



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

MÓDULO 1: GESTIÓN DE RIESGOS, RIESGOS EN EL LABORATORIO Y CONCIENCIA SOBRE DESASTRES

1. Alcance del Módulo de Formación

- Propósito y Objetivos del Módulo de Formación
- Resultados de Aprendizaje del Módulo de Formación
- Métodos y Técnicas del Módulo de Formación
- Conceptos de Peligro y Riesgo
- Método de Evaluación de Riesgos 5x5
- Jerarquía de Seguridad en el Laboratorio
- Concepto y Clasificación de Desastres
- Conciencia sobre Desastres y Gestión de Riesgos
- Bioterrorismo
- Bioseguridad y Bioseguridad (Biosafety y Biosecurity)
- Riesgos Especiales de los Laboratorios en Situaciones de Desastre

1a. Propósito del Módulo de Formación

Este módulo de formación tiene como objetivo enseñar a los profesionales de la salud que trabajan en laboratorios de microbiología a evaluar sistemáticamente los riesgos del laboratorio antes, durante y después de desastres, a comprender y aplicar las diferencias fundamentales entre los conceptos de **bioseguridad (biosafety)** y **bioseguridad (biosecurity)**, y a estar preparados para posibles escenarios de desastre. El módulo busca capacitar a los participantes para gestionar eficazmente los riesgos en el entorno del laboratorio.

1b. Objetivo del Módulo de Formación

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

2. Resultados de Aprendizaje del Módulo de Formación

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

3. Métodos y Técnicas del Módulo de Formación



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

- Exposición magistral
- Aprendizaje basado en equipos
- Lluvia de ideas (Brainstorming)
- Gamificación

4. Conceptos de Peligro y Riesgo

En todas las profesiones existen peligros que afectan la salud y la vida del trabajador según la naturaleza del trabajo realizado. El entorno de laboratorio es un área de trabajo de alto riesgo que contiene peligros biológicos, químicos, físicos y ergonómicos simultáneamente.

PELIGRO: Cualquier fuente o situación con potencial para causar lesión, enfermedad, daño o perjuicio.

RIESGO: La combinación de la probabilidad de que ocurra un peligro y la gravedad de la consecuencia si ocurre. **RIESGO = PROBABILIDAD × GRAVEDAD**

5. Método de Evaluación de Riesgos 5x5

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

Codificación de colores:

- Verde (1-4) = Aceptable
- Amarillo (5-9) = Bajo
- Naranja (10-16) = Medio
- Rojo (17-25) = Inaceptable

Probability / Severity	1	2	3	4	5
1 - Una vez al año (Insignificante)	1	2	3	4	5
2 - 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



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

Application Example: The probability of a needlestick injury while drawing blood is “every day” (5 points), and the severity is “fatal” (5 points) due to the risk of HIV (0.3%) and HBV (~1%) transmission. Result: $RISK = 5 \times 5 = 25 \rightarrow UNACCEPTABLE$ risk level. In this case, measures must

Ejemplo de aplicación: La probabilidad de pinchazo con aguja al extraer sangre es “todos los días” (5 puntos), y la gravedad es “fatal” (5 puntos) debido al riesgo de transmisión de VIH (0,3 %) y VHB (~1 %). Resultado: **RIESGO = 5 × 5 = 25 → NIVEL INACEPTABLE**. En este caso, se deben tomar medidas para reducir la probabilidad del evento o disminuir la gravedad del resultado.

6. Jerarquía de Seguridad en el Laboratorio

La jerarquía de seguridad de laboratorio es una estructura piramidal que clasifica las medidas de control según su eficacia, colocando en la parte superior las medidas más fuertes que eliminan el peligro en su origen:

1. **Eliminación** – Eliminar completamente el peligro
2. **Sustitución** – Reemplazar el peligro por una alternativa menos riesgosa
3. **Controles de Ingeniería** – Cabina de Seguridad Biológica (BSC), contenedores de objetos cortantes/punzantes, automatización
4. **Controles Administrativos** – Formación, procedimientos, planes de rotación
5. **Equipo de Protección Personal (EPP)** – Guantes, bata de laboratorio, gafas, mascarilla

7. Concepto y Clasificación de Desastres

Un desastre es un conjunto de eventos que alteran el funcionamiento normal de una sociedad o institución, amenazan la salud humana y el medio ambiente, y requieren una intervención rápida.

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

Desastres Provocados por el Ser Humano: Guerra nuclear, biológica, física y química, explosión, bioterrorismo y liberación biológica, exposición química y envenenamiento.

Incidentes Artificiales en Laboratorios Provocados por el Ser Humano: Accidentes de laboratorio y fallos de equipos, mala gestión de residuos, errores humanos, fallos de infraestructura, violaciones de bioseguridad.

8. Conciencia sobre Desastres y Gestión de Riesgos

La conciencia sobre desastres implica reconocer los riesgos potenciales antes de que ocurra un evento, predecir sus efectos y realizar preparativos proactivos.

8a. Identificación de Peligros

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



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

Categoría de Peligro

Ejemplos Específicos del Laboratorio

Físico	Incendio, inundación, terremoto, corte de electricidad, fallo de congelador - 80°C
Biológico	Fuga de cultivos, derrame, aerosolización, propagación de patógenos
Químico	Derrame de desinfectante/disolvente, incendio de material inflamable
Recursos Humanos	Falta de personal, barreras de transporte, turnos insostenibles
Suministros-Logística	Interrupción del suministro de medios de cultivo, discos de antibióticos, materiales de consumo

8b. Matriz de Evaluación de Riesgos (Probabilidad × Impacto)

Una vez identificados los peligros, se debe evaluar su probabilidad e impacto, y calcular una puntuación de riesgo. A continuación, se debe determinar el nivel de brillo en función de esta puntuación.

Factor de Riesgo	Probabilidad	Impacto	Puntuación de Riesgo	Prioridad
Terremoto	Alta	Muy alta	5×5=25	Crítica
Corte de electricidad	Muy alta	Alta	5×4=20	Crítica
Fallo de congelador -80°C	Media	Muy alta	3×5=15	Alta prioridad
Personal sin poder llegar	Media	Alta	3×4=12	Alta prioridad
Derrame de cultivo	Baja/Media	Media/Alta	2×3=6	Bajo control

9. Bioterrorismo

Cuando se habla de desastres, normalmente se piensan primero en los desastres naturales, y amenazas como el bioterrorismo suelen pasarse por alto. Los laboratorios de microbiología también deben estar preparados para este tipo de intentos.

El bioterrorismo es la liberación deliberada de agentes biológicos para causar enfermedad, muerte, miedo o alteración del orden social. Pueden ser objetivos la población civil, fuentes de agua y alimentos, la agricultura y ganadería, y los sistemas de salud. Los agentes microbiológicos con mayor probabilidad de uso se clasifican en la Categoría A de los CDC.

Agentes de Alto Riesgo Categoría A de los CDC:

- *Bacillus anthracis* – Ántrax (Anthrax)
- *Yersinia pestis* – Peste (Plague)
- *Variola virus* – Viruela (Smallpox)



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

- *Francisella tularensis* – Tularemia
- Toxina botulínica – Botulismo

10. Bioseguridad y Biosecurity (Biosafety y Biosecurity)

Biosecurity (Bioseguridad) se refiere al conjunto de medidas institucionales y personales tomadas para prevenir la adquisición, uso o mal uso no autorizado de materiales biológicos de alto riesgo como patógenos, toxinas, vacunas, productos farmacéuticos y reservas de microorganismos.

Biosafety (Bioseguridad) se centra en el manejo seguro de patógenos dentro del laboratorio, el control de la formación de aerosoles, la exposición a agentes infecciosos, superficies contaminadas, transmisión secundaria, EPP, cabinas de seguridad biológica, desinfección y esterilización.

Biosecurity prioriza la prevención del acceso no autorizado, el robo de patógenos, violaciones de seguridad de datos y el uso malicioso (ej. áreas de almacenamiento con llave y sistemas de tarjetas de acceso).

BIOSAFETY (Bioseguridad)	BIOSECURITY (Bioseguridad)
Previene la exposición accidental	Previene el mal uso intencionado
Protege a los trabajadores del laboratorio	Protege los materiales biológicos
Enfocada en el manejo seguro de patógenos	Enfocada en control de acceso y monitoreo
Ejemplo: Uso de EPP, normas de trabajo en BSC	Ejemplo: Cierre de muestras y registro de acceso

11. Riesgos Especiales de los Laboratorios en Situaciones de Desastre

En los desastres, los riesgos aumentan exponencialmente; los sistemas colapsan, los errores humanos aumentan y surgen vulnerabilidades de seguridad. Por ello, son esenciales la evaluación rápida de riesgos, la priorización y la gestión dual de riesgos (biosafety + biosecurity).

Principios Críticos en la Gestión de Biorriesgos:

- 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 biosecurity son inseparables

Errores comunes cuando no se ha realizado preparación y evaluación de riesgos antes de un desastre:

- Comenzar el trabajo sin evaluación de riesgos
- Violaciones del EPP
- Descuidar el seguimiento de muestras



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

- No reportar incidentes
- Ignorar la biosecurity

12. Conclusión

En primer lugar, se deben identificar los peligros en los laboratorios; se debe avanzar con el principio de “reconocer el riesgo, controlarlo y gestionarlo”. Durante los desastres, los riesgos de biosafety y biosecurity surgen simultáneamente. El mayor error en una situación de desastre es “centrarse solo en la infección y olvidar la seguridad”. El enfoque correcto es proteger a las personas, controlar el agente y gestionar el sistema — gestionando simultáneamente tanto la bioseguridad como la biosecurity.

REFERENCIAS

- American Chemical Society (ACS). ACS Laboratory Safety. <https://institute.acs.org/acs-center/lab-safety.html> (Access date: March 2024).
- American Chemical Society (ACS). Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Academic Institutions, ACS, Washington DC (2016).
- American Chemical Society (ACS). Safety in Academic Chemistry Laboratories. ACS, Washington DC. (2017).
- American Industrial Hygiene Association. Safety Matters Center. <https://www.aiha.org/get-involved/safety-matters-center> (2017).
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories (BMBL). 6th ed. HHS Publication No. (CDC) 21-1112. <https://www.cdc.gov/labs/bmbl/index.html> (2020).
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Safe labs. <https://www.cdc.gov/safelabs/> (2024).
- Environmental Protection Agency (EPA). Hazardous Waste Management Regulations. <https://www.epa.gov/hw> (2019).
- Maury, H. Laboratory Safety for Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 94(10), 1493–1498. (2017).
- National Fire Protection Association. NFPA 45: Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals (2019).



“Developing a Biosecurity Training Program for Preparedness for Future Disasters and Increasing the Vocational Skills of Microbiology Laboratory Health Professionals” (MicroLabSecure)

National Research Council (US) Committee on Prudent Practices in the Laboratory. Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards: Updated Version. Washington (DC): National Academies Press (US) (2011).

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.1450>

Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Laboratory Safety Guidance. OSHA 3404-11R 2011 <https://www.osha.gov/laboratory> (2011).

Phifer, R. Case study – Incident investigation: Laboratory explosion, J. Chem. Health Safety (2014), doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jchas.2014.04.001>.

Reason, J. Human error: models and management. BMJ, 320 (7237), 768–770. (2000). The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2019).

Reproducibility and Replicability in Science. National Academies Press. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards (2020).

T.C. Sağlık Bakanlığı. Ulusal Mikrobiyoloji Standartları, Laboratuvar Güvenliği Rehberi, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1204, Basım yeri: Ankara (2021).

Taylan Ozkan, A., Cansaran Duman, D., Derici, MK. Basic Biosecurity Practices Against Biological Risks. Hipokrat Yayınevi, Ankara (2019).

Taylan Özkan, A., Sharafi P. Bölüm 12 Molekülden İlaça Giden Yolda Laboratuvar Güvenliği ve Emniyeti. In: Stratejik Gereklilik: Molekülden İlaça. Eds. Cansaran-Duman, D., Derici, M.K., Taylan Özkan, A., 319 - 340

The U.S. Chemical Safety Board (CSB). Texas Tech University Chemistry Lab Explosion <https://www.csb.gov/texas-tech-university-chemistry-lab-explosion/> (Erişim 2026)

World Health Organization (WHO). Laboratory Biosafety Manual, 4th Edition. [https://www.who.int/publications \(2020\). https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311](https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311)