



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

MÓDULO 4

Recuperación Post-Desastre, Resiliencia Psicológica y Mejora Continua

1. Alcance del Módulo de Formación

Este módulo abarca la restauración de los laboratorios de microbiología a su estado operativo después de un desastre, garantizando la continuidad del servicio, la gestión de los riesgos de bioseguridad, el fortalecimiento de la resiliencia psicológica del personal y el establecimiento de mecanismos de mejora continua. Aborda la reestructuración de los laboratorios tras desastres no solo desde una perspectiva técnica, sino también desde los aspectos organizativos y de recursos humanos.

1a. Propósito del Módulo de Formación

El objetivo de este módulo es garantizar la reestructuración segura, sostenible y efectiva de los laboratorios de microbiología después de desastres, minimizar los riesgos biológicos y mejorar la resiliencia psicológica y operativa de los equipos de laboratorio.

1b. Objetivos del Módulo de Formación

Se espera que los participantes que completen este módulo alcancen los siguientes objetivos:

- Identificar y priorizar los principales problemas que se encuentran en los laboratorios después de desastres (daños físicos, cortes de energía, escasez de personal, riesgos de bioseguridad).
- Comprender y aplicar los pasos de reestructuración (evaluación de seguridad, servicio mínimo, estabilización, sostenibilidad).
- Evaluar los riesgos de epidemias post-desastre y analizar posibles patógenos en el contexto de geografía y clima.
- Reconocer las “banderas rojas” del estrés y el burnout; aplicar los principios de primeros auxilios psicológicos y el Sistema Buddy.
- Realizar un proceso de aprendizaje estructurado después del evento mediante el método de After Action Review (AAR).
- Integrar los ciclos de mejora continua (simulacros, capacitaciones de repaso y actualizaciones de SOP) en la cultura institucional.

2. Resultados del Aprendizaje del Módulo de Formación

2.1. Resultados de Conocimiento:

- Explicar la importancia crítica de los laboratorios de microbiología para la salud pública después de desastres y los riesgos causados por la pérdida de funciones.
- Definir cómo aumentan los riesgos biológicos en entornos de desastre; identificar daños en filtros HEPA, riesgos de aerosoles, escasez de EPP y problemas de gestión de residuos.
- Comprender los mecanismos que aumentan el riesgo de epidemias después de desastres (colapso de infraestructura, hacinamiento en refugios, pérdida del control de vectores).
- Conocer el impacto de la geografía y el clima en el espectro de patógenos; evaluar los riesgos de epidemias regionales.
- Explicar la definición de resiliencia psicológica y las categorías de síntomas de estrés-burnout (cognitivos, emocionales, físicos).



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

2.2. Resultados de Habilidades:

- Planificar e implementar el proceso de reestructuración post-desastre en cuatro pasos (evaluación de seguridad, servicio mínimo, estabilización, fortalecimiento).
- Realizar la priorización de servicios según el enfoque de niveles COOP; determinar el panel de pruebas de emergencia y coordinar la cooperación con laboratorios hermanos.
- Realizar evaluación de daños, planificación de suministros alternativos y pronóstico de consumo de materiales en la gestión de reactivos y existencias.
- Aplicar el enfoque de primeros auxilios psicológicos (observar–escuchar–conectar–tranquilizar–determinar necesidades–referir) dentro del equipo.
- Estructurar una reunión de AAR (After Action Review); preparar una tabla de resultados que contenga análisis de causa raíz, acciones correctivas-preventivas y criterios de verificación.

2.3. Resultados de Actitud:

- Ser consciente de la responsabilidad individual e institucional en los procesos post-desastre; adoptar un enfoque no culpabilizador y orientado al aprendizaje.
- Interiorizar la relación directa entre el bienestar psicológico del personal y el rendimiento del laboratorio, y normalizar la búsqueda de ayuda.
- Adoptar la mejora continua como un hábito y un elemento de la cultura institucional.

3. Métodos y Técnicas del Módulo de Formación

Este módulo se basa en la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (PBL). Los participantes desarrollan estrategias de solución a través de escenarios realistas de desastres y construyen conocimiento en el contexto de la aplicación. Este modelo coloca al participante en el centro del proceso en lugar de la transferencia pasiva de información.

Principales métodos y técnicas utilizadas:

- **Aprendizaje Basado en Escenarios:** El caso “Laboratorio en Llamas” incluye elementos realistas como un incendio causado por fuga eléctrica, pérdida de incubadoras y dispositivos PCR, e interrupción del servicio de 24 horas. Los participantes realizan análisis de causa raíz, diseñan acciones correctivas y formulan lecciones aprendidas.
- **Aplicación de AAR (After Action Review):** Se utiliza como herramienta de aprendizaje estructurado después del evento. Proporciona un formato de aprendizaje cíclico que responde sistemáticamente a las preguntas: “¿Qué se había planificado?”, “¿Qué ocurrió?”, “¿Por qué ocurrió?” y “¿Qué se hará la próxima vez?”. Cada grupo prepara una tabla de resultados de AAR con acciones, responsables, plazos y criterios de verificación.
- **Presentaciones y Materiales Visuales:** Se utilizan presentaciones interactivas para transmitir el marco teórico. Los materiales de diapositivas se apoyan en modelos visuales como los pasos de reestructuración, factores de riesgo biológico, banderas rojas psicológicas y el mapa de recuperación de 14 días.
- **Herramientas de Evaluación:** Se aplica un test de conocimiento previo al inicio del módulo y un test de evaluación de resultados al final.

4. Estructura de Contenidos

4.1. Importancia de los Laboratorios de Microbiología Después de Desastres



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

Los laboratorios de microbiología cumplen cuatro funciones críticas en la protección de la salud pública después de desastres: apoyo diagnóstico, vigilancia de infecciones y alerta temprana de brotes, seguimiento de infecciones transmitidas por agua y alimentos, y contribución al control de infecciones hospitalarias. La interrupción de cualquiera de estas funciones significa que los riesgos para la salud a nivel comunitario se vuelven invisibles. El principio fundamental del módulo es: el colapso del laboratorio significa el colapso de la salud pública.

Los principales problemas que se encuentran en los laboratorios después de desastres incluyen daños físicos, interrupciones de electricidad-agua-climatización, pérdida de equipos y kits, escasez de personal, riesgos de bioseguridad-bioemseguridad, dificultades en la aceptación de muestras y burnout debido a la carga de trabajo aumentada. Cuando todos estos problemas pueden ocurrir simultáneamente, la importancia de estar preparados se vuelve aún más evidente.

4.2. Pasos de Reestructuración Post-Desastre

El proceso de reestructuración se define por cuatro pasos consecutivos, cada uno con sus propias prioridades.

Evaluación de Seguridad y Situación: En esta primera fase se realiza una evaluación de seguridad en cuatro dimensiones antes de reingresar al laboratorio. La seguridad estructural incluye la verificación de electricidad, agua, gas y sistemas HVAC. La evaluación de riesgos biológicos revisa derrames, riesgos de aerosoles y gestión de residuos. La evaluación de equipos y muestras cuestiona la funcionalidad de los dispositivos críticos y la integridad de la cadena de frío. La evaluación del personal identifica la seguridad del equipo, accesibilidad y faltantes. Dado que los riesgos biológicos se multiplican en entornos de desastre (presión negativa comprometida, superficies contaminadas, daños en filtros HEPA, insuficiencia de EPP, almacenamiento inadecuado de residuos), omitir esta evaluación es extremadamente crítico.

Prestación de Servicio Mínimo y Retorno a la Normalidad (Nivel COOP): En el enfoque de reinicio por fases, primero se activa el menú del Nivel COOP 1: se inician inmediatamente pruebas vitales como tinción de Gram de hemocultivos, examen directo de LCR y muestras estériles críticas. La segunda prioridad es la vigilancia de brotes y el control de infecciones; en esta etapa se utiliza centros alternativos o cooperación con laboratorios hermanos. Los servicios rutinarios aplazables se dejan para la tercera fase. Este período de 24-72 horas es cuando se opera el “panel de pruebas de emergencia” y se activan procesos de respaldo como registro manual y almacenamiento alternativo.

Estabilización y Revalidación: En este período de 3 a 14 días se completan la calibración de dispositivos, controles de rendimiento, aplicaciones de control de calidad interno y externo, y documentación. Se realiza verificación de limpieza ambiental y se restaura la cadena de suministro. Estos pasos, realizados sin comprometer la garantía de calidad, afectan directamente la confiabilidad de los resultados diagnósticos y la seguridad del paciente.

Sostenibilidad: Mejora y Fortalecimiento: En esta fase final que se extiende más allá del día 14 se establecen mejoras físicas (fijación de estanterías, instalación de UPS), actualizaciones de SOP y calendarios de simulacros. Esta fase incluye transformaciones estructurales que hacen al sistema más fuerte, más allá de la mera recuperación.

4.3. Fase de Sostenibilidad: Gestión Operativa

La fase de sostenibilidad tiene seis componentes principales: continuidad energética y planificación de combustible, soporte técnico, gestión de muestras, gestión de reactivos-kits-existencias, reporte de resultados y comunicación.



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

Gestión de Muestras Post-Desastre: La reorganización del espacio físico incluye la separación de áreas limpia-sucia, la determinación de nuevas rutas de aceptación de muestras y salida de residuos, y el uso de soluciones de laboratorio móvil cuando sea necesario. En la gestión de residuos, los residuos infecciosos deben recogerse por separado, crearse áreas de almacenamiento temporal, aplicarse autoclave o descontaminación química, y mantenerse la coordinación con las autoridades locales.

Gestión de Reactivos, Kits y Existencias: La interrupción de la cadena de suministro es uno de los problemas más comunes en desastres. Por ello, se deben separar las existencias dañadas, revisar fechas de caducidad y condiciones de almacenamiento, actualizar listas de reactivos críticos y revisar pronósticos de consumo. La planificación de suministro alternativo debe incluir una lista de proveedores con al menos dos o tres empresas, el establecimiento de una red regional de compartición de reactivos y la determinación de un nivel mínimo de existencias de emergencia de 2 a 4 semanas. La “dependencia de un solo proveedor” se considera uno de los mayores riesgos operativos. El pronóstico de consumo debe basarse en un escenario de aumento de 3 a 5 veces el volumen diario de pruebas. Se deben hacer planes de existencias separados para EPP y priorizar los materiales de consumo rápido (puntas de pipeta, medios de cultivo, tubos).

Preparación para Producción Local: En situaciones extremas donde toda la cadena de suministro pueda cortarse, mantener la capacidad de producción local del laboratorio es de importancia crítica. Esto incluye el almacenamiento en polvo de medios de cultivo básicos y orientados a brotes (agar sangre, EMB, MacConkey, TCBS, BCYE, MacConkey Sorbitol), preservar la funcionalidad de autoclaves, incubadoras y sistemas de esterilización, y controlar los sistemas de agua purificada.

Coordinación con el Equipo de Control de Infecciones y Otras Unidades: La recuperación del laboratorio no puede gestionarse de forma aislada. La dirección del hospital, el comité de control de infecciones, servicios técnicos, compras, salud ocupacional y seguridad, y las unidades de coordinación de desastres deben trabajar juntas. Esta coordinación afecta significativamente tanto el compartir recursos como la velocidad en la toma de decisiones.

4.4. Riesgo de Epidemias Post-Desastre y Preparación del Laboratorio

Los entornos de desastre aumentan significativamente el riesgo de epidemias debido al colapso de la infraestructura, condiciones de hacinamiento, acceso reducido a servicios de salud y dificultades en el control de vectores. Las infecciones esperadas se clasifican en cuatro categorías principales:

- **Infecciones transmitidas por agua** (Shigella, Salmonella, Vibrio cholerae, Hepatitis A y E)
- **Infecciones respiratorias** (Influenza, RSV, COVID-19)
- **Infecciones relacionadas con refugios** (Norovirus, Adenovirus, sarna, piojos)
- **Infecciones transmitidas por vectores** (malaria, Dengue, Leishmania)

La geografía y las condiciones climáticas afectan significativamente este panorama. En climas cálido-húmedos destacan Dengue, Leishmania y cólera; en condiciones seco-polvorientas, tuberculosis e infecciones fúngicas; en climas fríos, Influenza y RSV; y en condiciones de fuertes lluvias-inundaciones, Leptospira e infecciones diarreicas transmitidas por agua.

Las infecciones de heridas post-desastre también se definen como una “amenaza silenciosa”. En presencia de factores de riesgo como heridas sucias, intervención tardía y cuerpos extraños, Staphylococcus aureus, Streptococcus spp., Pseudomonas, Acinetobacter y Clostridium spp. pueden causar cuadros clínicos graves (infecciones necrotizantes, tétanos, gangrena gaseosa).



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

La preparación del laboratorio frente a estos riesgos requiere el almacenamiento de kits rápidos de antígenos y PCR, la adopción de un enfoque de paneles sindrómicos, la evaluación de la capacidad de laboratorio móvil y la actualización de la lista de patógenos críticos.

4.5. Daño Invisible: Resiliencia Psicológica

Uno de los aspectos más frecuentemente ignorados de la recuperación del laboratorio es el bienestar psicológico del personal. No se puede establecer un laboratorio funcional sin un equipo funcional. Por ello, el trabajo de resiliencia psicológica debe realizarse simultáneamente con la recuperación técnica.

Riesgos Específicos de los Trabajadores de Microbiología: El personal de microbiología enfrenta una carga de estrés única en entornos de desastre. Cuatro factores definen esta carga: carga de tareas invisible pero crítica, necesidad de atención continua bajo riesgo biológico, mayor responsabilidad debido a la escasez de personal y miedo a cometer errores. La resiliencia psicológica no es la ausencia de estrés, sino la capacidad de mantener la funcionalidad bajo estrés.

Banderas Rojas del Estrés y el Burnout: Síntomas observados en tres categorías:

- **Cognitivos:** distracción, dificultad para tomar decisiones
- **Emocionales:** ira, entumecimiento, ansiedad, sentimiento de culpa
- **Físicos:** insomnio, quejas somáticas, agotamiento

No debe olvidarse que la disminución del rendimiento aumenta directamente el riesgo de error.

Primeros Auxilios Psicológicos y Sistema Buddy: La intervención psicológica clínica puede no estar siempre disponible en entornos de desastre. Por ello, el personal de laboratorio puede proporcionarse apoyo psicológico básico entre sí sin psicólogos clínicos. El enfoque básico sigue estos pasos: **observar – escuchar – conectar – tranquilizar – determinar necesidades – referir**. Dentro del Sistema Buddy, el personal se observa y se apoya mutuamente; casos graves de pánico, disociación o ideas de autolesión se derivan a apoyo profesional; se comparte la carga de trabajo y se crea un entorno de comunicación seguro y no culpabilizador.

Factores que Fortalecen la Resiliencia: A nivel individual: sueño y descanso, satisfacción de necesidades básicas, apoyo social, conciencia emocional, toma de pausas, límites claros de tareas y comportamiento de búsqueda de ayuda. A nivel de equipo: entorno de comunicación seguro, enfoque no culpabilizador, reuniones cortas de equipo, solidaridad, distribución equilibrada de la carga de trabajo y apoyo visible a través del reconocimiento.

4.6. Mejora Continua (AAR) y Aprendizaje Institucional

Después de un desastre, simplemente recuperarse no es suficiente; el objetivo es hacer el sistema más fuerte y resiliente. Este principio se implementa a través de un ciclo de mejora continua que alimenta la memoria institucional.

Método After Action Review (AAR): El AAR es la principal herramienta de aprendizaje estructurado después de un evento. Busca respuestas a cuatro preguntas: “¿Qué se había planificado?”, “¿Qué ocurrió?”, “¿Por qué ocurrió?” y “¿Qué se hará la próxima vez?”. Este enfoque se centra en identificar debilidades estructurales del sistema en lugar de culpar a individuos. La tabla de resultados del AAR debe incluir el responsable, plazo, recursos necesarios y criterios de verificación para cada acción correctiva.

Principales Herramientas de Mejora Continua: Evaluación de eventos, análisis de causa raíz, acciones correctivas y preventivas (CAPA), listas de verificación, Procedimientos Operativos



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

Estándar (SOP) actualizados, simulacros y capacitaciones de repaso. Los períodos de simulacros deben determinarse según la prioridad de riesgo: temas de alta prioridad cada seis meses, media prioridad una vez al año, baja prioridad cada dos años.

Lucha contra la Curva del Olvido: Se sabe que la información aprendida se pierde rápidamente si no se repite. Los estudios muestran que aproximadamente el 50% se recuerda un día después del aprendizaje, el 30% después de una semana y el 20% después de un mes. Dado que la repetición regular hace que el conocimiento sea permanente, las capacitaciones periódicas, simulacros de mesa, aplicaciones de escenarios, entrenamiento cruzado y orientación de nuevo personal son componentes indispensables del ciclo de mejora continua.

Escenario de Ejemplo — Laboratorio en Llamas: En este escenario, se produjo un incendio en el laboratorio de microbiología durante el turno de noche debido a una fuga eléctrica en el cable de alimentación desgastado de una de las incubadoras. Mientras el sistema de supresión de incendios se activó, la incubadora y el dispositivo PCR adyacente sufrieron daños graves, los equipos se detuvieron por corte de energía y no se pudieron procesar muestras críticas durante 24 horas. El análisis de causa raíz reveló la ausencia de un análisis de riesgo de desastres actualizado, falta de planes de ubicación para dispositivos críticos, sistema eléctrico sobrecargado, relé diferencial no funcional y ausencia de un plan de continuidad del negocio (COOP). Las acciones correctivas incluyeron pruebas anuales obligatorias de seguridad eléctrica, planes de espaciamiento de dispositivos, acuerdos con laboratorios hermanos, simulacros anuales de desastres y preparación de procedimientos de emergencia para incendios. La lección aprendida es clara: la combinación de mantenimiento periódico inadecuado e insuficiente análisis de riesgos provoca pérdidas tanto físicas como operativas, y se requieren planes alternativos para mantener el servicio mínimo.

5. Conclusión

Este módulo ha abordado la gestión de laboratorios de microbiología post-desastre en un marco integrado que cubre sus dimensiones técnicas, organizativas y humanas. Seguridad, servicio y calidad —la continuación secuencial y mutuamente reforzante de estos tres principios— constituyen el eje básico de la funcionalidad del laboratorio después de desastres. Cada lección aprendida durante el proceso de reestructuración contribuye a construir un sistema más sólido para el futuro. Las experiencias post-desastre se convierten en verdadera memoria institucional solo cuando se documentan mediante análisis de causa raíz, se procesan a través de procesos AAR y se refuerzan mediante simulacros. En este contexto, la pregunta final del módulo es también un llamado: **¿Qué sería lo primero que cambiarías en tu laboratorio mañana?**

REFERENCIAS

1. World Health Organization. Laboratory biosafety manual. 4th ed. Geneva: WHO; 2020.
2. Centers for Disease Control and Prevention. Public Health Emergency Preparedness and Response Capabilities. Atlanta: CDC; 2019.
3. ISO 15189:2022. Medical laboratories — Requirements for quality and competence. Geneva: ISO; 2022.
4. Watson JT, Gayer M, Connolly MA. Epidemics after natural disasters. *Emerg Infect Dis.* 2007;13(1):1-5.
5. 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.
6. Pan American Health Organization. Safe hospitals: preparedness for emergencies. Washington DC: PAHO; 2018.



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

7. World Health Organization. Managing epidemics: key facts about major deadly diseases. Geneva: WHO; 2017.
8. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Psychological First Aid Guide. Geneva: IFRC; 2018.
9. CLSI. GP36 Planning for Laboratory Operations During a Disaster. Wayne, PA: CLSI.
10. Association of Public Health Laboratories. Guidelines for the Public Health Laboratory Continuity of Operations Plan (COOP). Silver Spring, MD; 2011.
11. Jensen J, Thompson S. The Incident Command System: a literature review. Disasters. 2016;40(1):158-82.
12. U.S. Department of Homeland Security. Federal Continuity Directive 1. Washington DC; 2017.