopos de emisión beta como el ^{32}P al igual que para el almacenamiento y trabajo con radioisótopos emisores de radiación gama como el ^{125}I .

Antes de iniciar la sesión de radiomarcaje ^{32}P el investigador deberá registrarse en la bitácora correspondiente, las actividades de radiomarcaje deberán realizarse dentro de una campana de extracción y detrás de una pantalla de plexiglás. Los niveles de actividad basales del área de trabajo deberán ser medidos y documentados en la bitácora correspondiente, al terminar la sesión de trabajo el área de trabajo nuevamente deberá ser escudriñada con el mismo monitor radiológico por una persona diferente y su resultado documentado. De ser necesario el papel que cubre el área de trabajo será desechado apropiadamente y la superficie descontaminada. Al final de la sesión otro investigador deberá medir el nivel de actividad de las manos del investigador que manipulo al radioisótopo.

El uso de dosímetro personal será opcional y no compulsorio para el trabajo con fuentes de radicación beta como el ^{32}P .

El personal investigador que posea lesiones de piel abiertas en manos o brazos tales como abrasiones, laceraciones, quemaduras, heridas o erupciones pruriginosas no deberá trabajar con radioisótopos hasta que hayan sanado a la perfección.

El aseo de laboratorios radiológicos y laboratorios calientes será realizado por personal investigador y bajo ninguna circunstancia por el personal de intendencia. Para evitar las posibilidades de que esto suceda, ambos recintos deberán permanecer bajo llave en todo momento (excepto durante actividades en su interior). La llave será custodiada por el oficial de seguridad radiológica o por el supervisor el laboratorio.

Se deberá dar preferencia al trabajo con consumibles y frascos desechables en vez de cristalería reutilizable.

Se deberá preferir el filtrado por vacío o succión en vez de forzar el paso de líquido radiactivo a presión por una membrana debido a que el segundo procedimiento conlleva mucho mayor riesgo de producir y dispersar aerosoles

radiactivos.

La remediación o descontaminación de instrumentos o equipo deberá realizarse tan pronto la contaminación sea detectada y solamente una vez que haya sido notificada al supervisor o al oficial de seguridad radiológica.

El área física, los muebles, el lavabo, los contenedores de desechos, los refrigeradores, incubadoras y anaqueles químicos de laboratorios radiológicos deberán ser monitoreados periódicamente para evaluar el nivel de radiación de fondo del recinto. Las lecturas serán registradas y documentadas por el oficial de seguridad radiológica correspondiente.

Los radioisótopos de cualquier clase, tipo y energía de emisión son considerados material de valor estratégico cuya custodia exige las más extrema precaución y las medidas de seguridad más robustas disponibles.

8 Crioseguridad

[Regresar al índice de contenido](#)

La exposición a gases (nitrógeno o anhídrido carbónico) o líquidos (nitrógeno líquido) criogénicos no solo incurre en el riesgo de recibir quemaduras térmicas por congelación sino también en el riesgo de asfixia anoxémica por desplazamiento del oxígeno atmosférico. El riesgo de asfixia anoxémica es moderado como resultado del almacenamiento de nitrógeno líquido (LN₂) y anhídrido carbónico (CO₂) los cuales al evaporarse/sublimarse desplazan el aire respirable de espacios confinados o mal ventilados.

La fase líquida del nitrógeno líquido (LN₂) alcanza temperaturas de hasta -196 °C mientras que la fase gaseosa de hasta -156 °C. Ambas temperaturas pueden ocasionar lesiones térmicas inmediatas y severas a la piel desprotegida. El LN₂ expande su volumen 700 veces al evaporarse, de tal modo que un litro de LN₂ efectivamente desplazará casi 1 metro cúbico de aire respirable al evaporarse. El nitrógeno gaseoso es inodoro e incoloro, las nubes que salen del tanque de LN₂ al momento de abrirlo o llenarlo son ocasionadas por la condensación del vapor de agua ambiental y no corresponden a la nube de Nitrógeno gaseoso. La evaporación del LN₂ presente en los tanques de criopreservación puede provocar la muerte por asfixia al desplazar el oxígeno de áreas confinadas o mal ventiladas.

Los tanques de criopreservación de LN₂ no deberán ser perturbados de manera innecesaria ya que esto aumenta la tasa de evaporación del nitrógeno y el desplazamiento del oxígeno.

El contenido de los tanques de criopreservación de LN₂ no deberá ser manipulado sin estar adecuadamente protegido (bata Howie, delantal grueso, careta facial y guantes de aislamiento térmico).

El LN₂ de los tanques criopreservación deberá considerarse potencialmente contaminado e infeccioso, especialmente cuando sean empleados para almacenar líneas celulares transformadas por virus o muestras de sangre que alberguen (o que potencialmente pudieran albergar) a patógenos virales transmitidos por sangre como HBV, HIV, HCV, HTLV o CMV.

El hielo seco o dióxido de carbono sólido (CO₂) permite alcanzar temperaturas de hasta -78.5 °C. El contacto de la piel desprotegida (o protegida con guantes de látex) puede ocasionar lesiones térmicas severas en menos de 3 segundos. El hielo seco únicamente deberá ser manipulado con el equipo de protección personal adecuado (goggles, bata Howie y guantes aislantes). El hielo seco se expande al sublimarse por lo que no deberá ser almacenado en envases herméticos ni en los refrigeradores o congeladores.

Los envases plásticos, metálicos y de vidrio que entren en contacto con hielo seco o LN₂ deberán ser manipulados con guantes aislantes y goggles o careta facial. Los guantes aislantes son holgados con la finalidad de permitir su remoción rápida en el caso de que LN₂ cayera en su interior.

Nunca se almacenará CO₂ o LN₂ en envases de cierre hermético o dentro de refrigeradores, congeladores o de la incubadora. Estos gases criogénicos se subliman o evaporan rápidamente lo que ocasiona la expansión de su volumen y la explosión de los recipientes.

La cara y el cuerpo del operador deberán mantenerse lejos de la boca de los tanques de LN₂ al introducir crioviales o cajas con el objeto de minimizar el riesgo de salpicaduras y/o explosiones provocadas por cambios de temperatura.

9 Transporte de Material Peligroso

[Regresar al índice de contenido](#)

Emplear carritos o mesas rodantes para transportar cualquier tipo de sustancia o material peligroso, incluyendo cilindros de gas comprimido y mezclas criogénicas.

Emplear envases secundarios para proteger de impactos a los envases primarios de vidrio, especialmente cuando éstos contengan más de 250 mL de líquidos peligrosos. Los envases secundarios deberán estar fabricados con un material impermeable y ser lo suficientemente grandes para albergar al contenedor primario. El interior del envase secundario deberá poseer suficiente material absorbente para contener el derrame de la totalidad del contenido del envase primario.

Se evitará en lo posible el transporte de volúmenes superiores a los 4 litros de material peligrosos ente laboratorios o dentro del mismo.

El individuo que deba transportar material peligroso de cualquier tipo dentro del laboratorio o entre distintos laboratorios deberá conocer las especificaciones de las hojas de seguridad de materiales, los riesgos presentes y la manera de remediar derrames.

El transporte de material peligroso no deberá emplear los mismos elevadores empleados para el transporte de personal o pacientes. Aquellos laboratorios o instituciones que carezcan de un laboratorio para equipo y material podrán hacer uso de dichos elevadores siempre y cuando se pueda controlar automáticamente el elevador (evitando el ingreso de personas al mismo, incluso del investigador encargado de su transporte). Ninguna persona deberá acompañar o custodiar el material peligroso durante su transporte por elevador, para ello se asignaran individuos al piso de envío y recepción para custodiar su llegada.

El transporte de material biológico fuera del laboratorio dependerá del volumen del material. Para transportar crioviales o microtubos con bioespecímenes de un laboratorio a otro se deberá hacer uso de una hielera o mochila impermeable que pueda ser cargada por una sola persona y que se encuentre ataviada con la etiqueta de biopeligro. Dicha mochila o hielera deberá indicar en una etiqueta exterior el nombre del investigador responsable y la naturaleza del material transportado. En el interior de la mochila transportadora se incluirá suficiente material absorbente para el volumen transportado y los paquetes de hielo o gel caliente necesarios.

Para el transporte de líquidos criogénicos como el LN₂ se emplearán dewars del tamaño apropiado y bajo ninguna circunstancia frascos de cierre hermético (por el riesgo de explosión que suponen). Bajo ninguna circunstancia se deberán transportar gases criogénicos en el compartimiento interno de un automóvil (incluyendo la cajuela trasera) por el riesgo de asfixia que ello supone. Dichos materiales deberán ser transportados en el exterior de vehículos utilitarios o tipo pick-up.

El transporte de material radiactivo y otro material de interés estratégico deberá ser realizado únicamente por vehículos oficiales de la dependencia federal correspondiente (ININ o SEDENA) o en vehículos de transporte de valores apropiadamente custodiados y escoltados.

10 Manejo de Residuos

[Regresar al índice de contenido](#)

10.1 Residuos ordinarios y de oficina.

Los desechos de oficina (papel, cartón, plásticos, etc.) serán colocados en bolsas de color negro y en los botes etiquetados con el membrete **RESIDUOS NO-TÓXICOS** (o los botes pequeños del cuarto de estudio y oficina principal). Estos recipientes serán aseados periódicamente por el personal de intendencia; ver figura 14.

Queda estrictamente prohibido disponer de desechos de oficina (plásticos, papel o cartón) o de alimentos o sus envoltorios en las bolsas y botes correspondientes a **RESIDUOS BIOLÓGICOS** o a **RESIDUOS TÓXICOS** ya que ello incurre en la elevación del gasto corriente derivado del procesamiento de dichos residuos (ya que éste depende de su peso y/o volumen).

Cuando sean desechados los envases de sustancias químicas se deberán retirar o mutilar las etiquetas de advertencia y bioseguridad correspondientes. Los envoltorios de sustancias químicas o materiales biológicos que hayan sido contaminados no serán colocados en bolsas de residuos ordinarios sino manejados como **RESIDUOS TÓXICOS**.

Queda estrictamente prohibido colocar baterías o pilas electrónicas usadas en las bolsas de residuos ordinarios. Cada laboratorio deberá contar con contenedores claramente etiquetados (ver figura 14) para su almacenamiento temporal en tanto la institución se responsabilizará de recolectar de manera periódica dichos contenedores para encauzarlos hacia sitios de reciclaje o reclamación.



Figura 14. Etiquetas empleadas en los recipientes de basura para identificar aquellos correspondientes a residuos no-tóxicos (A), residuos biológicos (B) y residuos tóxicos (C).



Figura 15. Señalamiento del contenedor de reciclaje de pilas y baterías.

10.2 Residuos tóxicos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los desechos tóxicos en estado sólido (carbón activado o polvos de absorción química) serán colocados en bolsas de color amarillo debidamente etiquetadas como **RESIDUOS TÓXICOS**, ver figura 14.

Los desechos tóxicos en estado líquido (buffers o soluciones) serán sometidas a descontaminación o reclamación y posteriormente (tras su descontaminación) vertidos en el drenaje o envasados para su procesamiento. Los residuos sólidos resultantes de los procesos de descontaminación (carbón activado) deberán ser colocados en bolsas amarillas.

Las soluciones ácidas o básicas fuertes deberán ser cuidadosamente neutralizadas antes de ser vertidas por el drenaje de acuerdo a las recomendaciones e indicaciones de la *hoja de datos de seguridad* correspondiente.

La descontaminación del Bromuro de Etidio (comúnmente abreviado EtBr) presente en el buffer y geles de electroforesis a cualquier concentración se llevará a cabo agregando 300 mg de carbón activado por cada 100 ml de gel o buffer de agarosa contaminado. El contenedor de descontaminación (véase la figura 16) se deberá dejar en reposo durante al menos 24 horas, su contenido posteriormente filtrado a través de un filtro Whatmann #1 para recolectar el carbón contaminado y el líquido vertido directamente al drenaje. Tanto el filtro como el carbón contaminado deberán ser colocados en un recipiente hermético y desechados como **RESIDUOS TÓXICOS**.

Toda solución de acrilamida deberá ser polimerizada completamente antes de desechar para lo cual se añadirá un exceso del 5% de TMED durante la preparación. La poliacrilamida plenamente polimerizada contiene cantidades pequeñas de acrilamida libre por lo que no es considerada carcinógena. No obstante, la polimerización parcial puede generar niveles significativos de acrilamida residual que no debiera ser liberada al medio-ambiente. Por ello es recomendable asegurar la polimerización adecuada de la acrilamida para luego colocar el gel en una bolsa o

recipiente hermético etiquetado con el membrete **RESIDUOS TÓXICOS**.

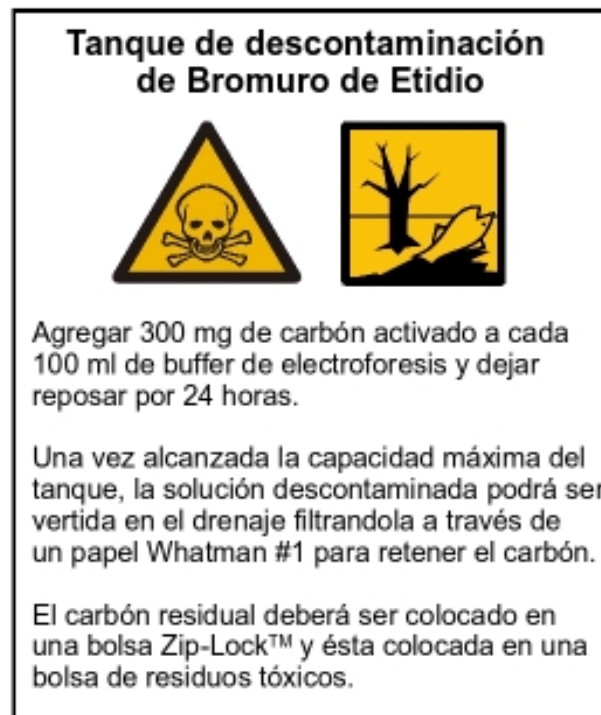


Figura 16. Etiqueta del contenedor de descontaminación de Bromuro d Etidio.

10.3 Residuos biológico-infecciosos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los desechos biológicos sólidos serán esterilizados en autoclave y posteriormente colocados en bolsas de plástico de color rojo las cuales serán etiquetadas como **RESIDUOS BIOLÓGICOS**. Estas bolsas serán retiradas por el personal de laboratorio y ***no deberán ser manipuladas por el personal de intendencia institucional!***

Los residuos biológicos líquidos serán colocados en envases de plástico robustos, esterilizados en autoclave, sellados herméticamente y ulteriormente colocados en bolsas de plástico de color rojo etiquetadas como **RESIDUOS BIOLÓGICOS**, ver figura 14.

Las agujas, navajas, escalpelos, microcapilares y otros materiales punzo-cortantes deberán ser colocados en envases para punzocortantes de color rojo capaces de tolerar las condiciones de esterilización por autoclave.

Todo medio de cultivo sólido o gelificado será esterilizado en autoclave antes de ser depositado en las bolsas rojas de **RESIDUOS BIOLÓGICOS**.

Todos los consumibles de plástico (cajas Petri, multiwells de 6, 24 o 96 pozos, etc.) que hayan entrado en contacto con medios de cultivo tisular o células cultivadas serán esterilizados en autoclave antes de ser lavados para su reutilización o desechados en bolsas rojas de **RESIDUOS BIOLÓGICOS**.

Cualquier medio de cultivo o de transporte que sea contaminado por hongos o bacterias deberá ser esterilizado en

autoclave o inactivado con cloro antes de ser vertido en el drenaje.

Todos los desechos de materiales o reactivos empleados para preparar plásmidos, para clonar, para transfectar a bacterias o transformar células deberán ser descontaminados con NaOCl al 0.5% y/o en autoclave antes de ser colocados en botes etiquetados con el membrete **RESIDUOS BIOLÓGICOS**.

10.4 Residuos radiológicos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Los materiales consumibles desechables, material biológico radiomarcado, las sustancias tóxicas expuestas a radiación beta y gamma deberán ser desechados bajo los criterios de seguridad radiológica indicados para el radioisótopo correspondiente.

Los residuos sólidos derivados de actividades de radiomarcaje con ^{35}S , ^{33}P , ^3H y ^{14}C deberán ser depositados independientemente en recipientes o contenedores plásticos previamente etiquetados con el nombre de cada isótopo. Estos contenedores plásticos deberán a su vez colocarse en recipientes metálicos que ofrezcan el blindaje apropiado para cada isótopo concerniente. Estos recipientes deberán almacenarse en el laboratorio caliente hasta que sus niveles de actividad indiquen que pueden ser recolectados por la empresa de manejo de residuos radiactivos certificada.

Para desechar el ^{32}P , tome mediciones de actividad de superficie con el monitor radiológico en mr/hr y calcule la tasa de decaimiento y anote el mes en que la desintegración será completa. Anote en dos lados adyacentes del contenedor correspondiente en blindaje para el isótopo el nombre del isótopo, su actividad de superficie al momento de sellarlo (en mr/hr), el mes en que el decaimiento será completo y el nombre de la persona responsable de sellar el contenedor.

Para desechar ^{35}S , ^{33}P , ^3H y ^{14}C colóquese el material radiactivo en el contenedor correspondiente a cada isótopo y agregue al contenedor el nombre del investigador que lo deposita, la fecha, la cantidad en peso e indíquese claramente que la emisión es inferior a $5 \mu\text{Gy/h}$.

10.5 Punzo-cortantes.

[Regresar al índice de contenido](#)

No se deberá intentar re-envainar jeringas o agujas empleadas para la toma o procesamiento de especímenes sanguíneos animales.

Los desechos punzo-cortantes de vidrio (cristalería rota, pipetas de vidrio, capilares, etc.) y de plástico (puntas de micropipetas, pipetas de plástico, etc.) serán colocados en envases rojos específicamente diseñados para material punzo-cortante.

Los desechos punzo-cortantes que hayan sido empleados para manipular muestras clínicas o bioespecímenes (contaminados biológicamente) serán sometidos a procedimientos de esterilización que minimicen la posibilidad de liberar microorganismos genéticamente modificados o agentes patógenos al medio-ambiente.

Bajo ninguna circunstancia se deberán introducir los dedos o manos al interior de recipientes de recolección de punzocortantes.

Los utensilios punzocortantes no deberán ser doblados o mutilados manualmente antes de introducirlos a los recipientes o para hacerlos entrar en los mismos.

Los recipientes para punzocortantes no deberán ser llenados al tope sino solo hasta el 75% de su capacidad.

El contenido de los recipientes para punzocortantes no deberá ser vertido en otros recipientes para distribuir su volumen.

No deberán forzarse objetos para introducirlos a recipientes de punzocortantes.

Las tapas de los contenedores de punzocortantes no deberán ser removidas tras haber sido selladas.

11 Descontaminación y Remediación

[Regresar al índice de contenido](#)

Todos los derrames de sustancias químicas tóxicas, material biológico y sustancias radiactivas deberán ser documentados, sin importar el volumen involucrado. Los formatos de reporte de derrame e incidentes empleados por el Laboratorio de Biología Molecular de la UASLP se anexan en el Apéndice, sección 13.2 como referencia para otros laboratorios. El reporte deberá incluir la fecha, hora, localización del derrame, sustancia involucrada, volumen aproximado, el nombre de todas las personas que hayan sido expuestas a la sustancia y las medidas implementadas.

Será obligación del supervisor del laboratorio adquirir y mantener los implementos necesarios (kits de derrames y equipo de protección personal) para la remediación de derrames al igual que el mantener un inventario y colección de hojas de seguridad de materiales para las distintas sustancias tóxicas, material biológico y sustancias radiactivas almacenadas en el laboratorio.

11.1 Descontaminación y remediación de derrames de sustancias tóxicas.

[Regresar al índice de contenido](#)

Ante un derrame de sustancia química se deberá procurar remediarlo **SOLAMENTE** si este es pequeño (300 mL o menos) o cuando se ha recibido capacitación para resolver dicho derrame, ver tabla 15. De otra manera se deberá hacer saber la emergencia a los demás y solicitar asistencia al supervisor del laboratorio para su remediación.

Tabla 15. Categorización de derrames y manera de remediarlos

Categoría	Tamaño	Respuesta y tratamiento
Derrame pequeño	300 ml o menos	Tratamiento químico neutralizador y absorción.
Derrame mediano	Entre 300 ml y 5 litros	Absorción
Derrame grande	Más de 5 litros	Manejo por protección civil, bomberos o brigada de contingencias NBQ ¹ local.

1= Nuclear-Biológica-Química.

Todo derrame de sustancia química tóxica o no deberá ser reportado inmediatamente al supervisor del laboratorio y remediado de acuerdo a los siguientes lineamientos:

1. Alerta al personal del derrame, evite su circulación por la zona del derrame y apague el sistema de ventilación o aire acondicionado del laboratorio.
2. Acerque al sitio del derrame el *kit de remediación y descontaminación de sustancias tóxicas* (véase abajo) y un recipiente o bolsa de residuos tóxicos.
3. Círrase la bata completamente, colóquese una respirador N95 (o superior en caso de que la sustancia química así lo requiera), goggles y/o careta facial.
4. Colóquese guantes de látex o nitrilo y por encima de ellos guantes de neopreno grueso desechables.
5. Cubra el derrame con tantas toallas de papel como sea necesario (líquidos o geles) comenzando de afuera hacia adentro. En el caso del derrame de sustancias sólidas granuladas o en polvo, simplemente se hará uso del recogedor y cepillo.
6. Dependiendo de la naturaleza de la sustancia química ante derrames de polvos podrá ser necesario humedecer el área del derrame con agua para facilitar su recolección. Ver tablas 6 y 7 para valorar compatibilidad química.
7. Coloque todo el material (incluyendo cepillo y recogedor) en el interior de la bolsa de residuos tóxicos,

- sélela y coloque en su interior los guantes empleados para la remediación del derrame.
8. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

La ruptura de termómetros de mercurio deberá ser manejada y reportada como derrame de sustancia tóxica.

Si una sustancia corrosiva (ácido o base fuerte) llegase a derramarse sobre la bata o vestimenta del investigador, éste se deberá retirar toda prenda contaminada inmediatamente **empleando guantes** colocándola en una bolsa de desechos tóxicos. No se deberá intentar lavar la ropa contaminada, ¡Ésta deberá ser desechada!

Aquellas personas que reciban salpicaduras de sustancias corrosivas sobre la piel deberán enjuagarse profusamente con agua (de 10 a 30 minutos) haciendo uso del lavabo más próximo. No se deberá restregar la piel ni se deberán aplicar lociones, bálsamos o pomadas sino hasta recibir atención médica. De ser necesario (heridas expuestas o abrasión química) cúbrase ligeramente el área de la piel afectada con gasa estéril.

Las salpicaduras de sustancias corrosivas en ojos deberán ser enjuagadas profusamente con agua durante 15 a 30 minutos empleando cualquier fuente de agua fresca, limpia y a baja presión disponible. Se deberán retirar los lentes de contacto para evitar el atrapamiento de la sustancia tóxica por debajo de ellos y evitar el uso de pomadas o medicamento tópico hasta recibir atención médica. Cuando sea posible se deberá hacer correr el agua desde el canto nasal hasta el canto externo del ojo para evitar lesionar la glándula lacrimal. Se deberá hacer uso de la fuerza física para irrigar los ojos de una persona que hayan recibido quemaduras en los ojos.

Las personas expuestas a vapores o que hayan inhalado vapores de sustancias químicas deberán ser llevadas al exterior y, de ser posible, recibir oxígeno suplemental por mascarilla. Estas personas deberán ser referidas a un hospital para su evaluación médica inmediata irrespectivamente de que demuestren una mejoría aparente.

Aquellas personas que accidentalmente ingieran sustancias químicas deberán informarlo inmediatamente al supervisor del laboratorio y dirigirse al centro hospitalario más cercano, no se deberá inducir el vómito ni se deberá ingerir alimento o bebida alguna sino hasta que el médico tratante indique lo contrario.

Ante derrames de sustancias volátiles, alerte a todo el personal del riesgo y controle o apague las fuentes de ignición potenciales. La dispersión de material absorbente alrededor de derrames líquidos deberá realizarse desde la periferia el derrame y hacia el centro para contener la extensión del mismo. La superficie del piso deberá entonces neutralizarse empleando la sustancia correspondiente hasta corregir por completo el pH a neutro. Posteriormente se deberá descontaminar la superficie con una esponja y agua con detergente.

El equipo de protección personal mínimo necesario incluirá: 2 pares de goggles, 2 pares de guantes de neopreno gruesos, 2 pares de guantes de látex, 2 pares de guantes de nitrilo, 2 pares de cubrecalzado de tela, 2 trajes completos o delantales de Tyvek™, al menos un respirado de careta facial completa equipado con dos filtros de carbón activado de repuesto.

Tabla 16. Contenido del kit de remediación y descontaminación química

4 paquetes de 200 toallas de papel absorbentes.
El equivalente a 4 almohadillas tipo Powersorb 3M™.
El equivalente a 4 almohadillas tipo Powersorb 3M™,
2 cubetas vacías de 5 galones
1 cubeta de aserrín fino
1 litro de ácido acético o HCL diluido
1 litro de sosa cáustica diluida o un paquete de bicarbonato de sodio
1 recogedor y un cepillo de polipropileno
2 bolsas de desechos tóxicos (color amarillo)
1 rollo de cinta adhesiva aluminizada

Papel indicador de pH
Señalamiento de piso mojado/derrame químico

11.2 Descontaminación y remediación de derrames de material biológico.

[Regresar al índice de contenido](#)

La descontaminación directa de superficies es mucho más variada y dependiente del tipo de superficie por descontaminar, las soluciones utilizadas más comúnmente son aquellas preparadas a base de hipoclorito de sodio (NaOCl), glutaraldehído, etanol al 70%, yodoformos, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y fenoles.

Diariamente (al inicio y al final de la jornada laboral) se deberán limpiar y descontaminar las áreas de trabajo con etanol al 70%, incluyendo las superficies internas y externas de equipo e instrumentos.

Semanalmente (al final de la semana laboral) se deberán descontaminar todas las áreas de trabajo de laboratorios BSL-2 o superiores con NaOCl al 0.1% y posteriormente con etanol al 70%. Las superficies metálicas deberán lavarse con agua destilada después de su descontaminación con NaOCl para evitar su corrosión, posteriormente el agua deberá secarse empleando un paño humedecido con etanol al 70%.

El cloro, normalmente se comercializa en forma de lejía (solución de uso doméstico al 5%), es sumamente alcalino y puede ser corrosivo para los metales. Su actividad se ve considerablemente reducida por la materia orgánica (proteínas) por lo que los instrumentos recubiertos de sangre, proteínas coaguladas o tejidos animales deberán cepillarse para eliminar el exceso de material que pudiera interferir con la desinfección total.

Las soluciones concentradas de lejía almacenadas en recipientes mal cerrados liberan cloro gaseoso, especialmente durante tiempos de calor. La liberación de cloro gaseoso no solo representa una disminución de su capacidad germicida sino también un riesgo de intoxicación para el personal humano ya que es neumotóxico.

Las soluciones diluidas de NaOCl (al 0.1%) suelen bastar para realizar los procedimientos rutinarios de descontaminación de equipo y superficies. Para la descontaminación de material y equipo de riesgo biológico es preferible emplear una solución de NaOCl al 0.5% mientras que las soluciones de NaOCl al 5% suelen verse restringidas a la remediación de derrames de material biológico de alto riesgo (con la posible excepción de centrifugas y gabinetes de seguridad biológica). La tabla 17 expone la proporción de volúmenes necesarios para preparar un litro de estas diluciones de NaOCl.

Los gránulos o comprimidos de hipoclorito cálcico ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) suelen contener alrededor de un 70% de cloro libre por lo que las soluciones preparadas con 1,4 g/l y 7,0 g/l, contendrán entonces 1,0 g/l y 5 g/l de cloro libre, respectivamente.

Tabla 17. Preparación de soluciones de NaOCl y cantidad de cloro libre disponible.

Solución	Cloro libre disponible	Empleando Lejía		Granulado $\text{Ca}(\text{ClO})_2$	
		ml de NaOCl al 5%	ml de agua	gramos	ml de agua
NaOCl al 5%	5% (50 g/l)	1000	-	70	1 litro
NaOCl al 0.5%	0.5 % (5 g/l)	100	900	7.0	1 litro
NaOCl al 0.1%	0.1 % (1 g/l)	20	980	1.4	1 litro

El cloro gaseoso es sumamente tóxico por esa razón debe almacenarse y utilizarse solamente en zonas bien ventiladas. Las soluciones de NaOCl no deben mezclarse con ácidos para evitar la liberación rápida de cloro

gaseoso. Muchos subproductos del cloro pueden ser nocivos para el ser humano y el medio ambiente, de modo que debe evitarse el uso indiscriminado de desinfectantes a base de cloro.

El **etanol** y el **isopropanol** tienen propiedades desinfectantes similares. Son activos contra las formas vegetativas de las bacterias, los hongos y contra los virus de envoltura lipídica, pero no contra las esporas. Su acción sobre los virus sin envoltura lipídica es variable. Para conseguir la máxima eficacia deben utilizarse concentraciones acuosas de aproximadamente un 70% (v/v) debido a que concentraciones superiores o inferiores no suelen ser germicidas. Una de las grandes ventajas de las soluciones alcohólicas es que no dejan residuos corrosivos sobre los objetos metálicos. Las soluciones acuosas de etanol al 70% (v/v) pueden utilizarse en la piel, las superficies de trabajo de las mesas de laboratorio y los gabinetes de seguridad biológica o centrífugas. Las mezclas con otros agentes son más eficaces que el alcohol aislado así por ejemplo el etanol al 70% con 100 g/l de formaldehído o con 2 g/l de cloro libre es mucho más eficaz que el etanol aislado.

Los alcoholes son volátiles e inflamables y no deben utilizarse en las proximidades de llamas expuestas. Las soluciones de trabajo deben almacenarse en recipientes apropiados para evitar la evaporación. Los alcoholes pueden endurecer el caucho y disolver ciertos tipos de pegamentos por lo que no deberán usarse en paneles de LCD ni “touchpads”. Los frascos que contengan soluciones con alcohol deben rotularse con claridad para evitar que sean introducidos a la autoclave en donde pudieran representar un riesgo de incendio o explosión.

La batas contaminadas por material biológico de alto riesgo (alícuotas virales, medios de cultivo de células o tejidos animales y/o bioespecímenes conocidos de alto riesgo), sustancias tóxicas o por sustancias radiactivas deberán ser destruidas, **bajo ninguna circunstancia se deberá intentar lavarlas o descontaminarlas.**

La destrucción de las batas contaminadas por material biológico de alto riesgo o sustancias tóxicas se realizará por incineración (vía servicio de incineración de residuos tóxicos institucional).

La descontaminación de batas contaminadas por material biológico de bajo riesgo (medios de cultivo, alícuotas de cultivos bacterianos o fúngicos no patogénicos, ácidos nucleicos, sustancias inmunomoduladoras y gases criogénicos) hará uso del ciclo de esterilización de instrumentos por autoclave (121°C por 20 minutos).

Todo derrame de material biológico será inmediatamente reportado al supervisor del laboratorio y remediado de acuerdo a los siguientes lineamientos:

1. Alerte al personal del derrame, evite su circulación por la zona del derrame y apague el sistema de ventilación o aire acondicionado del laboratorio.
2. Acerque al sitio del derrame el *kit de remediación y descontaminación biológica* (ver tabla 18) y un recipiente o bolsa de residuos biológico infecciosos.
3. Cíérrese la bata completamente, colóquese una respirador N95 (o superior en caso de que el grupo de riesgo previsible así lo indique), goggles y/o careta facial.
4. Colóquense guantes de látex o nitrilo y por encima de ellos guantes de neopreno grueso desechables.
5. Cubra el derrame con tantas toallas de papel como sea necesario comenzando de afuera hacia adentro.
6. Rocíe hasta empapar las toallas de papel y la periferia del derrame con NaOCl al 5% comenzando desde el exterior hacia el centro.
7. Permita el contacto del cloro con las toallas durante 3 minutos y comience a retirar las toallas cuidadosamente con las manos enguantadas comenzando por el exterior y trabajando hacia el centro del derrame. (NOTA: aquellos derrames en que se haya roto cristalería deberán ser manejados únicamente con pinzas largas o con el recogedor y cepillo, ¡NUNCA CON LAS MANOS!).
8. Repita los pasos 5 a 6 tres veces más expandiendo con cada aspersión el diámetro de la zona descontaminada.
9. Coloque todo el material (incluyendo cepillo y recogedor) en el interior de la bolsa de residuos biológico-infecciosos, séllela y colóquela dentro de otra bolsa similar. Lávense los guantes de neopreno con NaOCl al 5%, retíreselos y deséchelos en la segunda bolsa de residuos biológico-infecciosos. Lávese los guantes de látex o nitrilo con NaOCl al 5% y colóquelos también en la segunda bolsa de residuos biológico-

- infecciosos. Selle la segunda bolsa y colóquela en el recolector de residuos correspondiente.
10. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

Tabla 18. Contenido del kit de remediación y descontaminación biológica.

Tina con tapa con capacidad de 20 litros.
Paquete de 200 toallas de papel absorbentes.
Bolsa con 1 Kg. de arena fina absorbente.
Aspersor de 500 ml con NaOCl al 5%.
Aspersor de 500 ml con etanol al 70%.
Recogedor y cepillo de plástico.

Si se sabe o se sospecha que se ha roto un tubo durante el proceso de centrifugación, habrá que detener el rotor y dejar la centrífuga cerrada durante aproximadamente 30 minutos para permitir que los aerosoles se asienten. Si la ruptura se descubre cuando la máquina se ha detenido, se deberá volver a tapar inmediatamente y permitir su reposo durante 30 minutos para minimizar la exposición a aerosoles. En ambos casos, se dará aviso a los demás investigadores y al supervisor del laboratorio.

La remediación y descontaminación de los **derrames ocurridos dentro de centrífugas** se deberá apegar a los siguientes lineamientos:

1. Alerta al personal del derrame, evite su circulación por la zona del derrame y apague el sistema de ventilación o aire acondicionado del laboratorio.
2. Acerque al sitio del derrame el *kit de remediación y descontaminación biológica* (ver tabla 18) y un recipiente o bolsa de residuos biológico infecciosos.
3. Cíérrese la bata completamente, colóquese una respirador N95 (o superior en caso de que el grupo de riesgo previsible así lo indique), goggles y/o careta facial.
4. Colóquense guantes de látex o nitrilo y por encima de ellos guantes de neopreno grueso desechables.
5. Recolecte cuanto líquido derramado en el interior de la centrífuga sea posible con toallas de papel.
6. Lave el interior de la centrífuga, rotor, canastas, adaptadores y tapas de contención de aerosoles con toallas de papel o con paños de tela humedecidos en NaOCl al 5%, comenzando desde el exterior hacia el centro.
7. Repita los pasos 4 a 5 tres veces más expandiendo con cada aspersion el diámetro de la zona descontaminada hasta cubrir las inmediaciones de la centrífuga y su exterior.
8. Lave el rotor, canastillas, adaptadores y tapas de contención de aerosoles en el lavabo con agua jabonosa y los cepillos correspondientes con abundante agua. Al termina enjuague con agua destilada, rocíelos con etanol al 70% y permita su secado en posición invertida.
9. Enjuague el interior de la centrífuga con un paño humedecido en solución diluida de agua destilada jabonosa para eliminar los residuos de NaOCl que pudieran haber quedado en la superficie.
10. Rocíe con etanol al 70% y seque a la perfección la superficie interior de la centrífuga.
11. Permita el secado del interior de la centrífuga y accesorios durante al menos 12 horas.

12. Coloque todo el material (incluyendo cepillo y recogedor) en el interior de la bolsa de residuos biológico-infecciosos, séllela y colóquela dentro de otra bolsa similar. Lávense los guantes de neopreno con NaOCl al 5%, retíreselos y deséchelos en la segunda bolsa de residuos biológico-infecciosos. Lávese los guantes de látex o nitrilo con NaOCl al 5% y colóquelos también en la segunda bolsa de residuos biológico-infecciosos. Selle la segunda bolsa y colóquela en el recolector de residuos correspondiente.
13. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

Los tubos rotos, fragmentos de vidrio, canastas, adaptadores al igual que el rotor se podrán sumergir en un solución de NaOCl al 0.1% durante 30 minutos y posteriormente enjuagados con agua destilada. Al terminar de enjuagar serán colocados en agua destilada durante 10 minutos por sumersión para eliminar completamente los residuos de NaOCl. Finalmente, se limpiarán todas las piezas con toallas de papel humedecidas en etanol al 70%, dejándolas secar al menos 12 horas antes de volver a introducir las a la centrifuga.

Si se sospecha que se ha producido la ruptura de un tubo dentro de la canastilla y bajo la protección de la cubierta de contención de aerosoles, el rotor (o canastilla) deberá ser retirado de la centrífuga y trasladado al interior del gabinete de seguridad biológica para su ulterior descontaminación.

Todos los usuarios de cuarto de cultivo celular/tisular y de centrifugas deberán conocer el protocolo de remediación y descontaminación de derrames de materiales biológicos infecto-contagiosos.

Cuando se produzca un derrame de material biológico dentro del gabinete de seguridad biológica se deberá proceder de inmediato a su limpieza, sin apagar el soplador del mismo y sin encender la lámpara ultravioleta de su interior.

La remediación y descontaminación de los **derrames ocurridos dentro de gabinetes de seguridad biológica** se deberá apegar a los siguientes lineamientos:

1. Alerte al supervisor del laboratorio del derrame y pida ayuda de un colega.
2. Acerque al gabinete correspondiente el *kit de remediación y descontaminación biológica* (ver tabla 18) y un recipiente o bolsa de residuos biológico infecciosos.
3. Colóquese una respirador N95 (o superior en caso de que el grupo de riesgo previsible así lo indique), goggles y/o careta facial.
4. Colóquense guantes de látex o nitrilo y por encima de ellos guantes de neopreno grueso desechables y séllese alrededor de la bata con cinta adhesiva para evitar la entrada de líquidos durante las operaciones de limpieza.
5. Recolecte la totalidad del líquido derramado en el interior del gabinete con toallas de papel.
6. Lave el interior del gabinete con toallas de papel o con paños de tela humedecidos en NaOCl al 0.5%, comenzando desde el exterior hacia el interior del mismo, primero cubriendo la parte posterior de la ventana frontal seguida de las paredes laterales, seguidas de la pared trasera y al final el área de trabajo. De ser necesario desarme el piso del área de trabajo para recolectar líquido derramado y limpiar el interior del ducto inferior.
7. Repita el paso anterior una vez más empleando un paño de tela o toallas de papel humedecidas en agua destilada para eliminar los residuos de NaOCl.
8. Repita el paso número 5 nuevamente con un paño de tela o toallas de papel humedecidas en etanol al 70% para secar por completo el interior del gabinete.

9. Limpie las superficies (equipos, paredes y pisos) del cuarto limpio, del cuarto de cultivo celular/tisular o del laboratorio en que esté localizado el gabinete con NaOCl al 0.1%.
10. Coloque todo el material (incluyendo cepillo y recogedor) en el interior de la bolsa de residuos biológico-infecciosos, séllela y colóquela dentro de otra bolsa similar. Lávense los guantes de neopreno con NaOCl al 5%, retíreselos y deséchelos en la segunda bolsa de residuos biológico-infecciosos. Lávese los guantes de látex o nitrilo con NaOCl al 5% y colóquelos también en la segunda bolsa de residuos biológico-infecciosos. Selle la segunda bolsa y colóquela en el recolector de residuos correspondiente.
11. Con la ventana frontal aun abierta y el soplador del gabinete encendido active la lámpara germicida del interior y evacue el área inmediata al gabinete de personas para permitir un ciclo de esterilización ultravioleta de 15 minutos. Durante este tiempo podrán activarse las lámparas germicidas de techo del laboratorio para descontaminar también el ambiente del mismo.
12. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

La descontaminación de espacios (cuartos de cultivo, cuartos limpios o laboratorios enteros) constituye una actividad altamente especializada que solo debiera ser intentada por personal capacitado utilizando el equipo de protección personal correspondiente.

Si bien la fumigación de espacios constituye el método de descontaminación más común y efectivo para laboratorios BSL-4 los laboratorios BSL-3 o inferiores rara vez requieren de este procedimiento, debiendo preferirse en su lugar la descontaminación directa de superficies con soluciones apropiadas (véase abajo). Por ello es imprescindible que los laboratorios BSL-2 y BSL-3 posean superficies lavables resistentes a las soluciones de descontaminación más comunes (NaOCl, alcoholes, desinfectantes hospitalarios, etc.). No obstante, las penetraciones de la instalación eléctrica, plomería o puertos de servicio de los laboratorios BSL-3 deberán permitir su sello hermético para la eventual fumigación de su interior.

El diseño de laboratorios BSL-4, en cambio, debe incorporar medidas ingenieriles que permitan tanto la descontaminación directa de superficies como la fumigación, de tal modo en que el sello hermético de las penetraciones eléctricas, de plomería y puertos de servicios deberán verificarse de manera periódica. Los laboratorios BSL.4 deben ser descontaminados periódicamente por fumigación, especialmente antes de realizar procedimientos de mantenimiento, reparación y certificación de equipo e instrumentos.

El tipo de procedimiento de descontaminación de espacios o equipo dependerá en gran parte del tipo de agentes patogénicos típicamente manipulado en dichos espacios o equipo.

El agente más empleado para descontaminar espacios físicos es el **formaldehído**, el cual es empleado a razón de 0.3 gramos por pie cúbico durante al menos cuatro horas. El gas de formaldehído se genera calentando paraformaldehído en hojuelas (0.3 grs./Cf.) en una sartén dentro del área por fumigar. Para que sea exitosa la fumigación se debe controlar la humedad relativa del ambiente a fumigar para que ésta supere en todo momento el 80%. Si bien el formaldehído es muy efectivo para eliminar a microorganismos, su toxicidad también representa un riesgo para el personal humano.

Una alternativa económica, menos tóxica y mucho más fácil de implementar que la fumigación con formaldehído es la fumigación con **peróxido de hidrógeno**. El peróxido de hidrógeno ha demostrado capacidad esporicida a concentraciones de entre 0.5 y <10 mg/L durante al menos una hora. El peróxido de hidrógeno no tiene efectos tóxicos sustanciales sobre personas y su único producto residual es el agua. No obstante su uso está relegado a la fumigación de espacios pequeños, gabinetes de seguridad biológica clase II y III y para cuartos pequeños. La fumigación con peróxido de hidrógeno no requiere de que se controle la humedad relativa para ser efectiva.

Otra alternativa un poco más compleja pero eficiente es la fumigación con **dióxido de cloro gaseoso** tanto para laboratorios completos, equipo, gabinetes e incubadoras. La concentración óptima es de alrededor de 10 mg/L con un tiempo de contacto de una a dos horas. El dióxido de cloro posee los mismos efectos virucidas, bactericidas y esporicidas del cloro gaseoso pero a diferencia del segundo no genera trihalometanos ni se combina con el amoníaco para producir cloraminas. Al igual que sucede para el peróxido de hidrógeno no requiere de un control de la humedad relativa del ambiente por descontaminar y el dióxido de cloro gaseoso es rápidamente fotohidrolizado por luz de rango visible.

La persona afectada deberá quitarse la ropa protectora, lavarse las manos y la parte lesionada, aplicarse un desinfectante cutáneo apropiado y buscar la atención médica que sea precisa. Se notificará la causa de la herida y los microorganismos implicados; se mantendrán registros médicos apropiados y completos.

Toda lesión por utensilios o desechos punzo-cortantes contaminados por líquidos biológicos será reportada inmediatamente (en menos de 30 minutos) al jefe del laboratorio quien juzgará la necesidad y aplicabilidad del régimen de Profilaxis Post-Exposición (PEP) contra HIV, HBV y HCV.

Ante accidentes que conlleven el riesgo de generación de aerosoles, todas las personas deberán evacuar inmediatamente la zona afectada; las personas expuestas serán enviadas de inmediato para recibir atención médica. Se informará inmediatamente al director del laboratorio y al funcionario de bioseguridad. Nadie podrá entrar en el local durante un tiempo prudencial (por ejemplo, una hora), de modo que los aerosoles puedan salir y se depositen las partículas más pesadas. Si el laboratorio no cuenta con un sistema central de evacuación de aire, la entrada se retrasará (por ejemplo durante 24 horas).

Se colocarán señales indicando que queda prohibida la entrada. Al cabo del tiempo apropiado, se procederá a la descontaminación bajo la supervisión del funcionario de bioseguridad. Para ello habrá que utilizar ropa protectora y protección respiratoria apropiadas.

Tabla 19. Utilidad práctica de desinfectantes de uso común.

Desinfectante		Requisitos prácticos				Eficacia de inactivación				
Tipo	Categoría	Dilución de uso	Tiempo de contacto		Temp	Humedad relativa	Bacterias vegetativas	Lipovirus	Virus no envueltos	Esporas bacteriaianas
			Lipovirus	Amplio espectro						
Líquido	Amonio cuaternario	0.1%–2.0%	10	No efectivo	Variable		+	+	?	?
	Fenólicos	1.0%–5.0%		No efectivo			+	+	Variable	?
	Cloro	500 ppm		30			+	+	+	+
	Yodo	25–1600 ppm		30			+	+	+	+
	Etanol	70%–85%		No efectivo			+	+	Variable	?
	Isopropanol	70%–85%		No efectivo			+	+	Variable	?
	Formaldehído	0.2%–8.0%		30			+	+	+	+
	Glutaraldehído	2.0%		30			+	+	+	+
Gas	Oxido de etileno	8–23 g/cf	60	60	37	30	+	+	+	+
	Paraformaldehído	0.3 g/cf		60	23	60	+	+	+	+

11.3 Descontaminación y remediación de derrames de sustancias radiactivas.

[Regresar al índice de contenido](#)

Las batas, guantes, ropa de cualquier tipo y materiales contaminados por sustancias radiactivas deberán ser colocados dentro de dos bolsas de plástico grueso, las cuales deberán a su vez ser colocadas en un contenedor con el blindaje apropiado para el isótopo contaminante. Dicho contenedor deberá estar dotado del símbolo internacional de peligro radiológico y una etiqueta que indique su contenido, el tipo de isótopo presente, los niveles de actividad de superficie al momento de sellar el contenedor (Bq/h), la fecha de cierre y el nombre de la persona responsable.

En cuanto se detecte la presencia de contaminación radiológica, utilice el monitor radiológico apropiado para el isótopo en cuestión (contador Geiger o detector de Ioduro de Sodio) y documente el nivel de fondo de radiación (cuentas por minuto) y estime el tamaño del área contaminada y marque su perímetro con un lápiz o marcador sobre la superficie.

Si algún equipo o instrumento ha sido contaminado con radioisótopos éste deberá ser lavado con una solución de descontaminación apropiada para el tipo de isótopo en cuestión y posteriormente enjuagado con agua destilada y etanol al 70%. Si llegase a ser necesario el desensamblar dicho equipo para proceder con el protocolo de descontaminación, cada paso de desmantelamiento deberá ser monitoreado cercanamente con un detector apropiado para evaluar el tipo de emisiones presentes y su intensidad con tal de evitar la exposición del personal humano.

Todo equipo contaminado deberá permanecer en el laboratorio y sitio original hasta su descontaminación total y hasta que se documente la ausencia de actividad de superficie. En algunos casos será preferible desechar el equipo contaminado como desecho radiactivo y reemplazarlo por uno nuevo, especialmente cuando éste ha sido contaminado por isótopos de larga vida media, de alta actividad o difíciles de descontaminar por completo.

Los artículos y materiales de cristal, vidrio o porcelana podrán ser descontaminados con detergentes, ácidos fuertes, citrato de amonio, fosfato trisódico, ácido crómico o bifluoruro de amonio.

Los objetos o utensilios metálicos podrán ser descontaminados con detergentes, ácidos fuertes diluidos (ácido nítrico) con solución de citrato de sodio al 10% o con bifluoruro de amonio.

Antes de remediar derrames o incidentes radiológicos el personal deberá colocarse la bata, delantal radiológico (de existir), cubrecalzado o botas de neopreno, goggles, doble guante y un respirador de alta eficiencia tipo PAPR o SCBA. Si existe la posibilidad de que el material radiológico haya sido aerosolizado se deberá ventilar el laboratorio de manera direccional (forzando el aire desde áreas limpias hasta las contaminadas), filtrando el aire de salida a través de un filtro HEPA.

Para evaluar el grado de contaminación empleando un monitor radiológico siga los siguientes pasos:

1. Encienda el monitor y revise el nivel de carga de la batería presionando el botón de verificación operativa. De estar en buen estado la batería el monitor deberá indicarlo con una lámpara indicadora, de no ser así, reemplace la batería y verifique su funcionamiento nuevamente.
2. Evalúe el funcionamiento del monitor antes de evaluar los niveles de contaminación tomando una lectura de radiación de fondo. Primeramente anote el nivel de radiación de fondo esperado para el instrumento (localizado usualmente en una etiqueta de calibración adherida al mismo aparato). Encienda el monitor, acérquelo a la fuente de referencia (usualmente acoplada al mismo detector) y gire la perilla del discriminador hacia una posición intermedia que no permita que la aguja tope en el extremo del dial. Deseche y reemplace el instrumento si la lectura de la fuente de referencia es inferior o superior al 20% de la lectura que la etiqueta de calibración indica.
3. Lleve el monitor a un área lejana de fuentes de radiación y tome lectura de la radiación de fondo. La lectura típica para contadores Geiger-Muller es de 100 cuentas por minuto (cpm) mientras que la de instrumentos con cristales de centelleo a base de NaI suele ser de 300 cpm. Si la lectura del instrumento es mayor a la esperada verifique que no existan fuentes de radiación natural cercanas y de ser necesario notifique al oficial de seguridad radiológica institucional de la presencia de un monitor radiológico contaminado.
4. Acerque el monitor radiológico a una distancia de 1 cm de la superficie contaminada y anote la lectura. No coloque Parafilm™, preservativos ni ningún otro protector sobre el detector del instrumento ya que

podieran blindar al instrumento de emisión beta de baja energía derivada de isótopos ^{14}C , ^{33}P y ^{35}S .

5. Considera la superficie bajo estudio como contaminada si muestra actividad (cpm) igual o superior a tres veces la radiación de fondo.
6. Inmediatamente informe al personal vecino y demás ocupantes del laboratorio de la presencia de la contaminación y proceda a descontaminarla.
7. Si el instrumento demuestra la presencia de actividad ligeramente superior (P. Ej., inferior a los 300 cpm e un contador Geiger-Muller) proceda a recoger el polvo de la superficie con un paño húmedo y colóquelo entonces bajo el detector para confirmar o descartar la presencia de contaminantes.
8. Documento los resultados del monitoreo radiológico ante cualquier nivel de contaminación.

11.4 Descontaminación y remediación de derrames de ácidos nucleicos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Todo derrame de ácidos nucleicos concentrados (muestras de DNA extraído, productos de PCR, marcadores de peso molecular para electroforesis, productos de clonación o plásmidos) será inmediatamente descontaminado de acuerdo a los siguientes lineamientos:

1. Recójase la totalidad del líquido derramado con toallas de papel absorbente y colóquense éstas en una bolsa de plástico inmediatamente y sin colocar las toallas así humedecidas en ninguna superficie.
2. Fíjense los ácidos nucleicos a la superficie contaminada con etanol al 70% rociándola región del derrame a una distancia no menor de 30 cm.
3. Seque el etanol con toallas húmedas cloacándolas inmediatamente en la bolsa de recolección de desechos, repita pasos #2 y #3.
4. Empleando una esponja o estropajo sintético lave profusamente el área con una solución diluida de detergente doméstico y seque la superficie con toallas de papel absorbente.
5. Irradie la superficie contaminada con una lámpara portátil de luz ultravioleta de onda mediana o corta durante 5 minutos.
6. Alternativamente limpie la zona contaminada con soluciones comerciales tales como DNAZap™ (Applied Biosystems/Ambion, EEUUAA) o DNA-ExitusPlus™ (AppliChem GmbH, Alemania) siguiendo las instrucciones del fabricante.
7. Selle la bolsa de desechos y colóquela en la bolsa de residuos biológico-infecciosos correspondiente.
8. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

Para minimizar el riesgo de contaminación de las PCR's todos los procedimientos que involucren el pipeteo de ácidos nucleicos deberán hacer uso de puntas de micropipetas filtradas nuevas y/o recicladas pero irradiadas. No es recomendable reutilizar las puntas de micropipeta para la preparación de PCR's (pero pueden ser esterilizadas y descontaminadas para su empleo en la manipulación de productos de PCR o manipulación de células, cultivos, electroforesis y/o alícuotas virales).

Cada mes se deberán esterilizar y descontaminar todas las micropipetas empleadas para preparar PCR's o RT-PCRs al igual que aquellas empleadas para cargar geles y manipular productos de PCR de acuerdo al procedimiento

estándar de descontaminación/esterilización.

El procedimiento rutinario para descontaminar las micropipetas de ácidos nucleicos consta de los siguientes pasos: 1) limpiar el exterior con toallas de papel humedecidas en etanol al 70%; 2) Exponer cada lado de las micropipetas a la luz ultravioleta de onda mediana o corta durante 5 minutos.

El exterior de todos los instrumentos, equipo y aparatos deberá ser lavado semanalmente con toallas de papel humedecidas con etanol al 70%.

Todas las superficies de trabajo deberán ser descontaminadas al inicio y final de la jornada diaria con NaOCl al 0.1%.

Adicionalmente, cada semana se deberán limpiar las áreas de trabajo con esponja y detergente líquido y enjuagadas posteriormente con agua destilada y etanol al 70%.

11.5 Descontaminación y remediación de derrames de fluidos criogénicos.

[Regresar al índice de contenido](#)

Todos los derrames de líquidos criogénicos deberán ser tratados como derrames biológicos debido a su capacidad para albergar partículas virales.

La fase gaseosa del nitrógeno líquido (LN₂) alcanza temperaturas de -156 °C mientras que la fase líquida puede alcanzar temperaturas de hasta -196 °C. Ambas temperaturas pueden ocasionar lesiones térmicas inmediatas y severas a la piel desprotegida.

El LN₂ expande su volumen 694 veces al evaporarse, de tal modo que un litro de LN₂ efectivamente desplazará más de medio metro cúbico de aire respirable al evaporarse. El nitrógeno gaseoso es inodoro e incoloro, las nubes que salen del tanque de LN₂ al momento de abrirlo o llenarlo son ocasionadas por la condensación del vapor de agua ambiental y no representan la extensión del vapor de nitrógeno. La evaporación del LN₂ presente en los tanques de criopreservación puede provocar la muerte por asfixia al desplazar el oxígeno de áreas confinadas o mal ventiladas. Para minimizar el riesgo de muerte por asfixia se deberá ventilar la zona en que haya incurrido el derrame abriendo ventanas y preferiblemente evacuando el laboratorio por una hora o más (según la extensión del derrame).

Los derrames de líquidos criogénicos como el LN₂ deberán ser notificados al personal circundante, mismo que deberá ser evacuado inmediatamente del área para evitar quemaduras por congelación.

Debido a que los tanques de LN₂ usualmente son empleados para criopreservar bioespecímenes animales (de particular relevancia para almacenar líneas celulares transformadas por virus como el EBV), es muy probable que el LN₂ en que son sumergidos los crioviales se encuentre contaminado por partículas virales. Por ello los derrames de líquidos criogénicos deberán ser tratados de la misma manera en que los derrames de material biológico y en apego a los lineamientos previamente expuestos para su resolución. No obstante, debido a que el perímetro del derrame no puede ser bien determinado tras el incidente, se exagerará este para incluir a toda la extensión del piso del laboratorio afectado.

Todo derrame de líquido criogénico será inmediatamente remediado de acuerdo a los siguientes lineamientos:

1. Alerta al personal del derrame, evite su circulación por la zona del derrame, mantenga encendido el sistema de ventilación o aire acondicionado del laboratorio y evacue el área por 30 minutos o hasta que no haya evidencia de condensación en el piso.
2. Abra ventanales o encienda campanas de extracción para purgar el nitrógeno evaporado.

3. Acerque al sitio del derrame el *kit de remediación y descontaminación biológica* y un recipiente o bolsa de residuos biológico-infecciosos.
4. Cierre la bata completamente, colóquese un respirador N95 y goggles.
5. Colóquese guantes de látex o nitrilo y por encima de ellos guantes de neopreno grueso desechables.
6. Cubra la totalidad de la extensión del piso del laboratorio afectado por el derrame con una solución de NaOCl al 0.5% empleando un trapeador.
7. Permita el contacto del cloro con el piso durante al menos 15 minutos (tiempo durante el cual no deberá estar ocupado el laboratorio) y posteriormente enjuague el piso con agua y limpiador doméstico para eliminar los residuos de NaOCl.
8. Llénese el *reporte de derrames e incidentes* correspondiente.

11.6 Investigación y reporte de derrames, lesiones, quemaduras e incidentes.

[Regresar al índice de contenido](#)

Todo derrame o incidente de contaminación por sustancias tóxicas, material biológico o radiactivo deberá ser reportado, documentado e investigado para corregir las posibles desviaciones operativas que lo hayan ocasionado. Para ello se deberá llenar el formato correspondiente (véase el formato de reporte del apéndice).

Todo derrame de material tóxico, biológico o radiactivo que resulte de la falta de apego a los lineamientos mencionados en este manual deberá ser sancionado y oficialmente reportado al nivel jerárquico inmediato superior de la institución.

12 Control Integral de Roedores y Artrópodos

[Regresar al índice de contenido](#)

El control integral de roedores y artrópodos constituye una parte esencial para el mantenimiento de un laboratorio de investigación biomédica ya que estas plagas no solo incurren en el riesgo de transmitir enfermedades a los investigadores sino también el de comprometer los resultados de investigación y la salud de la comunidad vecina al dispersar sustancias tóxicas, radiactivas o material biológico.

Si bien tradicionalmente se han empleado pesticidas para remediar y controlar la presencia de estas plagas, el control integral de roedores y artrópodos busca minimizar la aplicación de dichas sustancias adoptando un programa de mantenimiento estructural, de higiene y limpieza y de monitoreo adecuado.

La adopción de medidas ingenieriles tendientes a minimizar el ingreso de roedores y artrópodos constituye un paso esencial para su control, principalmente a través del uso de mallas anti-insectos en puertas y ventanas o del sellado de toda apertura estructural que brinde comunicación con el exterior.

El monitoreo de artrópodos y roedores constituye un segundo paso esencial basado en la colocación de trampas, en la inspección visual de la estructura física e instalaciones y en la entrevista del personal humano que trabaja en dichas instalaciones.

El monitoreo de los niveles de ocupancia por roedores y artrópodos del perímetro exterior del laboratorio se basará en el empleo de trampas cebadas las cuales deberán ser revisadas al menos mensualmente y el número de captura documentado. Si bien las trampas no buscan erradicar a la población de roedores y artrópodos, sí permiten evaluar su concentración en el perímetro a lo largo del año y de una manera costeable.

Para documentar los niveles históricos de infestación y facilitar la identificación de brotes de infestación es necesario adoptar un registro escrito de evidencia de infestación por roedores y artrópodos. Este registro pudiera incluso describir los protocolos de erradicación empleados o medidas tomadas para remediar la situación de tal modo en que se puedan refinar las estrategias de control de plagas.

El empleo de pesticidas será inevitable en algunas circunstancias por lo cual se deberá preferir el empleo de agentes con el menor nivel de toxicidad disponible y preferiblemente de depósito para prolongar su acción y minimizar las aplicaciones del mismo.

13 Apéndice

[Regresar al índice de contenido](#)

13.1 Consentimiento informado para toma de muestra de suero basal.

Fecha: _____

Por medio de la presente yo, (nombre) _____, adscrito al (laboratorio) _____ como (puesto) _____ certifico que he leído y comprendido el *Manual de Bioseguridad para Laboratorios de Investigación Biomédica* versión _____ y que las interrogantes que he tenido me han sido explicadas a entera satisfacción. Por medio del presente hago patente mi disposición y compromiso por apegarme a los lineamientos expuestos en este manual y autorizo a que me sea tomada una muestra de suero basal con el objeto de auxiliar en la evaluación y tratamiento de posibles exposiciones ocupacionales a patógenos humanos. Igualmente, acepto someterme a una evaluación médica y análisis de laboratorio con tal de certificar mi estado de salud al inicio de mi adscripción y anualmente durante ella. Los laboratorios clínicos podrán incluir estudios de biometría hemática, química sanguínea, pruebas de funcionamiento hepático, tamizaje de HIV, HBV, HCV al igual que otros patógenos que a criterio del responsable del laboratorio convengan tamizar.

Entiendo que estos estudios tienen como objeto documentar mi estado de salud antes y durante mi participación en actividades que pudieran ponerme en riesgo y que no representa una medida de segregación laboral. Tengo entendido además que los resultados de estas evaluaciones no serán turnados a terceros sin mi autorización o sin la autorización de la persona a quien asigno como mi tutor en caso de que me encuentre imposibilitado de tomar la decisión yo mismo.

Nombres y firmas

Del interesado: _____

Del responsable del laboratorio: _____

Del tutor autorizado: _____

Datos de contacto del tutor autorizado: Tel.: _____ Cel.: _____

13.2 Simbología universal para laboratorios de investigación biomédica



Sustancia flamable



Sustancia explosiva



Sustancia corrosiva



Sustancia toxica



Toxico ambiental



Sustancia oxidante



Material peligroso



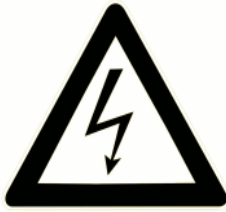
Atención



Baja temperatura



Radiación no-ionizante



Alto voltaje



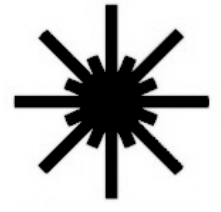
Gas comprimido



Fuente de calor



Emisión LASER



Luz ultravioleta



Peligro biológico



Peligro radiológico



Guantes obligatorios



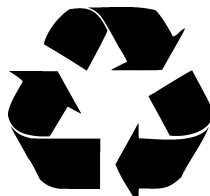
Goggles obligatorios



Respirador obligatorio



Traje obligatorio



Reciclable



Defibrilador



Extintor



Estación lavado



Primeros auxilios

13.3 Formato de seguimiento médico de personal de laboratorio.

Evaluación inicial y antecedentes clínicos

Nombre del personal entrevistado:

Médico: Cédula DGP:

Fecha de evaluación inicial: Fecha toma suero basal:

Flebotomista: Fecha adscripción:

Sexo: Masc Fem Edad: Fecha de nacimiento:

El individuo entrevistado ha sido diagnosticado con...	Tuberculosis	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	HIV/SIDA	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Hepatitis viral	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Anemia	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Cáncer de cualquier tipo	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Diabetes tipo I o II	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Inmunodeficiencia otra a HIV/SIDA	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Insuficiencia renal	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Cardiopatía e hipertensión	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Padecimiento autoinmune	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
Epilepsia o migrañas	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa	

El individuo entrevistado ha presentado a lo largo de su vida...	Hemoptisis o esputo sanguinolento	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Infecciones recurrentes o de repetición	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Ictericia, acolia o coluria	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Síndrome febril > semana de evolución	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Eventos hemorrágicos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Hematuria, melena, epistaxis recurrente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Enfermedad exantemática febril	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa

	Biometría hemática	
	Rango normal	Resultados
Eritrocitos	4.2 - 5.4, 4.7 - 6.1	
Hb	12.1 - 15.1, 13.8 - 17.2	
Hct	36.1 - 44.3, 40.7 - 50.3	
VCM	80 - 95	
Leucocitos	4,500 - 10,000	
Neutrófilos	40 - 60%	
Eosinófilos	1 - 4%	
Basófilos	0.5 - 1%	
Linfocitos	20 - 40%	
Monocitos	2 - 8%	
Bandas	0 - 3%	
Plts	150,000 - 400,000	

	Pruebas de funcionamiento hepático	
	Rango normal	Resultados
Albúmina	3.4 - 5.4 g/dl	
Fosfatasa alcalina	44 - 147 UI/L	
ALT/TGP		
AST/TGO	10 - 34 UI/L.	
Bilirrubina directa	0 - 0.3 mg/dl	
Bilirrubina indirecta	0.3 - 1.9 mg/dl	
Gamaglutamil Transf.	0 - 51 UI/L.	
DHL	105 - 333 UI/L	

HBV-PCR	
HIV-PCR	
CMV-PCR	

Riesgo de exposición ocupacionalRiesgos laborales: Química Biológica Radiológica Criogénica Carcinógenos/mutágeno

Indique el tipo de sustancia tóxica con la que trabajará y su principal órgano blanco o toxicidad:	

Indique el tipo de agentes biológicos con los que trabajará y su nivel de bioseguridad:	

Radioisótopos con los que trabajará y tipo de emisión:	

Profilaxis ocupacional

Vacuna anti-HBV Indicada para todo el personal involucrado en actividades de manipulación de suero, plasma o sangre entera y/o sus derivados o cualquier fluido biológico o tejido derivado de humanos o simios infectados. El booster se debe aplicar cada 7 años o antes si existe evidencia serológica de caída de títulos.	D0	dd/mm/aaaa
	M1	dd/mm/aaaa
	M3	dd/mm/aaaa
	Booster 1	dd/mm/aaaa
	Booster 2	dd/mm/aaaa
	Booster 3	dd/mm/aaaa
	Booster 4	dd/mm/aaaa

Vacuna anti-rabia Indicada para todo el personal involucrado en actividades de manipulación del virus de la rabia o sus reservorios animales. Los boosters deberán aplicarse cuando la titulación de anticuerpo, realizada cada 6 meses, sea < 0.5 UI (1:5). Los trabajadores de bioterios con animales no infectados pero reservorios potenciales deberán realizarse la titulación de anticuerpos cada 2 años.	D0	dd/mm/aaaa
	D7	dd/mm/aaaa
	D21	dd/mm/aaaa
	Booster 1	dd/mm/aaaa
	Booster 2	dd/mm/aaaa
	Booster 3	dd/mm/aaaa
	Booster 4	dd/mm/aaaa

Vacuna anti-influenza estacional y/o anti-influenza pandémica A(H1N1) Indicada para todo el personal involucrado en actividades de manipulación muestras respiratorias o tejidos respiratorios tanto humanos como de cualquier animal. La vacuna es reformulada anualmente por lo que será necesario recibir la inmunización anual correspondiente.	A1	dd/mm/aaaa
	A2	dd/mm/aaaa
	A3	dd/mm/aaaa
	A4	dd/mm/aaaa
	A5	dd/mm/aaaa
	A6	dd/mm/aaaa
	A7	dd/mm/aaaa
	A8	dd/mm/aaaa
	A9	dd/mm/aaaa
	A10	dd/mm/aaaa

Seguimiento médico ulterior

Médico:

Fecha:

¿El investigador ha presentado alguna enfermedad o sintomatología sugestiva de enfermedad infecciosa-contagiosa? (desde su última evaluación) Si No

Indique:

¿Ha presentado cuadro febril agudo en las últimas 2 semanas o desde la última ocasión que fue evaluado?: Si No

¿Ha presentado cuadro febril agudo en las últimas 2 semanas o desde la última ocasión que fue evaluado?: Si No

El investigador entrevistado ha presentado (desde la última evaluación médica)...	Hemoptisis o esputo sanguinolento	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Infecciones recurrentes o de repetición	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Ictericia, acolia o coluria	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Síndrome febril > semana de evolución	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Eventos hemorrágicos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Hematuria, melena, epistaxis recurrente	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa
	Enfermedad exantemática febril	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	mm/aaaa

¿El investigador se ha visto implicado en derrames de material biológico, radiológico o tóxico?: Si No

¿El investigador se apega a los lineamientos de bioseguridad estipulados en el manual correspondiente?: Si No

¿Se verificó el uso correcto de respiradores y goggles por parte del investigador? Si No

¿Ha recibido el esquema de inmunizaciones completo y en tiempo? Si No

¿El investigador evaluado se sabe embarazado? Si No

Seguimiento virológico (resultado/mes y año)

	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa	mm/aaaa
HBV-PCR								
HIV-PCR								
CMV-PCR								

Fecha de próxima evaluación programada:

13.4 Formato de reporte de derrames e incidentes.**Formato de reporte de derrames e incidentes**

Folio de reporte:		Fecha:	dd / mmm / aa	Hora (24 hrs):	hh:mm
Responsable del llenado:					
Responsable del manejo del derrame/incidente:					
Lugar en que ocurrió el derrame/incidente:					
Tipo de sustancia/material involucrado:	<input type="checkbox"/> Químico tóxico <input type="checkbox"/> Carcinógeno/mutágeno <input type="checkbox"/> Biológico nivel de riesgo 2 <input type="checkbox"/> Biológico nivel de riesgo 3 <input type="checkbox"/> Biológico nivel de riesgo 4 <input type="checkbox"/> Fluidos criogénicos (LN ₂) <input type="checkbox"/> Radiológico, Tipo de emisión _____, isótopo: _____				
Descripción del incidente					

Reporte de individuos expuestos (*El número del caso/paciente no es indicativo de su prioridad o severidad.)

# Caso *	Nombre completo	Adscripción	Teléfono
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			

Reporte individual - Caso #1

Nombre:			Edad:		Sexo:	<input type="checkbox"/> Fem	<input type="checkbox"/> Masc	
Ruta de exposición:	<input type="checkbox"/> Inhalación (respiratoria) <input type="checkbox"/> Ingestión (gastrointestinal) <input type="checkbox"/> Contacto directo (piel) <input type="checkbox"/> Contacto mucosas (oral o conjuntival) <input type="checkbox"/> Parenteral (lesión punzo-cortante)							
¿Sufrió quemaduras?	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si →	<input type="checkbox"/> Alta temperatura <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Química					
Extensión de quemadura:	%	ver diagrama anexo →						
Grado de la quemadura:	<input type="checkbox"/> 1 ^{er} grado, lesión eritematosa o blanquecina <input type="checkbox"/> 2 ^{do} grado, lesión con ampolla. <input type="checkbox"/> 3 ^{er} grado, pérdida de piel, involucra músculo, tendón o hueso.							
Seguimiento:	<input type="checkbox"/> Consulta externa	Médico tratante:						
	<input type="checkbox"/> Hospitalizado	Hospital:						
	<input type="checkbox"/> Tx farmacológico	Fármacos:						

Reporte individual - Caso #2

Nombre:		Edad:		Sexo: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	
Ruta de exposición:		<input type="checkbox"/> Inhalación (respiratoria) <input type="checkbox"/> Ingestión (gastrointestinal) <input type="checkbox"/> Contacto directo (piel) <input type="checkbox"/> Contacto mucosas (oral o conjuntival) <input type="checkbox"/> Parenteral (lesión punzo-cortante)			
¿Sufrió quemaduras? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si →		<input type="checkbox"/> Alta temperatura <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Química			
Extensión de quemadura: _____ %		ver diagrama anexo →			
Grado de la quemadura:		<input type="checkbox"/> 1 ^{er} grado, lesión eritematosa o blanquecina <input type="checkbox"/> 2 ^{do} grado, lesión con ampolla. <input type="checkbox"/> 3 ^{er} grado, pérdida de piel, involucra músculo, tendón o hueso.			
Seguimiento:		<input type="checkbox"/> Consulta externa Médico tratante: <input type="checkbox"/> Hospitalizado Hospital: <input type="checkbox"/> Tx farmacológico Fármacos:			

Reporte individual - Caso #3

Nombre:		Edad:		Sexo: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	
Ruta de exposición:		<input type="checkbox"/> Inhalación (respiratoria) <input type="checkbox"/> Ingestión (gastrointestinal) <input type="checkbox"/> Contacto directo (piel) <input type="checkbox"/> Contacto mucosas (oral o conjuntival) <input type="checkbox"/> Parenteral (lesión punzo-cortante)			
¿Sufrió quemaduras? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si →		<input type="checkbox"/> Alta temperatura <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Química			
Extensión de quemadura: _____ %		ver diagrama anexo →			
Grado de la quemadura:		<input type="checkbox"/> 1 ^{er} grado, lesión eritematosa o blanquecina <input type="checkbox"/> 2 ^{do} grado, lesión con ampolla. <input type="checkbox"/> 3 ^{er} grado, pérdida de piel, involucra músculo, tendón o hueso.			
Seguimiento:		<input type="checkbox"/> Consulta externa Médico tratante: <input type="checkbox"/> Hospitalizado Hospital: <input type="checkbox"/> Tx farmacológico Fármacos:			

Reporte individual - Caso # _____

Nombre:		Edad:		Sexo: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	
Ruta de exposición:		<input type="checkbox"/> Inhalación (respiratoria) <input type="checkbox"/> Ingestión (gastrointestinal) <input type="checkbox"/> Contacto directo (piel) <input type="checkbox"/> Contacto mucosas (oral o conjuntival) <input type="checkbox"/> Parenteral (lesión punzo-cortante)			
¿Sufrió quemaduras? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si →		<input type="checkbox"/> Alta temperatura <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Química			
Extensión de quemadura:		% ver diagrama anexo →			
Grado de la quemadura:		<input type="checkbox"/> 1 ^{er} grado, lesión eritematosa o blanquecina <input type="checkbox"/> 2 ^{do} grado, lesión con ampolla. <input type="checkbox"/> 3 ^{er} grado, pérdida de piel, involucra músculo, tendón o hueso.			
Seguimiento:		<input type="checkbox"/> Consulta externa Médico tratante:			
		<input type="checkbox"/> Hospitalizado Hospital:			
		<input type="checkbox"/> Tx farmacológico Fármacos:			

Reporte individual - Caso # _____

Nombre:		Edad:		Sexo: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	
Ruta de exposición:		<input type="checkbox"/> Inhalación (respiratoria) <input type="checkbox"/> Ingestión (gastrointestinal) <input type="checkbox"/> Contacto directo (piel) <input type="checkbox"/> Contacto mucosas (oral o conjuntival) <input type="checkbox"/> Parenteral (lesión punzo-cortante)			
¿Sufrió quemaduras? <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Si →		<input type="checkbox"/> Alta temperatura <input type="checkbox"/> Baja temperatura <input type="checkbox"/> Química			
Extensión de quemadura:		% ver diagrama anexo →			
Grado de la quemadura:		<input type="checkbox"/> 1 ^{er} grado, lesión eritematosa o blanquecina <input type="checkbox"/> 2 ^{do} grado, lesión con ampolla. <input type="checkbox"/> 3 ^{er} grado, pérdida de piel, involucra músculo, tendón o hueso.			
Seguimiento:		<input type="checkbox"/> Consulta externa Médico tratante:			
		<input type="checkbox"/> Hospitalizado Hospital:			
		<input type="checkbox"/> Tx farmacológico Fármacos:			



Manual de Bioseguridad
Para laboratorios de investigación biomédica
Quinta Edición
2012

Publicado por el
Laboratorio de Genómica Viral y Humana
de la Facultad de Medicina
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Primera edición: 12 de febrero del 2008
Segunda edición: 28 de octubre del 2008
Tercera edición: 26 de febrero del 2010
Cuarta edición: 19 de septiembre del 2011
Quinta edición: 18 de enero del 2012