



MATRIZ DE RIESGO TRIDIMENSIONAL APLICADA AL ESTUDIO DEL RIESGO BIOLÓGICO DE LOS ESPECIALISTAS CRIMINALÍSTAS

THREE-DIMENSIONAL RISK MATRIX APPLIED TO THE STUDY OF BIOLOGICAL RISK FOR CRIMINALISTICS SPECIALISTS

 AMANDA RODRÍGUEZ OLIVERA¹,  ANTONIO TORRES VALLE²,  YOLANDA ROMERO LÓPEZ¹

¹Laboratorio Central de Criminalística (LCC), Ministerio del Interior. Cuba.

²Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas (INSTEC), Universidad de La Habana, Cuba.

E-mail: amandarodriguez06081998@gmail.com

Palabras clave:

especialistas criminalistas
matriz de riesgo tridimensional
riesgo biológico

Resumen

Los especialistas criminalistas realizan investigaciones de fluidos corporales, que pueden ser posibles portadores de agentes biológicos infecciosos. Su gestión inadecuada y a partir de ella la manipulación indebida de estas muestras, puede causar daños a la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos. El método de matriz de riesgo tridimensional es utilizado como herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de los escenarios de riesgo en la misma. El objetivo de este estudio es evaluar el riesgo biológico de los especialistas criminalistas utilizando el método de matriz de riesgo tridimensional. Para ello se aplicó el código SECURE-MR-FMEA, que informatiza el método enunciado. Se detectó que el riesgo asociado a la práctica criminalística es alto, debido esencialmente, a malas prácticas de manipulación de muestras y mal manejo de desechos por trabajadores. Las defensas más importantes en cuanto a barreras están basadas en procedimientos y buenas prácticas, así como en el uso de medios de protección. Aunque el uso de los medios de protección individual y el desempeño de las actividades basadas en buenas prácticas aparecen como directivas en las legislaciones vigentes, su incumplimiento por parte del personal ejecutor está siendo un factor determinante en los resultados que se aprecian en la modelación realizada.

Keywords:

criminalistics specialists
three-dimensional risk matrix
biological risk

Abstract

Criminalistics specialists conduct investigations involving bodily fluids, which may carry infectious biological agents. Improper management and handling of these samples can pose health risks to occupationally exposed workers. The three-dimensional risk matrix method is used as a tool to establish priorities in risk management within a facility, based on a combined analysis of risk scenarios. The aim of this study is to assess the biological risk faced by criminalistics specialists using the three-dimensional risk matrix method. To this end, the SECURE-MR-FMEA code was applied, which digitizes the aforementioned method. The study found that the risk associated with criminalistics practice is high, primarily due to poor sample handling practices and inadequate waste management by workers. The most important defenses in terms of barriers are based on procedures and best practices, as well as the use of protective equipment. Although legislation mandates the use of personal protective equipment and the performance of activities based on best practices, non-compliance by personnel is a significant factor influencing the results observed in the modeling conducted.

Recibido: 17 de junio de 2025

Aceptado: 15 de octubre de 2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses con respecto a la publicación de este artículo.

Declaración de contribución: **Conceptualización:** Amanda Rodríguez Olivera y Antonio Torres Valle. **Conservación de datos:** Amanda Rodríguez Olivera y Antonio Torres Valle. **Análisis formal:** Amanda Rodríguez Olivera, Antonio Torres Valle, Yolanda Romero López. **Adquisición de financiación:** Amanda Rodríguez Olivera, Antonio Torres Valle y Yolanda Romero López. **Investigación:** Amanda Rodríguez Olivera y Antonio Torres Valle. **Metodología:** Antonio Torres Valle. **Administración de proyecto:** Amanda Rodríguez Olivera y Yolanda Romero López. **Recursos:** Amanda Rodríguez Olivera, Antonio Torres Valle y Yolanda Romero López. **Software:** Antonio Torres Valle. **Supervisión:** Amanda Rodríguez Olivera y Yolanda Romero López. **Validación:** Amanda Rodríguez Olivera y Antonio Torres Valle. **Visualización:** Amanda Rodríguez Olivera, Antonio Torres Valle y Yolanda Romero López. **Redacción - borrador inicial:** Amanda Rodríguez Olivera. **Redacción - revisión y edición:** Amanda Rodríguez Olivera, Antonio Torres Valle y Yolanda Romero López.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Introducción

Los laboratorios criminalísticos o forenses constituyen instalaciones que como resultado de la investigación de hechos delictivos, generan desechos biológicos peligrosos al manipular huellas (elementos dubitados), muestras (elementos indubitados) e indicios (portadores de las huellas). Al encontrarse en estado de conservación desfavorable, ser de proveniencia desconocida y potencialmente infecciosos, incrementa los riesgos asociados a su manipulación (Villafranco, 2012). Dichos riesgos generalmente se desconocen y la percepción sobre los mismos es baja, por lo que en la medida que el profesional conozca de estos, desarrolle habilidades y sea más competente en su labor podrá mitigarlos.

El evidente peligro se acentúa al ser la instalación y la actividad criminalística, de manera general, una profesión de riesgo biológico. Se hace necesario realizar estudios de evaluación de riesgos de una manera científicamente adecuada con el uso de conocimientos especializados, con el objetivo de caracterizar e identificar la naturaleza y la magnitud de las situaciones hipotéticas de peligro si las hubiera, y la probabilidad de que esas situaciones se presentaran realmente. Debe investigarse caso por caso, lo que significa hacer un análisis individual de cada propuesta (Argote, 2013).

Como referencias de la necesidad de la evaluación de riesgo biológico, existen diferentes documentos. La Gaceta Oficial de Cuba con fecha 19/12/2007 (CITMA, 2007) establece la Resolución 180 para el Reglamento de Autorización de Seguridad Biológica en el ARTICULO 6, del cual los incisos b) y f) hacen referencias a la investigación, producción y ensayos que involucren agentes biológicos y sus productos, así como la transportación de los mismos y desechos biológicos peligrosos.

La misma Resolución, en su capítulo III establece la necesaria licencia de seguridad biológica; la misma debe contener según inciso f), la evaluación de riesgo realizada para cada actividad. En el Anexo 1, inciso c) se establece que la evaluación del riesgo debe tener en cuenta: Técnicas utilizadas en la evaluación de riesgo y personal que las desarrolló, Identificación de los peligros, Estimación de la posibilidad de que se produzcan efectos adversos, Estimación de las consecuencias, Medidas de gestión de los riesgos y Evaluación general.

Uno de los métodos más específicos para evaluar riesgo biológico lo constituye BIOGAVAL (Pérez et al., 2020; Reyes et al., 2020) el cual trabaja con una ecuación que incluye factores de frecuencia de exposición, gravedad, vía de infección, vacunación y una guía de evaluación de buenas prácticas para ajustar resultados, entre otros. El método se aplica a los agentes patógenos localizados en determinada área con peligro biológico, teniendo éxito en laboratorios clínicos.

Con menos nivel de rigurosidad, otros documentos tratan la evaluación de riesgo biológico. Por ejemplo, el Manual de Bioseguridad para la Investigación Técnica Científica del Delito (Ministerio de la Mujer y Derechos Humanos, 2023) establece una clasificación muy simple del riesgo biológico. El mismo reafirma los 4 grupos conocidos de riesgo y establece requerimientos que van esencialmente hacia el manejo y desecho de los objetos cortopunzantes. En similar sentido, Hernández (2016) realiza una exposición breve de los requerimientos de la evaluación del riesgo biológico, sin entrar en detalle sobre aspectos metodológicos.

Organización Mundial de la Salud ha propuesto en su Manual de Bioseguridad (La OMS, 2023) una evaluación de riesgo biológico basado en una matriz bidimensional de probabilidad de exposición por consecuencias, incorporando factores guías para el analista que modifican la probabilidad y consecuencias mencionadas.

Como se ha visto, uno de los métodos utilizados para evaluar el riesgo biológico es la matriz de riesgo con sus diferentes variantes. El método de matriz de riesgo tridimensional es utilizado como herramienta para establecer prioridades en la gestión del riesgo de una instalación a partir del análisis combinado de los potenciales escenarios de riesgo en la misma. Cada escenario se caracteriza por la ocurrencia de un evento indeseado (con su frecuencia asociada), la probabilidad de fallo de las barreras existentes y la magnitud de sus consecuencias. Este método, aunque no permite cuantificar el riesgo numéricamente, hace posible clasificarlo en niveles, lo que resulta suficiente para establecer prioridades (Torres y Sierra, 2020).

Esta metodología ha sido aplicada ampliamente en la industria con riesgo potencial asociado, en el sector bancario y crediticio, así como en distintas prácticas con radiaciones ionizantes (Torres et al., 2023; Domínguez et al., 2024), peligros biológicos (Ajo et al., 2024; Torres y Sierra, 2020) y riesgos ambientales (Pérez et al., 2023), pero nunca ha sido utilizada para evaluar el riesgo biológico en actividades criminalísticas; de ahí que el objetivo general de esta investigación es evaluar el riesgo biológico en los especialistas criminalistas, aplicando la matriz de riesgo tridimensional.

Materiales y Métodos

El análisis de riesgo biológico se realizó a los especialistas criminalistas durante el período comprendido entre noviembre de 2023 y septiembre de 2024. Se estudió a toda la población ocupacionalmente expuesta, incluyendo otros trabajadores que se exponen al riesgo en la instalación.

Para evaluar el riesgo biológico se utilizó el método de matriz de riesgo tridimensional, a través del algoritmo representado en la Figura 1.

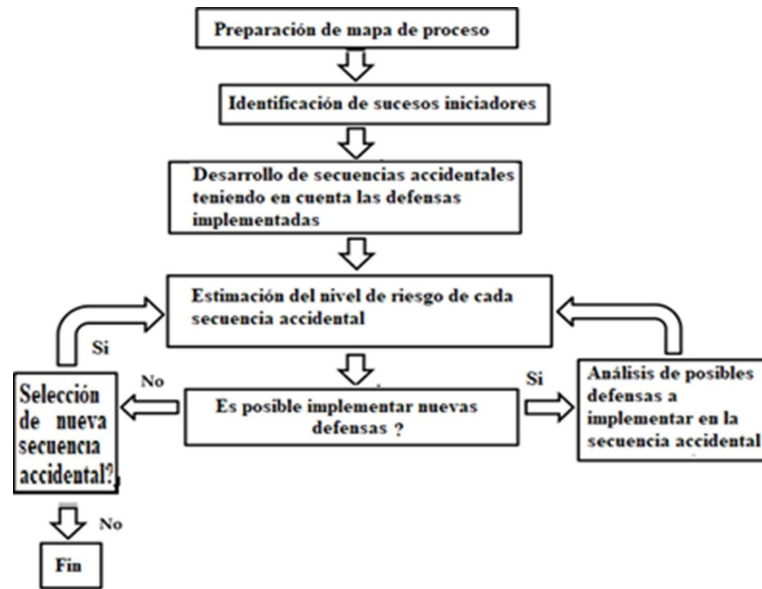


Figura 1. Algoritmo utilizado para evaluar el riesgo biológico empleando el código SECURE-MR-FMEA. (Torres et al., 2023)

Figure 1. Algorithm used to assess biological risk using the SECURE-MR-FMEA code. (Torres et al., 2023)

El mapa de proceso es el ordenamiento cronológico de las diferentes etapas por las cuales transcurre la investigación criminalística. En cada subproceso o etapa podrán ocurrir varios escenarios, o sea, sucesos iniciadores que conllevan a peligros dentro del proceso correspondiente. No basta con que el microorganismo esté presente en las huellas, muestras e indicios colectados; es necesario un mecanismo que conduzca a la infección.

Cada secuencia accidental se describe mediante un árbol de evento, que es un método inductivo que describe la evolución del suceso iniciador vinculado con el fallo de sus correspondientes barreras hasta alcanzar las consecuencias indeseadas. (Torres y Sierra, 2020). Para estimar el riesgo se empleó la matriz de riesgo que vincula tridimensionalmente los parámetros que caracterizan al riesgo biológico: frecuencia del suceso iniciador (F), probabilidad de fallo de barreras (P) y magnitud de las consecuencias (C). Cada parámetro se caracteriza con una escala cualitativa, la cual aparece representada en la Figura 2.

Esta escala se representa como:

- Para frecuencia de iniciador y probabilidad de fallo de barreras: A- alta, M- media, B- baja y MB - muy baja
- Para consecuencias: MA- muy alta, A- alta, M- media y B- baja
- Para riesgos: RMA- riesgo muy alto, RA- riesgo alto, RM- riesgo medio y RB- riesgo bajo

La asignación de parámetros para las secuencias accidentales (frecuencia de iniciadores, magnitud de consecuencias y modelación de las defensas) sigue las siguientes consideraciones:

$$R = (f * P) * C$$

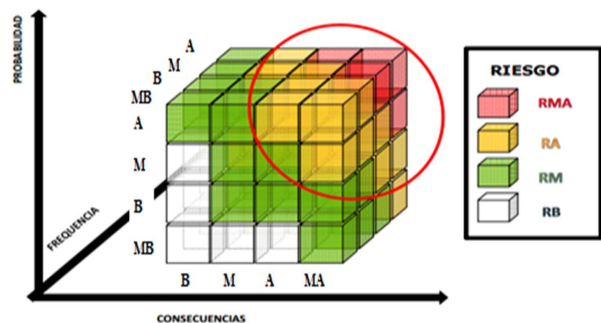


Figura 2. Matriz tridimensional de riesgo (Torres et al., 2023)

Figure 2. Three-dimensional risk matrix (Torres et al., 2023).

Para frecuencia de iniciadores:

1. Se realizó una revisión de las estadísticas acopiadas a la entidad, resultando escasos los datos encontrados, además se tuvo en cuenta los testimonios del personal experimentado y con más años de servicio en la instalación, para aportar la frecuencia de sucesos iniciadores (SI) analizados.
2. Teniendo en cuenta que muchos SI ocurren frecuentemente y han sido observados por la autora, se decidió asignar frecuencia alta (FA) para los casos que ocurren más de 50 veces por año.
3. Aquellos SI relacionados con el estado inadecuado de la instalación (incluso desde su diseño), se consideraron como de FA.

- A criterio de la autora, a las prácticas que implican SI medianamente frecuentes (se considera que ocurren entre 1 y 50 veces por año) se les asignó valores de frecuencia media (FM) para que ello quedara en un rango conservador.
- En los casos que no hay evidencia de SI y se conoce que el personal posee habilidades y aplican buenas prácticas y procedimientos, se colocará frecuencia baja (FB).

Para medidas de defensa (barreras) y magnitud de las consecuencias:

- Las barreras se determinan en base a su diseño teórico si se trata de: bloqueos automáticos, alarmas y procedimientos basados en acciones humanas realizados por más de una persona o por una sola persona. En ese orden se asignan robusteces que caracterizan la efectividad de la barrera.
- Para magnitud de las consecuencias se asigna el peor efecto esperado una vez ocurrido el SI, sin considerar la participación de las barreras.

Para reductores de frecuencia y reductores de consecuencia:

- La asignación de robusteces para las barreras se incorporan a las secuencias si procede; los reductores de frecuencia, que pueden cambiar la frecuencia del suceso iniciador, y los reductores de consecuencia, que pueden cambiar la magnitud de las consecuencias.

De esta forma en orden cronológico de modelación están: los reductores de frecuencia (pueden atenuar la frecuencia del iniciador), las barreras (controlan la evolución de la secuencia) y los reductores de consecuencia (pueden mitigar la gravedad de las consecuencias).

Resultados y Discusión

Tras la identificación de sucesos iniciadores y diseño de sus secuencias accidentales correspondientes, se obtuvo un patrón de riesgo biológico asociado al trabajo criminalístico. Este patrón de riesgo fue introducido al código SECURE-MR-FMEA (Torres et al., 2023), obteniéndose una evaluación de riesgo, cuyos principales resultados se destacan a continuación.

En la figura 3 se muestra la descripción del patrón de riesgo y sus consecuencias, donde se observa un total de 25 secuencias accidentales, seis secuencias accidentales con riesgo alto, todas con consecuencias graves, y así sucesivamente, otras secuencias de riesgo menor.

Leyenda/Legend: Total - Total de secuencias, RMA-riesgos muy altos, RA- riesgos altos, RM -riesgos medios, RB- riesgos bajos. MG-consecuencias muy graves, G- consecuencias graves, M- consecuencias medias. B- consecuencias bajas

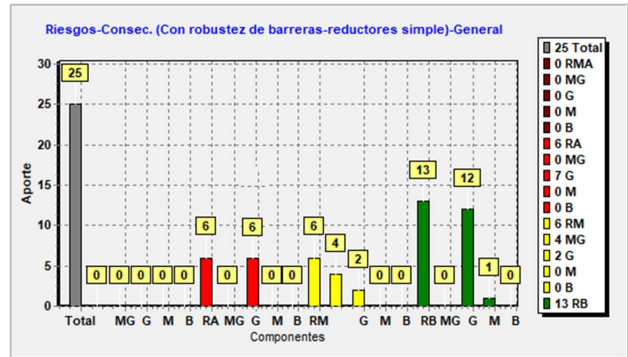


Figura 3. Perfil de riesgo general obtenido para la práctica criminalística.

Figure 3. General risk profile obtained for criminalistics practice.

La Tabla 1 muestra los subprocesos de la investigación criminalística con la cantidad de secuencias accidentales de cada uno clasificadas por niveles de riesgo, observándose que el riesgo alto corresponde a una de las secuencias que se encuentra en la manipulación de muestras durante la investigación.

Tabla 1. Distribución general del perfil de riesgo por etapas para actividad criminalística.

Table 1. General distribution of the risk profile by stages for criminalistic activity.

Etapa	RMA	RA	RM	RB	Total por etapa
Riesgo durante investigación criminalística (CRI)					
Recepción de muestras por personal del laboratorio de criminalística (RMC)	0	0	2	3	5
Manipulación de muestras durante investigación (MMI)	0	4	4	4	12
Descarte - Desechos de pruebas y muestras (DPM)	0	2	0	6	8
Proceso	0	6	6	13	25

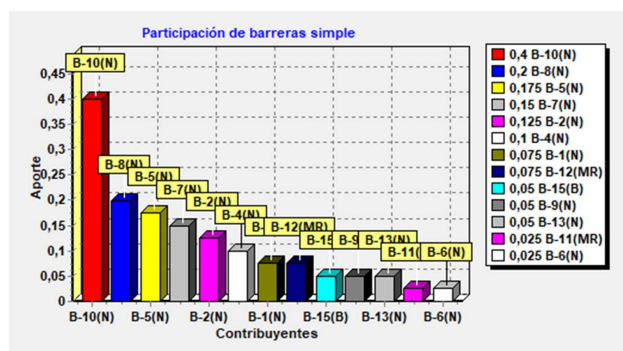
La Tabla 2 muestra un fragmento de las secuencias accidentales más importantes ordenadas por nivel de riesgo y la magnitud de sus consecuencias. Se observan seis secuencias con riesgo alto y una con riesgo medio, seis con consecuencias altas y una con consecuencias muy altas. De ellas, cinco ocurren durante la manipulación de muestras (MMI) y dos en la etapa de desecho de pruebas y muestras (DPM).

Otro análisis posible es la importancia de medidas de defensas. En la figura 4 se observa el ordenamiento de las barreras por su participación porcentual en las secuencias. Obsérvese que las más contribuyentes son el Chequeo por pares durante la ejecución de la tarea (B-10(N)) y el Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante recolección de desechos (B-8(N)).

Tabla 2. Secuencias más importantes ordenadas por nivel de riesgo y magnitud de consecuencias.

Table 2. Most important sequences ordered by level of risk and magnitude of consequences.

No	Sec{SI}	Riesgo	Consec.	Proceso	Descripción
1	SEC12{SI-TOE2.4(M)}	A	C-TOE(A)	MMI	Ingestión de patógeno durante manipulación de muestra en laboratorio
2	SEC16{SI-TOE2.8(B)}	A	C-TOE(A)	MMI	Transporte no autorizado en medios no adecuados de muestras con riesgo biológico durante la investigación
3	SEC19{SI-PUB2.1(B)}	A	C-PUB(A)	MMI	Acceso no autorizado a muestras con riesgo biológico durante la investigación
4	SEC20{SI-PUB2.2(B)}	A	C-PUB(A)	MMI	Transporte no autorizado en medios no adecuados de muestras con riesgo biológico durante la investigación
5	SEC28{SI-TOE3.1(A)}	A	C-TOE(A)	DPM	Accidente cortopunzante del perito por recolección de desechos de laboratorio mal gestionados
6	SEC29{SI-PUB3.2(A)}	A	C-PUB(A)	DPM	Inhalación o ingestión de patógeno por el público por recolección de desechos de laboratorio mal gestionados
7	SEC13{SI-TOE2.5(B)}	M	C-TOE(MA)	MMI	Fallo de centrifuga provoca salpicadura de agente biológico

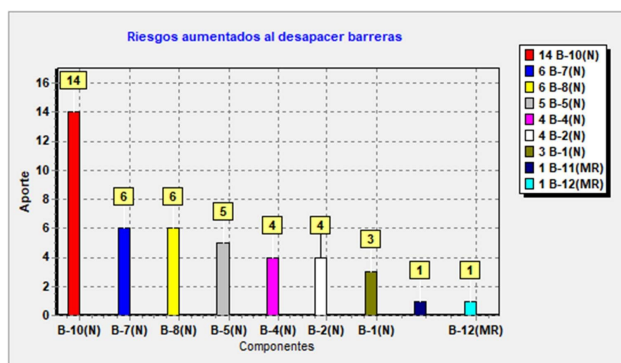


Leyenda /Legend: B-10(N)- Chequeo por pares durante ejecución de la tarea (N). B-8(N)-Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante recolección de desechos(N). B-5(N)-Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación de muestras (N). B-7(N)-Uso de medios de protección durante recolección de desechos (N). B-2(N)-Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación (N). B-4(N)-Uso de medios de protección durante manipulación de muestras (N). B-1(N)-Uso de medios de protección durante manipulación (N). B-12(MR)- Enclavamiento de autoclave para parada de emergencia (MR). B-15(B)- Pericia del conductor (B). B-9(N)-Mantenimiento preventivo periódico (N). B-13(N)-Mantenimiento preventivo periódico del vehículo (N). B-11(MR)- Enclavamiento de centrifuga para parada de emergencia (MR). B-6(N)-Sistema de vigilancia y protección física del laboratorio (N)

Figura 4. Perfil de importancia de primeras barreras de defensa.

Figure 4. Importance profile of first lines of defense.

En la figura 5 se ilustra una modalidad de estudio de importancia más objetiva que la anterior (riesgos aumentados al desaparecer la barrera), donde resultan las más contribuyentes las barreras B-10(N): chequeo por pares durante ejecución de la tarea, B-7(N): uso de medios de protección durante recolección de desechos y B-8(N): cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante recolección de desechos.



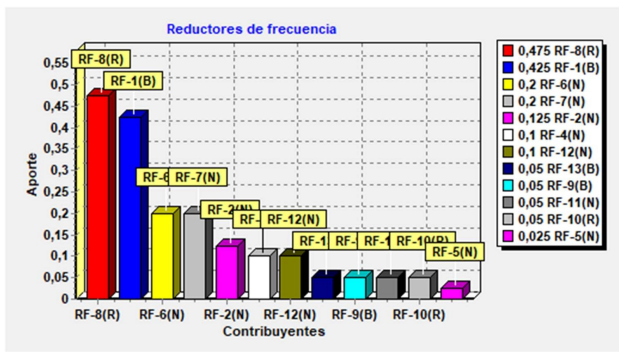
Leyenda / Legend: B-10(N)- Chequeo por pares durante ejecución de la tarea (N). B-7(N)- Uso de medios de protección durante recolección de desechos (N). B-8(N)-Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante recolección de desechos(N). B-5(N)-Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación de muestras (N). B-4(N)- Uso de medios de protección durante manipulación de muestras (N). B-2(N)- Cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación (N). B-1(N)- Uso de medios de protección durante manipulación (N). B-11(MR)- Enclavamiento de centrifuga para parada de emergencia (MR). B-12(MR)- Enclavamiento de autoclave para parada de emergencia (MR).

Figura 5. Perfil de riesgos aumentados al desaparecer las barreras.

Figure 5. Profile of increased risks when barriers disappear.

El estudio de las defensas puede incluir otros contribuyentes como los reductores de frecuencia. En la figura 6 se ilustra la importancia por participación porcentual. En este caso son los más contribuyentes el RF-8(R): carga de trabajo moderada y el RF-1(B): capacitación adecuada del personal.

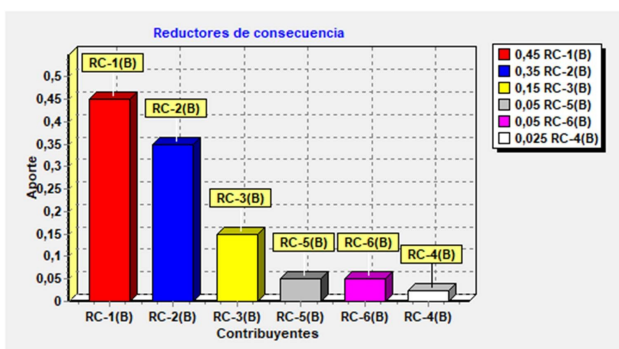
Finalmente, el ordenamiento de los reductores de consecuencia por su participación porcentual en la mitigación de consecuencias se ilustra en la figura 7. Obsérvese como RC-1(B): disponibilidad de set de primeros auxilios y RC-2(B): vacunación contra enfermedades prevenibles, como hepatitis, son los más contribuyentes.



Leyenda / Legend: RF-8(R)- Carga de trabajo moderada (R). RF-1(B)- Capacitación adecuada del personal (B). RF-6(N)- Existencia de procedimientos y buenas prácticas durante recolección de desechos (N). RF-7(N)- Sistema de clasificación de desechos con adecuada infraestructura (N). RF-2(N)- Existencia de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación (N). RF-4(N)- Existencia de procedimientos y buenas prácticas durante manipulación de muestras (N). RF-12(N)- Adquisición sólo desde suministradores reconocidos (N). RF-13(B)- Capacitación del mantenedor (B). RF-9(B)- Capacitación del conductor (B). RF-11(N)- Programa de mantenimiento preventivo (N). RF-10(R)- Control ambiental de condiciones de trabajo (R). RF-5(N)- Existencia de sistema de protección física del laboratorio (N)

Figura 6. Perfil de Reductores de frecuencia.

Figure 6. Frequency Reducer Profile



Leyenda / Legend: RC-1(B)- Disponibilidad de set de primeros auxilios (B). RC-2(B)- Vacunación contra enfermedades prevenibles-hepatitis (B). RC-3(B)- Disponibilidad de ducha de emergencia (B). RC-4(B)- Disponibilidad de lavajos de emergencia (B). RC-5(B)- Delimitación y vigilancia de escena del accidente (B). RC-6(B)- Alerta inmediata a centro de mando (B).

Figura 7. Perfil de Reductores de consecuencias.

Figure 7. Consequence Reducers Profile.

La manipulación de muestras es un subproceso clave para el riesgo durante la investigación criminalística. Ello se evidencia aún más por el alto riesgo que genera las malas prácticas pudiendo provocar la ingestión accidental de patógenos, su transporte por vías inadecuadas,

accesos no autorizados de personal o accidentes con objetos cortopunzantes, que se producen por el personal ocupacionalmente expuestos.

También las personas que no están directamente relacionadas con la investigación pericial tienen su aporte por el riesgo que genera su posible acceso al lugar de los hechos o el contacto con huellas, indicios y muestras durante su transporte no autorizado.

Por otra parte, en el estudio sistémico que la metodología permite, resaltan por su rol trascendente las medidas de defensa tipo barreras, asociadas a chequeos por pares durante ejecución de las tareas, propiciando que durante el trabajo ambas personas supervisen sus acciones entre sí. Así mismo el uso de medios de protección y cumplimiento de procedimientos y buenas prácticas durante la recolección de desechos, garantiza que no exista contaminación entre los elementos a peritar y entre estos y el operario.

Además, trascienden como defensas tipo reductores de frecuencia las asociadas a carga de trabajo moderada que permite mitigar situaciones de estrés y propicia mayor concentración durante la investigación; la capacitación del personal favorece que el perito criminalista se encuentre más preparado, con mayores conocimientos y competencia para ejecutar su labor; como tipo reductores de consecuencia, las de disponibilidad de set de primeros auxilios para actuar con rapidez ante una emergencia y la vacunación contra enfermedades prevenibles en función de mejorar la respuesta del organismo ante un patógeno.

Debe señalarse que aunque la mayoría de las medidas de defensa y los sucesos iniciadores importantes han sido reconocidos y establecidos en la legislación vigente (CITMA, 2007), ello no constituye requisito obligatorio de su cumplimiento, lo cual lo reflejan las observaciones tributarias de los datos que se han empleado en esta investigación, así como los resultados del estudio. De ahí que estos deben tener un impacto importante en la corrección de las deficiencias detectadas durante la cuantificación del riesgo de esta práctica. Hernández (2016) aporta muy poco desde el punto de vista metodológico de evaluación de riesgo biológico, ya que solo comunica directivas generales respecto a volumen y frecuencia con que se manipulan los elementos portadores de material de origen biológico, los factores técnicos y humanos involucrados y una leve noción de defensa.

La Resolución 189 (CITMA, 2007) establece pasos para la evaluación de riesgo biológico en líneas generales (sin especificar un método), y refiriéndose a un enfoque matricial bidimensional (estimación de la posibilidad de que se produzcan efectos adversos; Estimación de las consecuencias), pero no existen evidencias claras de ello. El método BIOGAVAL (Pérez et al., 2020; Reyes et al., 2020), resulta específico para riesgo biológico, logra establecer los agentes patógenos más importantes, y algunas buenas prácticas generales, sin embargo no alcanza una posibilidad de análisis holístico por procesos.

La OMS propone un método bidimensional de evaluación basado en un enfoque matricial, pero no llega a establecer una subdivisión hacia las medidas de defensa. Como se aprecia, ninguno de los métodos analizados por otras referencias muestra la potencialidad de resolución de contribuyentes que alcanza la matriz tridimensional de riesgo aplicada en este estudio, lo que la hace más factible por el nivel de detalle y priorización de sus resultados, y el grado de especificidad de las medidas derivadas.

Conclusiones

- Las capacidades del método permiten dar un enfoque holístico al riesgo de la actividad incorporando sucesos iniciadores, medidas de defensa y consecuencias.
- Se determinan siete secuencias accidentales importantes, cuatro para el perito criminalista y tres para las personas que no están directamente relacionadas con la investigación pericial.
- Las barreras más importantes están relacionadas con buenas prácticas, mientras que sobre los reductores destacan las relacionadas con prevención de sucesos iniciadores (carga de trabajo moderada y capacitación adecuada) y mitigación de consecuencias (disponibilidad de primeros auxilios y vacunación preventiva).
- La disponibilidad del software SECURE-MR-FMEA y la capacitación sobre el empleo del método matricial garantiza su utilidad para otras prácticas o instalaciones con riesgo biológico.

Bibliografía

- Ajo Melia, R., Torres Valle, A., Azanza Ricardo, J., & Rubio Limonta, M. (2024). Estrategia de prevención para la infección viral con Necrosis Infecciosa Hipodérmica y Hematopoyética en el cultivo de camarón. *Revista de Investigaciones Marinas*, 43(2), 80-96.
- Argote, E. (2013). Desechos hospitalarios. II Taller Internacional de Manejo de Desechos Biológicos Peligrosos. 2-4 Noviembre. Cuba. Versión on-line
- CITMA (2007). Resolución 180 para el Reglamento de Autorizaciones de Seguridad Biológica. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*.
- Dominguez, C. C., Torres, A., & Alfonso, R. (2024). Evaluation of the effectiveness of defense measures during radiological risk assessment in gynecological brachytherapy. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 12(1), e2347-e2347. <https://doi.org/10.15392/2319-0612.2024.2347>
- Fornet Rodríguez, O. M., Pérez González, F., Torres Valle, A., & Sánchez Pérez, M. D. C. (2022). Factibilidad de la evaluación de riesgo en la actividad de inspección y coerción en cobaltoterapia. *Nucleus*, (70).
- Hernández de la Torre, R. (2016). Bioseguridad en la criminalística. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 1(2), 13-21.
- Ministerio de la Mujer y Derechos Humanos, Fiscalía General del Estado, Ministerio del Interior Ecuador (2023). Manual de Bioseguridad para la Investigación Técnica Científica del Delito.
- Organización Mundial de la Salud (2023). *Manual de bioseguridad en el laboratorio*. World Health Organization.
- Pérez, Y., García-Cortes, D., Torres-Valle, A., & Jáuregui-Haza, U. (2023). Risk assessment of domestic wastewater treatment system based on constructed wetlands. *Sustainability*, 15(22), 15850. <https://doi.org/10.3390/su152215850>
- Pérez D.Y, Pedroso RL, Pérez SLM (2020). Evaluación del riesgo biológico en laboratorio clínico aplicando el método BIOGAVAL. *Medimay*, 27(2), 104-116.
- Reyes-Reyes, E. Y., Piguave-Reyes, J. M., Riofrío-Pinargote, C. A., & Alay-Pinargote, M. J. 2020. Evaluación del riesgo biológico en los laboratorios de las Instituciones Universitarias Evaluation of biological risk in the laboratories of University Institutions. *Ciencias de la Salud. Salud y Vida*. 4.
- Torres, A. y Sierra, K. (2020). Matriz de riesgo tridimensional aplicada a una evaluación de Bioseguridad en una práctica de hemodiálisis. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 21(1), 13-21.
- Torres Valle, A., Amador Balbona, Z., Alfonso Laguardia, R., Nazco Torres, J., Núñez Zamora, L., Perdomo Ojeda, M., ... & González Rodríguez, N. (2023). Gestión de riesgo en las prácticas médicas con radiaciones ionizantes. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 13(2).
- illafranco, J. (2012). La investigación criminalista en los delitos ambientales. Biblioteca Jurídica Virtual del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM. Disponible en: <http://www.bibliojuridica.org>.