

ERASMUS+ KA210-VET

Strategic Partnerships for Vocational Education and Training

MICROLABSECURE

Developing a Biosafety Training Program for
Preparedness for Future Disasters and Increasing the
Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals

PROGRAMA DE FORMACIÓN EN BIOSEGURIDAD (HANDBOOK)

Mejora de las Competencias Profesionales del Personal de
Laboratorios de Microbiología para la Preparación ante Desastres

Intellectual Output | Material de Formación



1. Información del Proyecto y Propósito del Manual

1.1 Identidad del Proyecto

Título del Proyecto: Developing a Biosafety Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals (MicroLabSecure)

Programa: Erasmus+ KA210-VET – Asociaciones a pequeña escala (Educación y Formación Profesional)

Grupo Objetivo: Profesionales de la salud que trabajan en laboratorios de microbiología (técnicos, especialistas, investigadores, formadores)

Enfoque Principal: Fortalecimiento de las prácticas de bioseguridad y bioprotección antes, durante y después de los desastres; garantizar la continuidad del servicio de laboratorio.

1.2 Propósito del Manual

Este Manual es uno de los principales Resultados Intelectuales del proyecto MicroLabSecure. Su propósito es dotar al personal de los laboratorios de microbiología de las competencias necesarias para trabajar de forma segura, sostenible y organizada en condiciones de desastre y extraordinarias.

El Manual consta de cinco módulos integrados. Cada módulo incluye objetivos de aprendizaje, resultados de aprendizaje, métodos, contenido práctico y herramientas de evaluación. El material ha sido diseñado para su uso tanto en formación presencial como en actividades de desarrollo profesional continuo institucional.

Los módulos se secuencian de forma complementaria: partiendo de la concienciación sobre los riesgos, avanzando a través de las instrucciones de bioseguridad, la respuesta de emergencia y la gestión de crisis, la recuperación post-desastre y, finalmente, el plan de desastres institucional, ofreciendo una vía de aprendizaje holística.

1.3 Público Objetivo

- Técnicos y especialistas de laboratorios de microbiología
- Responsables de laboratorio y de calidad
- Personal de control de infecciones y salud laboral
- Coordinadores de desastres y emergencias
- Formadores de instituciones de educación profesional

1.4 Enfoque de Aprendizaje

El Manual se basa en el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), el Aprendizaje Basado en Casos (CBL), el Aprendizaje Basado en Equipos (TBL) y las aplicaciones basadas en escenarios. La instrucción teórica se mantiene al mínimo; se enfatizan las habilidades de toma de decisiones, priorización y coordinación de equipos a través de escenarios realistas de desastre.

En cada módulo, los resultados de conocimiento, habilidades y actitudes se definen por separado; el proceso de aprendizaje se apoya en herramientas de evaluación (pre-test, post-test, encuesta de salida, presentación grupal).

2. Tabla de Contenidos

1. Información del Proyecto y Propósito del Manual

- 1.1 Identidad del Proyecto
- 1.2 Propósito del Manual
- 1.3 Público Objetivo
- 1.4 Enfoque de Aprendizaje

2. Tabla de Contenidos

3. MÓDULO 1 — Gestión de Riesgos, Riesgos de Laboratorio y Concienciación ante Desastres

- 3.1 Objetivo y Finalidad
- 3.2 Resultados de Aprendizaje
- 3.3 Métodos y Técnicas
- 3.4 Conceptos de Peligro y Riesgo
- 3.5 Método de Evaluación de Riesgos 5x5
- 3.6 Jerarquía de Seguridad del Laboratorio
- 3.7 Concepto y Clasificación de Desastres
- 3.8 Concienciación ante Desastres y Gestión de Riesgos
- 3.9 Bioterrorismo
- 3.10 Bioseguridad y Bioprotección
- 3.11 Riesgos Específicos de los Laboratorios en Situaciones de Desastre
- 3.12 Conclusión

4. MÓDULO 2 — Instrucciones de Bioseguridad de Laboratorio

- 4.1 Objetivo y Objetivos
- 4.2 Resultados de Aprendizaje
- 4.3 Métodos y Técnicas
- 4.4 Equipo de Protección Individual (EPI)
- 4.5 Gestión de Derrames / Liberaciones
- 4.6 Descontaminación
- 4.7 Gestión de Residuos

4.8 Notificación y Registro

4.9 Conclusión

5. MÓDULO 3 — Respuesta de Emergencia y Gestión de Crisis

5.1 Objetivo y Objetivos

5.2 Resultados de Aprendizaje

5.3 Métodos y Técnicas

5.4 Enfoque de Laboratorio Resiliente

5.5 Actividad de Preparación del Kit para Terremotos

5.6 Modelo de Laboratorio Hermano

5.7 Conclusión

6. MÓDULO 4 — Recuperación Post-Desastre, Resiliencia Psicológica y Mejora Continua

6.1 Objetivo y Objetivos

6.2 Resultados de Aprendizaje

6.3 Métodos y Técnicas

6.4 Importancia de los Laboratorios de Microbiología Después de los Desastres

6.5 Pasos de Reconstrucción

6.6 Fase de Sostenibilidad: Gestión Operativa

6.7 Riesgo de Epidemia Post-Desastre

6.8 Resiliencia Psicológica

6.9 Mejora Continua (AAR)

6.10 Conclusión

7. MÓDULO 5 — Plan de Desastres del Laboratorio y Gestión de Incidentes

7.1 Objetivo, Objetivos y Resultados de Aprendizaje

7.2 Métodos, Técnicas y Evaluación

7.3 Escenario: Aguas Crecientes

7.4 Pre-Desastre: Evaluación de Riesgos y Refuerzo de Infraestructuras

7.5 Durante el Desastre: Protocolos de Respuesta de Emergencia

7.6 Post-Desastre: Evaluación de Daños y Descontaminación

7.7 Principias Generales del Plan de Desastres

7.8 Responsabilidades Legales del Personal

7.9 Conclusión

8. Conclusión General y Recomendaciones Institucionales

9. References

3. MÓDULO 1 — Gestión de Riesgos, Riesgos de Laboratorio y Concienciación ante Desastres

3.1 Objetivo y Finalidad

Objetivo

Este módulo de formación tiene como objetivo enseñar a los profesionales de la salud que trabajan en laboratorios de microbiología a evaluar de forma sistemática los riesgos del laboratorio antes, durante y después de los desastres, y a comprender y aplicar las diferencias fundamentales entre los conceptos de bioseguridad y bioprotección. El módulo pretende asegurar que los participantes estén preparados para posibles escenarios de desastre y puedan gestionar eficazmente los riesgos en el entorno del laboratorio.

Finalidad

Definir estrategias de gestión de riesgos y procedimientos de seguridad del laboratorio, aplicarlos adaptándolos a escenarios de desastre, y desarrollar la competencia para gestionar simultáneamente los riesgos de bioseguridad y bioprotección.

3.2 Resultados de Aprendizaje

- Distinguir entre los conceptos de peligro y riesgo, y aplicar correctamente la matriz de evaluación de riesgos 5x5.
- Clasificar los tipos de desastres naturales e inducidos por el ser humano y analizar sus efectos sobre los procesos de laboratorio.
- Enumerar y aplicar las medidas de control de la jerarquía de seguridad del laboratorio por orden de prioridad.
- Distinguir entre los conceptos de bioseguridad y bioprotección y gestionarlos simultáneamente en situaciones de desastre.
- Reconocer escenarios de bioterrorismo y explicar los agentes de Categoría A del CDC y los protocolos de protección.
- Crear un mapa de vulnerabilidades específico de la institución y preparar un plan de acción de mejora.

3.3 Métodos y Técnicas

- Exposición magistral
- Aprendizaje Basado en Equipos
- Lluvia de ideas
- Gamificación

3.4 Conceptos de Peligro y Riesgo

En toda profesión existen peligros relacionados con la naturaleza del trabajo que afectan a la salud y la vida del empleado. El entorno del laboratorio es un lugar de trabajo de alto riesgo que combina peligros biológicos, químicos, físicos y ergonómicos.

PELIGRO:

Una fuente o situación que tiene el potencial de causar lesiones, enfermedades, daños o perjuicios.

RIESGO:

La combinación de la probabilidad de que ocurra el peligro y la gravedad de la consecuencia si se realiza esa probabilidad.

$$\text{RIESGO} = \text{PROBABILIDAD} \times \text{GRAVEDAD}$$

3.5 Método de Evaluación de Riesgos 5x5

Aunque existen muchos métodos diferentes para la evaluación de riesgos, la matriz 5x5 se encuentra entre las herramientas más utilizadas. La matriz 5x5 es una herramienta sistemática que visualiza la puntuación de riesgo obtenida multiplicando la probabilidad de que ocurra el peligro (1-5) por la gravedad de la posible consecuencia (1-5).

Codificación por colores: Verde (1-4) aceptable, Amarillo (5-9) bajo, Naranja (10-16) medio, Rojo (17-25) nivel de riesgo inaceptable.

Probabilidad / Gravedad	1	2	3	4	5
1 – Una vez al año (Insignificante)	1	2	3	4	5
2 – Una vez cada 3 meses	2	4	6	8	10
3 – Una vez al mes	3	6	9	12	15
4 – Una vez a la semana	4	8	12	16	20
5 – Todos los días	5	10	15	20	25

Ejemplo de aplicación: La probabilidad de un pinchazo con aguja de jeringa durante la extracción de sangre es “todos los días” (5 puntos), y la gravedad se calcula como “fatal” (5 puntos) debido al riesgo de transmisión de VIH (0,3%) y VHB (~1%); en consecuencia, $\text{RIESGO} = 5 \times 5 = 25 \rightarrow$ se determina un nivel de riesgo INACEPTABLE. En este caso, deben tomarse medidas bien para reducir la probabilidad de que ocurra el evento o para reducir la gravedad de la consecuencia.

3.6 Jerarquía de Seguridad del Laboratorio

La jerarquía de seguridad del laboratorio es una estructura piramidal que ordena las medidas de control según su eficacia, con las medidas que eliminan el peligro en su origen en la parte superior. Las medidas de seguridad que eliminan o reducen completamente el riesgo se ordenan de más fuertes a más débiles de la siguiente manera:

1. Eliminación completa del peligro
2. Sustitución del peligro por una alternativa menos arriesgada
3. Controles de ingeniería: Cabina de seguridad biológica (BSC), contenedores de objetos punzantes, automatización
4. Controles administrativos: Formación, procedimientos, planes de rotación
5. Equipo de Protección Individual (EPI): Guantes, bata, gafas, mascarilla

3.7 Concepto y Clasificación de Desastres

Un desastre es un conjunto de eventos que perturban el funcionamiento normal de una comunidad o institución, amenazan la salud humana y el medio ambiente, y requieren una respuesta rápida. Los desastres se examinan en dos categorías principales. Además, también pueden encontrarse eventos inducidos por el ser humano que pueden tener consecuencias graves en los laboratorios.

Desastres Naturales:

Terremoto, erupción volcánica, deslizamiento de tierra, avalancha, tormenta, tifón, huracán, tsunami, inundación, sequía, incendio, plaga de insectos, epidemia y pandemia.

Desastres Inducidos por el Ser Humano:

Guerra nuclear, biológica, física y química, explosión, bioterrorismo y liberación biológica, exposición química y envenenamiento.

Incidentes Artificiales de Laboratorio Inducidos por el Ser Humano:

Accidentes de laboratorio y fallos de equipos, gestión inadecuada de residuos, errores humanos, fallos de infraestructura, violaciones de bioprotección.

3.8 Concienciación ante Desastres y Gestión de Riesgos

La concienciación ante desastres abarca el reconocimiento de los posibles riesgos antes de que ocurra un evento, la anticipación de sus efectos y la realización proactiva de las preparaciones necesarias.

Identificación de Peligros

En primer lugar, debe realizarse una evaluación de la situación para identificar los peligros en el laboratorio.

Categoría de Peligro	Ejemplos Específicos del Laboratorio
	
	
	 Avrupa Birliği tarafından finansı edilmektedir

Físico	Incendio, inundación, terremoto, corte de energía, fallo del congelador a -80°C
Biológico	Fuga de cultivo, derrame, aerosolización, propagación de patógenos
Químico	Derrame de desinfectante/disolvente, incendio de material inflamable
Recursos Humanos	Pérdida de personal, barreras de transporte, turnos insostenibles
Suministro-Logística	Medios de cultivo, discos de antibióticos, interrupción del suministro de consumibles

Matriz de Evaluación de Riesgos (Probabilidad $\times$ Impacto)

Una vez identificados los peligros, debe evaluarse la probabilidad e impacto de cada uno y calcularse una puntuación de riesgo. A continuación, debe determinarse la prioridad según la puntuación resultante.

Factor de Riesgo	Probabilidad	Impacto	Puntuación	Prioridad
Terremoto	Alta	Muy alta	$5 \times 5 = 25$	Crítica
Corte de energía	Muy alta	Alta	$5 \times 4 = 20$	Crítica
Fallo congelador -80°C	Media	Muy alta	$3 \times 5 = 15$	Prioritaria
Imposibilidad de acceso del personal	Media	Alta	$3 \times 4 = 12$	Prioritaria
Derrame de cultivo	Baja/Media	Media/Alta	$2 \times 3 = 6$	Bajo control

3.9 Bioterrorismo

Cuando se menciona la palabra desastre, primero vienen a la mente los desastres naturales y se pasan por alto amenazas como el bioterrorismo. Los laboratorios de microbiología también deben estar preparados para tales intentos. El bioterrorismo es la liberación intencional de agentes biológicos con el objetivo de causar enfermedad, muerte, miedo o disrupción del orden social. Las poblaciones civiles, las fuentes de alimentos y agua, la agricultura y la ganadería, y los sistemas de salud pueden estar entre los objetivos.

En este contexto, los agentes microbiológicos más propensos a ser utilizados se clasifican dentro de la Categoría A del CDC:

- *Bacillus anthracis* – Ántrax

- Yersinia pestis – Peste
- Virus de la viruela – Viruela
- Francisella tularensis – Tularemia
- Toxina botulínica – Botulismo

3.10 Bioseguridad y Bioprotección

La bioprotección comprende todas las medidas institucionales y personales adoptadas para prevenir la adquisición no autorizada, el uso no autorizado y el uso indebido de materiales biológicos de alto riesgo como patógenos y toxinas, vacunas y productos farmacéuticos, y stocks de microorganismos.

La bioseguridad se centra en el manejo seguro de los patógenos dentro del laboratorio, el control de la formación de aerosoles, la exposición a agentes infecciosos, las superficies contaminadas, la transmisión secundaria, el equipo de protección individual, las cabinas de seguridad biológica (BSC), las prácticas de desinfección y esterilización. La bioprotección, por su parte, prioriza la prevención del acceso no autorizado, el robo de patógenos, las violaciones de la seguridad de los datos y el uso malicioso, así como las áreas de almacenamiento cerradas y los sistemas de tarjetas de acceso.

BIOSEGURIDAD	BIOPROTECCIÓN
Previene la exposición accidental	Previene el uso indebido intencional
Protege al personal del laboratorio	Protege los materiales biológicos
Centrada en el manejo seguro de patógenos	Centrada en el control de acceso y la monitorización
Ejemplo: Uso de EPI, reglas de trabajo en BSC	Ejemplo: Cierre de muestras y registro de acceso

3.11 Riesgos Específicos de los Laboratorios en Situaciones de Desastre

En los desastres, el riesgo se multiplica; los sistemas colapsan, el error humano aumenta y surgen vulnerabilidades de seguridad. Por lo tanto, se requiere una evaluación rápida de riesgos, priorización y gestión dual de riesgos (bioseguridad y bioprotección). La gestión del bioriesgo no se refiere solo a la seguridad, sino que también es el fundamento de las operaciones sostenibles del laboratorio.

Principios críticos en la gestión del bioriesgo:

- El riesgo siempre existe y debe gestionarse
- El factor humano es el mayor riesgo
- La formación es el control más fuerte
- La bioseguridad y la bioprotección son inseparables

Si no se ha llevado a cabo la preparación y la evaluación de riesgos antes de un desastre, se encuentran con frecuencia los siguientes errores: comenzar el trabajo sin evaluación de riesgos, violaciones del EPI, negligencia en el seguimiento de muestras, no notificar incidentes y pasar por alto la bioprotección.

3.12 Conclusión

En primer lugar, deben identificarse los peligros en los laboratorios; se debe avanzar según el principio de “reconocer el riesgo, controlarlo, gestionarlo”. Durante un desastre, los riesgos de bioseguridad y bioprotección emergen simultáneamente. El mayor error en una situación de desastre es “centrarse solo en la transmisión y olvidar la seguridad”. El enfoque correcto es gestionar tanto la bioseguridad como la bioprotección juntas mediante el enfoque de proteger a las personas, controlar el agente y gestionar el sistema. La bioseguridad te protege; la bioprotección protege a la sociedad.

4. MÓDULO 2 — Instrucciones de Bioseguridad de Laboratorio

4.1 Objetivo y Objetivos

Objetivo

El objetivo de este módulo de formación es permitir al personal de los laboratorios de microbiología reconocer de forma sistemática los riesgos de bioseguridad y desarrollar los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para controlar estos riesgos. El módulo aborda particularmente por qué los procedimientos estándar se vuelven más críticos en condiciones de desastre y extraordinarias, cómo se toman las decisiones correctas en entornos con recursos limitados e infraestructura dañada, y cómo la intervención individual se vincula a la cadena de notificación institucional.

Objetivos

1. Seleccionar el EPI adecuado según el nivel de riesgo, y colocárselo y quitárselo en la secuencia correcta.
2. Aplicar el algoritmo de intervención estándar (DETENER – COLOCAR EPI – AISLAR – NOTIFICAR – DESCONTAMINAR – REGISTRAR) en incidentes de derrame/liberación químicos y biológicos.
3. Seleccionar el agente de descontaminación adecuado, cumplir el tiempo de contacto y realizar la limpieza mecánica antes de la desinfección química.
4. Determinar correctamente la categoría de residuos, cumplir el código de colores y aplicar la regla de almacenamiento temporal de 48 horas en condiciones de desastre.
5. Llevar a cabo la notificación del incidente dentro de los plazos legales y completar el formulario de registro del incidente de forma completa.

4.2 Resultados de Aprendizaje

Resultados de Conocimiento

- Distinguir entre los conceptos de bioseguridad y bioprotección; explicar por qué la gestión simultánea de ambos es crítica en condiciones de desastre.
- Definir el sistema de clasificación BSL y los estándares de EPI requeridos para cada nivel.
- Explicar los riesgos que surgen en escenarios de derrame químicos y biológicos (tipos de exposición, vías de transmisión, valores umbral tóxicos).
- Conocer los mecanismos de acción, espectros de actividad y limitaciones de los agentes de descontaminación en condiciones de desastre.
- Explicar las definiciones de categorías según el Reglamento de Control de Residuos Médicos y la regla de almacenamiento temporal de 48 horas.

- Definir la notificación de accidente laboral de la Seguridad Social (Ley n.º 5510, art. 13), las obligaciones de notificación según la Ley de Medio Ambiente y los procesos de notificación de AFAD.

Resultados de Habilidades

- Utilizar la tabla de selección de EPI según el nivel de riesgo y aplicar la secuencia de colocación/retirada sin errores.
- Aplicar el algoritmo de gestión de derrames de seis pasos paso a paso en un escenario real.
- Seleccionar el agente de descontaminación, la concentración y el tiempo de contacto según la combinación patógeno-superficie.
- Determinar correctamente la categoría de residuos y el código de color; aplicar la categoría de mayor riesgo como prioritaria en residuos de patógenos mixtos.
- Completar de forma completa los campos obligatorios del formulario de registro del incidente y operar la cadena de notificación en la secuencia correcta.
- Mantener una nota manuscrita del incidente cuando se interrumpe la comunicación y seguir la ruta de notificación física.

Resultados de Actitud

- Adoptar el cumplimiento de los procedimientos de bioseguridad no como una preferencia individual sino como una obligación profesional y legal.
- Aceptar que las rutinas habituales pueden verse interrumpidas en condiciones de desastre y extraordinarias e internalizar estar preparado para esta situación de antemano como un valor institucional.
- Adoptar el hábito de llevar registros e informar como fundamento del aprendizaje institucional y de la seguridad del paciente.
- Estar dispuesto a informar a los colegas y asumir un rol de formador interno.

4.3 Métodos y Técnicas

En este módulo se utilizan conjuntamente las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y Aprendizaje Basado en Casos (CBL). Los participantes desarrollan estrategias de solución a través de escenarios realistas de desastre; construyen el conocimiento en el contexto de la aplicación en lugar de la recepción pasiva.

Caso 1 — Accidente de Derrame Químico Post-Terremoto (Caso Selin)

Veinte minutos después de un terremoto de magnitud 7,6, la técnica Selin que trabaja en un laboratorio BSL-2 observa botellas rotas de formaldehído (formalina al 10%) bajo una estantería de almacenamiento de productos químicos volcada. El sistema de ventilación no funciona, la

comunicación está cortada y no hay EPI adecuado disponible. Los participantes debaten las siguientes preguntas: ¿Qué debe hacer Selin — evacuar o intervenir? ¿Es suficiente el EPI disponible para el formaldehído? ¿Cómo funciona la cadena de notificación cuando se interrumpe la comunicación?

Caso 2 — Terremoto: Crisis de Residuos Biológicos y EPI (Caso Mehmet)

Cuarenta y cinco minutos después del terremoto, la puerta del depósito de residuos del laboratorio BSL-2 ha quedado sin cerrar y la estantería se ha volcado. El personal de limpieza Mehmet observa que las bolsas de residuos biológicos que contienen muestras de pacientes con sospecha de VIH, VHB y TB se han esparcido por el suelo. Son las 03:15 — solo hay dos personas en el turno de noche, y el líquido se filtra al sótano a través de una grieta. Los participantes trabajan sobre tres preguntas: ¿Cuáles deben ser los tres primeros pasos de Mehmet? ¿Cómo se determina el estándar de EPI en un derrame de patógenos mixtos? ¿Cómo puede establecerse un plan institucional de gestión de residuos de emergencia para mantener el servicio mínimo protegiendo la bioseguridad en las primeras 72 horas después del terremoto?

4.4 Equipo de Protección Individual (EPI)

El equipo de protección individual es la última línea de defensa contra los riesgos biológicos y químicos en el laboratorio. Sin embargo, no debe olvidarse que el EPI por sí solo no es suficiente y constituye el último escalón de la jerarquía de control (ingeniería → administrativo → procedimental → EPI).

Existen tres factores determinantes en la selección del EPI: el procedimiento que se realiza, el agente con el que se trabaja y el riesgo de salpicadura/aerosol. Se definen cuatro niveles de riesgo:

Nivel de Riesgo	Procedimiento de Ejemplo	EPI Requerido
Bajo	Extracción de sangre rutinaria, procesamiento de biopsias	Guantes + bata
Medio	Trabajo de cultivo BSL-2, centrifugación	Guantes + bata + gafas + mascarilla quirúrgica
Alto	Procesamiento de material TB/VIH, BSL-3	Doble guante + mono + FFP2/N95 + pantalla facial
Desastre / Riesgo Desconocido	Patógeno mixto tras terremoto/inundación	Nivel alto + kit químico/biológico

Secuencia de Colocación (Donning):

Higiene de manos → Bata → Mascarilla/FFP2 → Gafas/pantalla facial → Guantes (cubriendo los puños de la bata)

Secuencia de Retirada (Doffing):

Guantes (componente más contaminado, plegar hacia dentro) → Gafas/pantalla facial (sujetar por detrás) → Bata (enrollar hacia dentro) → Higiene de manos → Mascarilla (sujetar por las tiras o partes elásticas, sin tocar la superficie frontal)

4.5 Gestión de Derrames / Liberaciones

En un incidente de derrame/liberación biológico o químico, la reacción instintiva es “limpiar inmediatamente”; sin embargo, esta es la decisión más peligrosa. El algoritmo de intervención estándar consta de seis pasos:

1. DETENER: No acercarse al área. Advertir a los presentes, cerrar puertas. Evaluar la seguridad estructural (en condiciones de desastre, cuestionar siempre el riesgo de colapso del techo y de las estanterías).
2. COLOCAR EPI: Colocarse completamente el EPI adecuado al nivel de riesgo. Si no hay EPI adecuado disponible, no intervenir — evacuar y pedir ayuda desde un lugar seguro.
3. AISLAR: Establecer el límite limpio/sucio. Si es necesario, despejar el pasillo. Colocar una advertencia de “NO ENTRAR”.
4. NOTIFICAR: Operar la cadena Supervisor de unidad → Salud Laboral → Control de Infecciones → Dirección. Si se interrumpe la comunicación, mantener un registro manuscrito y entregarlo físicamente al primer supervisor alcanzable.
5. DESCONTAMINAR: Seleccionar el agente correcto, tener en cuenta la compatibilidad superficie-agente. Cumplir el tiempo de contacto. Realizar la limpieza mecánica (eliminación de materia orgánica) antes de la desinfección química.
6. REGISTRAR: Completar el formulario del incidente: hora, lugar, agente, persona(s) expuesta(s), estado del EPI, acciones realizadas. Sin registros, no puede producirse el aprendizaje institucional.

4.6 Descontaminación

Tres reglas críticas tienen siempre prioridad en la descontaminación: (1) Eliminar mecánicamente la materia orgánica, luego aplicar el desinfectante químico — la secuencia inversa reduce la eficacia en un 60–80%. (2) Cumplir el tiempo de contacto — “pasar el paño y seguir” no es suficiente; la duración del contacto húmedo sobre la superficie es crítica. (3) Los paños, mopas y materiales absorbentes utilizados se convierten ellos mismos en residuos biológicos; desecharlos en una bolsa roja separada.

Agente	Espectro de Actividad	Tiempo de Contacto	de	Nota en Condiciones de Desastre
--------	-----------------------	--------------------	----	---------------------------------

Hipoclorito de Na ≥ 1000 ppm	Amplio espectro, esporicida, VIH/TB/VHB	10–30 min (30 min para TB)	Corrosivo en superficies metálicas; preparar y usar — se deteriora en 24 horas
Glutaraldehído 2%	Esterilización de instrumentos, incluidos hongos	10–20 min	Fuerte irritante; NO USAR si no hay ventilación
Etanol 70%	Bacterias vegetativas, virus envueltos	3–5 min	INSUFICIENTE solo para TB. Mojar completamente la superficie
Autoclave 121 °C	Todos los microorganismos	15–30 min	No se puede usar durante un corte de energía — especificar alternativa en el plan de desastres

4.7 Gestión de Residuos

Según el Reglamento de Control de Residuos Médicos (Boletín Oficial n.º 25883, 22 de julio de 2005), se definen cuatro categorías de residuos y un código de colores:

Categoría	Contenedor / Color	Regla Básica
Infecciosos	Bolsa roja (doble capa)	Etiqueta de riesgo biológico + fecha + unidad. Máx. 48 horas de espera antes del autoclave
Objetos punzantes	Contenedor amarillo a prueba de perforaciones	El vidrio roto NO DEBE RECOGERSE A MANO — pinzas/tenazas obligatorias. Sustituir cuando esté lleno
Químicos	Contenedor a prueba de fugas con etiqueta morada	Usar contenedor específico para el químico. Mezclar con otras categorías está PROHIBIDO
Domésticos	Bolsa negra/transparente	Nunca mezclar con otros. Si se sospecha contaminación, tratar como infeccioso

En situaciones de patógenos mixtos, la gestión se realiza según la categoría de mayor riesgo. Por ejemplo, los tubos rotos que contienen muestras con sospecha de VIH, VHB y TB tienen características tanto de objetos punzantes como infecciosas; en este caso la categoría infecciosa (bolsa roja) tiene prioridad.

4.8 Notificación y Registro

Después de cualquier accidente biológico o químico en el laboratorio — pinchazo con aguja, derrame, exposición a aerosoles, fuga de residuos — debe operarse un proceso estructurado de notificación y registro.

Cadena de Notificación:

Supervisor de unidad → Salud Laboral / OSGB → Control de Infecciones → Dirección (cadena primaria)

Notificación de accidente laboral de la Seguridad Social: en un plazo de 3 días laborables (Ley n.º 5510, art. 13); la notificación tardía conlleva una multa administrativa.

Derrame químico: La notificación a la Dirección Provincial de Medio Ambiente es obligatoria (Ley de Medio Ambiente n.º 2872).

Accidente biológico/químico en condiciones de desastre: Se requiere notificación a AFAD y a la Dirección Provincial de Salud.

Si se interrumpe la comunicación: Mantener una nota manuscrita del incidente con sello horario → entregar físicamente al primer supervisor alcanzable → introducir en el sistema digital cuando se restablezca la comunicación. Si el sistema digital se ha derrumbado, el formulario en papel es legalmente válido.

4.9 Conclusión

Este módulo ha sido diseñado para permitir al personal de los laboratorios de microbiología aplicar correctamente las instrucciones de bioseguridad en condiciones ordinarias y extraordinarias. Este marco integrado, que se extiende desde la selección y el uso del EPI hasta la gestión de derrames, desde la descontaminación hasta la eliminación de residuos, desde la cadena de notificación hasta el registro de incidentes, abarca tanto la seguridad individual como la responsabilidad institucional.

La pregunta fundamental de salida del módulo es: Si mañana tuviera que hacer un cambio en estas cinco áreas de su institución — EPI, gestión de derrames, descontaminación, gestión de residuos y notificación — ¿cuál sería su primer paso?

5. MÓDULO 3 — Respuesta de Emergencia y Gestión de Crisis

5.1 Objetivo y Objetivos

Objetivo

El objetivo de este módulo de formación es dotar al personal de los laboratorios de microbiología de los conocimientos, habilidades y concienciación necesarios para mantener la continuidad del servicio de laboratorio protegiendo la bioseguridad en condiciones de desastre y emergencia, conducir eficazmente los procesos de gestión de crisis y establecer sistemas de laboratorio resilientes.

Finalidad

Permitir a los especialistas, investigadores, técnicos y otros profesionales de la salud de los laboratorios de microbiología alcanzar un nivel de competencia en el que puedan gestionar las operaciones del laboratorio de forma segura, sostenible y organizada en condiciones de desastre y emergencia.

5.2 Resultados de Aprendizaje

- Ser capaz de identificar los riesgos del laboratorio en condiciones de desastre y emergencia
- Ser capaz de explicar el concepto de laboratorio resiliente
- Ser capaz de adaptar el enfoque del Sistema de Comando de Incidentes (ICS) al entorno del laboratorio
- Ser capaz de establecer una cadena de mando ante desastres
- Ser capaz de planificar procesos de apagado seguro (safe shutdown)
- Ser capaz de desarrollar un Plan de Continuidad de Operaciones (COOP)
- Ser capaz de definir niveles mínimos de servicio
- Ser capaz de priorizar pruebas críticas
- Ser capaz de planificar la resiliencia energética y la capacidad de generadores
- Ser capaz de evaluar la gestión de UPS y equipos críticos
- Ser capaz de establecer estrategias de protección de material biológico crítico y archivos a – 80 °C
- Ser capaz de aplicar métodos de comunicación alternativos en caso de colapso de las comunicaciones
- Ser capaz de utilizar la lógica SITREP (Situation Report)
- Ser capaz de organizar al personal y asignar tareas durante un desastre
- Ser capaz de desarrollar la preparación individual respecto a la preparación del kit para terremotos

- Ser capaz de desarrollar habilidades de priorización y toma de decisiones bajo restricciones de recursos
- Ser capaz de planificar la colaboración interlaboratorios dentro del modelo de laboratorio hermano
- Ser capaz de evaluar los procesos de transferencia de muestras y continuidad de datos
- Ser capaz de explicar los principios básicos de los protocolos de colaboración escritos
- Ser capaz de planificar los procesos de reconstrucción post-desastre

5.4 Enfoque de Laboratorio Resiliente

Esta sección aborda los enfoques organizativos, técnicos y de gestión necesarios para que un laboratorio de microbiología mantenga la continuidad operativa durante un desastre. El objetivo no es solo que el laboratorio permanezca físicamente en pie, sino también que pueda continuar los servicios diagnósticos críticos de forma segura, controlada y priorizada.

5.5 Actividad de Preparación del Kit para Terremotos

Esta sección es una actividad grupal práctica orientada a desarrollar la preparación individual ante desastres, la priorización, la gestión de recursos y la concienciación sobre la sostenibilidad de los participantes.

5.6 Modelo de Laboratorio Hermano

Esta sección aborda el modelo de colaboración entre un laboratorio que experimenta un desastre y un laboratorio hermano de apoyo. El objetivo es demostrar que la continuidad del servicio durante un desastre puede mantenerse no solo con recursos internos institucionales, sino también a través de mecanismos de apoyo interlaboratorios preplanificados.

5.7 Conclusión

Los desastres y las emergencias constituyen una amenaza grave para los laboratorios de microbiología no solo en términos de riesgo de daño físico, sino también en términos de bioseguridad, seguridad de los datos, continuidad energética, organización del personal y continuidad de los servicios diagnósticos críticos.

6. MÓDULO 4 — Recuperación Post-Desastre, Resiliencia Psicológica y Mejora Continua

6.1 Objetivo y Objetivos

Objetivo

El objetivo de este módulo es garantizar la reconstrucción segura, sostenible y eficaz de los laboratorios de microbiología después de un desastre, minimizar los riesgos biológicos y aumentar la resiliencia psicológica y operativa de los equipos de laboratorio.

Objetivos

- Identificar y priorizar los principales problemas encontrados en el laboratorio después de un desastre (daño físico, corte de energía, escasez de personal, riesgos de bioseguridad).
- Comprender y aplicar los pasos de reconstrucción (evaluación de seguridad, servicio mínimo, estabilización, sostenibilidad).
- Evaluar el riesgo de epidemia post-desastre; abordar los posibles agentes en el contexto de la geografía y el clima.
- Reconocer las “banderas rojas” del estrés y el agotamiento; aplicar los principios de los primeros auxilios psicológicos y el Sistema de Compañeros (Buddy System).
- Conducir un proceso de aprendizaje estructurado post-incidente utilizando el método After Action Review (AAR).
- Integrar el ciclo de mejora continua en la cultura institucional a través de simulacros, repetición de formación y actualizaciones de SOP.

6.5 Pasos de Reconstrucción

1. Evaluación de Seguridad y Situación

En esta primera etapa se lleva a cabo una evaluación de escudo de seguridad de cuatro dimensiones antes de reingresar al laboratorio. Bajo seguridad estructural se comprueban los sistemas de electricidad, agua, gas y HVAC. En la evaluación de riesgos biológicos se revisan el derrame, el riesgo de aerosoles y la gestión de residuos. En la evaluación de equipos y muestras se cuestiona la funcionalidad de los dispositivos críticos y la integridad de la cadena de frío. En la evaluación del personal se identifican la seguridad, la accesibilidad y las carencias del equipo.

2. Prestación de Servicio Mínimo y Retorno a la Normalidad (Nivel COOP)

En el enfoque de reinicio gradual, se activa primero el menú COOP 1: se inician inmediatamente pruebas vitales como la tinción de Gram de hemocultivos, el examen directo de LCR y las muestras estériles críticas. La segunda prioridad es el seguimiento de epidemias y el control de infecciones.

3. Estabilización y Revalidación

En esta fase de tres a catorce días se completan la calibración de dispositivos, las comprobaciones de rendimiento, las aplicaciones de control de calidad interno y externo y la documentación.

4. Sostenibilidad: Mejora y Fortalecimiento

En esta fase final que se extiende más allá del día catorce tienen lugar las mejoras físicas (fijación de estanterías, instalación de UPS), las actualizaciones de SOP y el establecimiento de un calendario de simulacros.

6.8 Resiliencia Psicológica

La dimensión de la recuperación del laboratorio que con mayor frecuencia se pasa por alto es el bienestar psicológico del personal. No se puede establecer un laboratorio funcional sin un equipo funcional. Por lo tanto, el trabajo de resiliencia psicológica debe llevarse a cabo simultáneamente con la recuperación técnica.

Banderas Rojas del Estrés y el Agotamiento:

- Síntomas cognitivos: Distracción, dificultad para tomar decisiones
- Síntomas emocionales: Ira, embotamiento, ansiedad, sentimiento de culpa
- Síntomas físicos: Insomnio, quejas somáticas, agotamiento

Primeros Auxilios Psicológicos y Sistema de Compañeros:

Enfoque básico: observar, escuchar, conectar, tranquilizar, identificar la necesidad, derivar. Dentro del Sistema de Compañeros (Buddy System), el personal se observa y se apoya mutuamente.

6.9 Mejora Continua (AAR)

Después de un desastre, la mera recuperación no es suficiente; el objetivo es hacer el sistema más fuerte y más resiliente. Este principio se pone en práctica a través del ciclo de mejora continua que alimenta la memoria institucional.

Método After Action Review (AAR):

El AAR es la herramienta fundamental del aprendizaje estructurado post-incidente. Busca respuestas a cuatro preguntas: “¿Qué se planificó?”, “¿Qué ocurrió?”, “¿Por qué ocurrió?” y “¿Qué se hará la próxima vez?”.

6.10 Conclusión

Este módulo ha abordado la gestión del laboratorio de microbiología post-desastre dentro de un marco integrado que cubre las dimensiones técnicas, organizativas y humanas. Seguridad, servicio y calidad; el mantenimiento secuencial y mutuamente reforzante de estos tres principios constituye el eje fundamental de la funcionalidad del laboratorio post-desastre.

7. MÓDULO 5 — Plan de Desastres del Laboratorio y Gestión de Incidentes

7.1 Objetivo, Objetivos y Resultados de Aprendizaje

Objetivo

Este módulo de formación tiene como objetivo aumentar la concienciación de los profesionales de la salud que trabajan en laboratorios de microbiología respecto a las prácticas de bioseguridad y bioprotección en condiciones de desastre y desarrollar sus competencias profesionales.

Objetivos

1. Evaluar de forma sistemática los peligros y riesgos específicos del laboratorio.
2. Preparar y aplicar planes de respuesta de emergencia del laboratorio para antes, durante y después de los desastres.
3. Aplicar procedimientos de intervención seguros en escenarios de desastre químicos, biológicos y físicos.
4. Reconocer los protocolos de comunicación ante desastres y las obligaciones de notificación.
5. Cumplir los requisitos de seguridad de las muestras, protección de equipos y bioseguridad en condiciones de desastre.
6. Explicar los deberes y responsabilidades del personal de laboratorio en el marco de la legislación legal.
7. Comprender la importancia de los procesos de simulacros y actualización en la preparación ante desastres.

7.3 Escenario: Aguas Crecientes

El siguiente escenario ha sido diseñado para permitir a los participantes experimentar los procesos de toma de decisiones en condiciones de desastre. El escenario se presenta en tres etapas sucesivas.

Etapas 1: Alerta Temprana

Debido a las lluvias excesivas que duran todo el fin de semana, el agua comienza a subir en el sótano/planta baja donde se encuentra el laboratorio. El primer miembro del personal que llega al laboratorio el lunes por la mañana observa que hay 5–10 cm de agua en el pasillo y que el agua se filtra rápidamente por debajo de la puerta.

Etapas 2: Escalada de la Crisis

El nivel del agua ha alcanzado los 20 cm. Las botellas de ácido y los contenedores de residuos en los armarios a nivel del suelo están a punto de volcarse debido a la flotabilidad del agua.

Etapas 3: Recuperación

Las aguas han comenzado a retroceder; sin embargo, el suelo del laboratorio está cubierto de barro y posiblemente de productos químicos que se filtran.

7.5 Durante el Desastre: Protocolos de Respuesta de Emergencia

En el momento de un desastre, el pánico es el mayor peligro. Tomar los pasos correctos en los primeros 60 segundos afecta directamente tanto a la seguridad de la vida como a la seguridad del laboratorio.

1. DETENER: Detener inmediatamente todos los experimentos y procesos químicos. Cerrar hornos y válvulas de gas.
2. PROTEGER: Colocarse el equipo de protección individual. Cerrar los contenedores biológicos y químicos, bloquear las tapas.
3. NOTIFICAR: Llamar al supervisor de seguridad, al director del laboratorio y al 112. Activar el árbol de comunicación ante desastres.
4. EVACUAR: Ir al punto de reunión seguro según el plan de evacuación. No utilizar el ascensor.

7.8 Responsabilidades Legales del Personal

En condiciones de desastre, el personal de laboratorio actúa no solo como personal técnico sino también en calidad de funcionarios públicos. En este marco se aplican las siguientes obligaciones legales:

Seguridad de las Muestras:

Durante la evacuación, el personal es responsable de tomar las muestras críticas de la “lista de muestras prioritarias” (por ejemplo, muestras de análisis pertenecientes a una sospecha de epidemia activa) en una caja segura y evacuarlas. Este deber se cumple sin poner en riesgo su propia seguridad vital.

Obligación de Notificación:

En caso de fuga biológica o pérdida de muestras en el laboratorio, el personal está obligado a informar de esta situación al Gestor de Desastres Institucional y a la Unidad de Enfermedades Transmisibles de la Dirección Provincial de Salud lo antes posible.

7.9 Conclusión

Este módulo reúne todos los elementos necesarios para la preparación, implementación y actualización continua del plan de desastres del laboratorio. La preparación pre-desastre, la intervención correcta en el momento del desastre y la recuperación sistemática post-desastre constituyen los tres pilares complementarios.

8. Conclusión General y Recomendaciones Institucionales

Este Manual reúne los cinco módulos de formación desarrollados en el marco del proyecto MicroLabSecure en una estructura coherente, aplicable y lista para su uso institucional.

El mensaje fundamental es claro: en condiciones de desastre, la bioseguridad y la bioprotección deben gestionarse simultáneamente. El colapso del laboratorio significa el colapso de la salud pública. Por lo tanto, la preparación requiere un enfoque integrado que cubra las dimensiones técnicas, organizativas y humanas de forma conjunta.

Recomendaciones a las Instituciones:

- Revisar los SOP institucionales de cada módulo y actualizarlos según los escenarios de desastre.
- Poner por escrito los protocolos de laboratorio hermano y realizar simulacros al menos una vez al año.
- Redimensionar las existencias de EPI, agentes de descontaminación y reactivos críticos según los escenarios de desastre.
- Establecer una cultura AAR; fortalecer la memoria institucional operando un proceso de aprendizaje estructurado después de cada incidente.
- Planificar la resiliencia psicológica del personal simultáneamente con la recuperación técnica.

¿Cuál sería lo primero que cambiaría mañana en su laboratorio? Esta pregunta es el punto de salida común de cada módulo del Manual.

9. References

1. World Health Organization. Laboratory Biosafety Manual. 4th ed. Geneva: WHO; 2020.
2. Centers for Disease Control and Prevention / National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL). 6th ed. Atlanta: CDC; 2020.
3. World Health Organization. Laboratory biosecurity guidance. Geneva: WHO; 2024.
4. Clinical and Laboratory Standards Institute. GP36: Planning for Laboratory Operations During a Disaster. Wayne (PA): CLSI; 2014.
5. Association of Public Health Laboratories. Guidelines for the Public Health Laboratory Continuity of Operations Plan (COOP). Silver Spring, MD; 2011.
6. Ministry of Health of the Republic of Türkiye. National Microbiology Standards, Laboratory Safety Guide. Publication No: 1204. Ankara; 2021.
7. Ministry of Environment and Urbanisation of the Republic of Türkiye. Medical Waste Control Regulation. Official Gazette No: 25883, 22 July 2005.
8. Social Insurance and General Health Insurance Law No. 5510, Article 13.
9. Regulation on Health Services in Disasters and Emergencies dated 25 May 2021.
10. AFAD. Türkiye Disaster Response Plan (TAMP).
11. AFAD. Türkiye Disaster Risk Reduction Plan (TARAP).
12. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Psychological First Aid Guide. Geneva: IFRC; 2018.
13. Watson JT, Gayer M, Connolly MA. Epidemics after natural disasters. Emerg Infect Dis. 2007;13(1):1-5.
14. Kouadio IK, Aljunid S, Kamigaki T, Hammad K, Oshitani H. Infectious diseases following natural disasters: prevention and control measures. Expert Rev Anti Infect Ther. 2012;10(1):95-104.
15. ISO 22301:2012. Business continuity management systems.
16. ISO 15189:2022. Medical laboratories — Requirements for quality and competence.
17. Rutala WA, Weber DJ, HICPAC. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities. CDC, 2008 (updated 2019).
18. Taylan Özkan A, Cansaran Duman D, Derici MK. Basic Biosecurity Practices Against Biological Risks. Hipokrat Publishing House, Ankara; 2019.
19. Sancak B, Eser Ö, eds. Microbiology Laboratory in Disasters and Epidemics. Ankara: Akademisyen Publishing House; 2024.

20. World Health Organization Europe. Preparedness 2.0: Strategy and Action Plan on Health Emergency Preparedness, Response and Resilience in the WHO European Region 2024–2029. Copenhagen: WHO; 2024.
21. American Chemical Society (ACS). Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions. ACS, Washington DC; 2016.
22. National Fire Protection Association. NFPA 45: Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals; 2019.
23. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Laboratory Safety Guidance. OSHA 3404-11R; 2011.
24. Pan American Health Organization. Safe hospitals: preparedness for emergencies. Washington DC: PAHO; 2018.
25. U.S. Department of Homeland Security. Federal Continuity Directive 1. Washington DC; 2017.
26. Reason J. Human error: models and management. BMJ. 2000;320(7237):768–770.
27. CDC/NIOSH. Sequence for Putting On and Removing Personal Protective Equipment (PPE). Atlanta: CDC; 2019.
28. World Health Organization. Safe Management of Wastes from Health-Care Activities. 2nd ed. Geneva: WHO; 2014.
29. World Health Organization. Managing epidemics: key facts about major deadly diseases. Geneva: WHO; 2017.
30. Jensen J, Thompson S. The Incident Command System: a literature review. Disasters. 2016;40(1):158-82.

— *MicroLabSecure Project Consortium* —

Este Manual ha sido financiado en el marco del Programa Erasmus+.

El contenido es enteramente responsabilidad de los socios del proyecto y no refleja las opiniones de la Comisión Europea.