

La bioseguridad en el desarrollo tecnológico de las investigaciones biomédicas

Biosecurity in the technological development of biomedical research

Raisa González-Giraldez^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-1856-0343>

Danamirys Valdés-Espino¹  <https://orcid.org/0000-0002-8195-0467>

Yeinier Hechavarría-Morales¹  <https://orcid.org/0000-0003-1501-4467>

Regina Yamilet Sosa-Díaz¹  <https://orcid.org/0000-0002-4034-2289>

Caridad Julia Fernández-Rodríguez¹  <https://orcid.org/0000-0002-9344-9047>

¹ Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Matanzas, Cuba.

* Autor para la correspondencia: raisagg.mtz@infomed.sld.cu

RESUMEN

La bioseguridad juega un papel importante en las investigaciones biomédicas. Es preciso conocer las medidas recomendadas para el control de enfermedades en los entornos laborales donde los trabajadores corren el riesgo de contraer enfermedades y convertirse en fuente de infección para los pacientes. El objetivo de este trabajo es contribuir con la divulgación de las medidas de bioseguridad en los laboratorios biomédicos. Se realizó una revisión sistemática de los principales artículos publicados en inglés y español en PubMed, SciELO y MEDLINE. Resulta de gran importancia la divulgación de las medidas de bioseguridad, a fin de garantizar su conocimiento por parte de los profesionales de los diferentes tipos de laboratorios. Ellos están obligados a desarrollar o adoptar un manual de operaciones o de bioseguridad que identifique los riesgos que se encontrarán o puedan producirse, y especifique las prácticas y procedimientos destinados a minimizar o eliminar las exposiciones a estos.



Palabras clave: bioseguridad; riesgos físicos; riesgos químicos; riesgos biológicos; riesgos humanos.

ABSTRACT

Biosecurity plays an important role in biomedical research. It is necessary to know the recommended measures for disease control in work environments where workers are at risk of contracting diseases and becoming a source of infection for patients. The aim of this work is to contribute to the dissemination of biosafety measures in biomedical laboratories. A systematic review of the main articles published in English and Spanish in PubMed, SciELO and MEDLINE was carried out. The dissemination of biosafety measures is of great importance in order to ensure their knowledge by professionals in the different types of laboratories. They have to develop or adopt a manual of operations or biosecurity that identifies the risks that will be found or may occur, and specifies the practices and procedures to minimize or eliminate exposures to them.

Key words: biosecurity; physical risks; chemical risks; biological risks; human risks.

Recibido: 21/04/2021.

Aceptado: 01/11/2021.

INTRODUCCIÓN

El derecho a la vida y su preservación es un fundamento que la humanidad ha asumido en su concepción normativa. Los avances de la ciencia y la técnica se aprovechan para mejorar la calidad de vida de los seres humanos; no obstante, el uso irreflexivo e indiscriminado de estos avances muchas veces constituye una amenaza para la vida. Es por ello, que la seguridad biológica ocupa un lugar importante en la opinión pública de muchos países en los últimos sesenta años.⁽¹⁾

Aunque el reconocimiento de los riesgos data de mucho tiempo —a través de la epidemiología hospitalaria para la organización de los sistemas, disminución de riesgos y el conocimiento de los agentes etiológicos—, se impone un análisis serio y un compromiso moral en la utilización de los nuevos descubrimientos, en aras de una vida plena para las actuales y futuras generaciones. Es necesario la formación de profesionales capaces de comprender y actuar a la altura de los retos que impone el actual desarrollo científico y tecnológico, sin que ello constituya un riesgo para los seres vivos.⁽²⁾



La emergencia y reemergencia de agentes infecciosos en los últimos años, hace que se procesen a diario en los laboratorios de Cuba y el mundo gran número de muestras de material infeccioso, lo que constituye un peligro para el personal de los laboratorios, para otros trabajadores y para la comunidad, ya que son frecuentes los derrames de este material, la rotura de tubos con cultivo y los pinchazos con agujas de jeringas. A diario se reportan estos y otros accidentes por la no observancia de las medidas de bioseguridad.

En Cuba está normado todo lo relacionado con la bioseguridad. Aunque existen los manuales, muchas veces al personal del área técnica del laboratorio no tiene conocimientos sobre su contenido, lo que aumenta la probabilidad de que ocurran accidentes laborales y aparezcan enfermedades ocupacionales, en dependencia de las actividades que se realizan en cada laboratorio. Todos los trabajadores que laboran en los diferentes laboratorios están expuestos a riesgos biológicos y no biológicos.

Este trabajo tiene como objetivo hacer una revisión de las medidas de bioseguridad en los laboratorios de investigaciones biomédicas, para contribuir a su conocimiento y divulgación. El dominio e implementación de dichas medidas constituyen la premisa para evitar accidentes en los laboratorios, proteger la salud de sus trabajadores, así como los recursos materiales de que disponen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de varios artículos en inglés y español, publicados en PubMed, SciELO y MEDLINE con los siguientes descriptores: bioseguridad, accidentes laborales, enfermedades profesionales, laboratorios biomédicos y riesgo biológico. Se localizaron artículos en revistas internacionales, en las biomédicas cubanas y en otros sitios electrónicos. Se hizo una selección de la bibliografía más actualizada y pertinente para tratar el tema.

DISCUSIÓN

Los laboratorios biomédicos constituyen ambientes de trabajo especiales, generalmente únicos, que pueden constituir un riesgo para la adquisición de enfermedades infecciosas para las personas que se encuentren en o cerca de ellos. Informes publicados a fines del siglo pasado muestran muchas de las infecciones que se han contraído en los laboratorios, como casos fiebre tifoidea, cólera, muermo, brucelosis y tétanos.

En 1941, K. Meyer y B. Eddie, publicaron un estudio de 74 infecciones de laboratorio con brucelosis que se habían producido en los Estados Unidos, y concluyeron que la



manipulación de cultivos o especímenes o la inhalación de polvo con contenido de organismos de *Brucella*, constituye un peligro inminente para quienes trabajan en los laboratorios. Algunos casos se atribuyeron al descuido o a malas técnicas en la manipulación de materiales infecciosos.⁽²⁾

S. E. Sulkin y R. M. Pike publican en 1949 la primera serie de estudios de infecciones de laboratorio y constatan 222 infecciones virales, 21 de las cuales resultaron fatales; las atribuyen, en al menos un tercio de los casos, a la manipulación de animales y tejidos infectados. En 1951 publican la segunda de las series, basada en un cuestionario enviado a 5 000 laboratorios. Los casos de brucelosis fueron superiores a todas las infecciones adquiridas en laboratorios, junto con la de tuberculosis, tularemia, tifoidea e infección estreptocócica, que representaron el 72 % de las infecciones bacterianas, y el 31 % correspondió a infecciones causadas por todos los agentes. La mayoría de estas infecciones estuvieron relacionadas con la aspiración de pipetas con la boca y el uso de agujas y jeringas.⁽²⁾

P. Skinholjen, en 1974, divulga casos de hepatitis en el personal que trabaja en laboratorios químicos clínicos de Dinamarca: 2,3 casos por año cada 1 000 empleados, siete veces mayor que en la población en general. En un estudio similar, J. M. Harrington y H. Shannon informan en 1976 que las personas que trabajan en laboratorios médicos en Inglaterra tenían un riesgo cinco veces mayor de contraer tuberculosis que la población general.

También diversos estudios demuestran que la hepatitis B y la shigelosis siguen imponiendo riesgos ocupacionales. Junto con la tuberculosis, estas fueron las tres infecciones ocupacionales más frecuentemente reportadas en Gran Bretaña.⁽³⁾

Teniendo en cuenta los ejemplos anteriores, es comprensible el hecho de que la aparición de la bioseguridad esté relacionada con surgimiento y desarrollo de la microbiología y la atención a pacientes con enfermedades infecciosas. Para su estudio, se dividió en tres etapas:

La primera, llamada bioseguridad clásica, se ubica dentro de la seguridad laboral como un sector de la seguridad y la salud de los trabajadores, controlando el entorno laboral para reducir o eliminar los riesgos, en particular, los asociados con la manipulación de los agentes infecciosos, la solución del diseño de tales instalaciones y el establecimiento de prácticas apropiadas.

La segunda, considerada como seguridad de la biotecnología moderna, comenzó cuando en la década de los años setenta se logró expresar el ADN recombinante en condiciones de laboratorio.

La tercera etapa, la actual, es la bioseguridad científica, por estar relacionada, entre otros, con la combinación del uso simultáneo de las biotecnologías (clásica, científica y moderna), con el incremento de las instalaciones con riesgo biológico para el diagnóstico, la investigación, la manipulación genética, la docencia y la producción, y con la aparición de enfermedades emergentes y reemergentes que presuponen medidas específicas de bioseguridad. Asimismo, con el incremento de las introducciones y liberaciones de especies exóticas para diversos usos y la existencia de acuerdos internacionales vinculantes. Esta bioseguridad incluye a las anteriores, y



requiere de fundamentos científicos, teóricos y metodológicos para la evaluación y la gestión del riesgo biológico.⁽⁴⁾

La ausencia durante mucho tiempo de fundamentos científicos para desarrollar procedimientos, técnicas, dispositivos y equipos de seguridad, dificultó el desarrollo de la bioseguridad, lo que repercutió en la protección del personal y en el surgimiento de diferentes enfermedades como causa de múltiples contaminaciones.

El término "bioseguridad" proviene del idioma inglés, originándose a partir de la expresión *microbiological safety*; posteriormente evolucionó a *biological safety* y, por último, a *biosafety*.⁽⁵⁾ En sus inicios se refería principalmente a la seguridad microbiológica en el entorno del laboratorio. Luego comenzó a hacerse más abarcador su significado al extenderse su empleo al medio ambiente, a la industria biotecnológica, a los organismos genéticamente modificados, al entorno hospitalario y, en general, a la transformación positiva de la naturaleza. También se entiende por "seguridad biológica" o "bioseguridad" los principios, técnicas y prácticas aplicadas con el fin de evitar la liberación accidental y la exposición no intencional a patógenos y toxinas.^(6,7)

La bioseguridad en Cuba se ha caracterizado por su dispersión legislativa y práctica. No fue hasta mediados de 1996 que se crea el Centro Nacional de Bioseguridad Biológica, adscrito al Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Así comienza a establecerse un Sistema Nacional de Bioseguridad con una estrategia bien definida.^(8,9)

El CITMA es el organismo encargado de dirigir, ejecutar y controlar la política ambiental del Estado y el Gobierno, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible del país. Tiene a su cargo, entre otras acciones, las de dirigir y controlar la ejecución de la política encaminada a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. Se apoya en una de sus direcciones, la Dirección de Medio Ambiente, que implementa la política ambiental a través de la Estrategia Ambiental Nacional, la que es definida por períodos estratégicos.

La creación del CITMA y una amplia legislación recogida en la Constitución de la República, pone de manifiesto el interés del Estado cubano por garantizar el respeto al medio ambiente en todos los sectores.

La Ley 81 del Medio Ambiente define, entre sus objetivos, regular el desarrollo de las actividades de evaluación y control sobre el medio ambiente, y garantiza al Estado, al Gobierno y a la sociedad en general, la información requerida para el conocimiento, la evaluación y la toma de decisiones relativas al medio ambiente.⁽¹⁰⁾

En 1999 se aprueba y pone en vigor el Decreto-ley No. 190 de la Seguridad Biológica, que es un conjunto de medidas científico-organizativas y técnico-ingenieras, que incluyen medidas físicas destinadas a proteger al trabajador de la instalación, a la comunidad y al medio ambiente de los riesgos que entrañan el trabajo con agentes biológicos o la liberación de organismos al entorno, ya sean modificados genéticamente o exóticos, y a disminuir al mínimo los efectos que se puedan presentar y eliminar rápidamente sus posibles consecuencias, en caso de contaminación, efectos adversos, escapes o pérdidas. Este decreto recoge los preceptos generales que regulan



esta actividad en el territorio nacional. Partiendo de los mismos, se conforman un cuerpo de reglamentos y normas para garantizar diferentes aspectos relativos a la bioseguridad en el país. Dentro de esta ley se encuentran las siguientes resoluciones:

Resolución No. 42/99 del CITMA: aprueba y pone en vigor la lista oficial de agentes biológicos que afectan al hombre, los animales y las plantas.^(11,12)

Resolución No. 8/2000 del CITMA: aprueba y pone en vigor el Reglamento general de Seguridad Biológica para las instalaciones en las que se manipulan agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética.^(11,12)

Resolución No. 103/2002 del CITMA. Reglamento para el establecimiento de los requisitos y procedimientos de seguridad biológica en las instalaciones en las que se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética. Establece los requisitos y procedimientos técnicos y administrativos que deben cumplirse en las instalaciones con riesgo biológico:

- a) Exigencias para el cumplimiento de las prácticas apropiadas.
- b) Equipos de seguridad.
- c) Requisitos de diseño y construcción de las instalaciones.

En la regulación de estos elementos se tienen en cuenta los niveles de bioseguridad en las instalaciones, de acuerdo con el grupo de riesgo de los agentes biológicos que manipulan. También se incluyen los requisitos para el trabajo con toxinas de origen biológico e invertebrados.^(11,12)

Resolución No. 112/2003 del CITMA. Reglamento para el establecimiento de los Requisitos y procedimientos de seguridad biológica en las instalaciones en las que se trabaja con plantas y animales con riesgo biológico. Recoge los requisitos y procedimientos técnicos de seguridad biológica que deben cumplirse en este tipo de instalaciones.⁽¹²⁻¹⁴⁾

Resolución No. 76/2000 del CITMA. Reglamento para el otorgamiento de autorizaciones de seguridad biológica. Establece cuáles son las autorizaciones que han de otorgarse para la realización de las actividades relacionadas con el uso de agentes biológicos, organismos y fragmentos de estos con información genética. Estas actividades son reguladas de tal forma que recogen los requisitos necesarios para su solicitud y otorgamiento, las causas que provocan la suspensión y revocación de las mismas, sus efectos, así como la autoridad facultada para otorgarlas o denegarlas.⁽¹²⁾

Resolución No. 2/2004 del CITMA. Reglamento para la contabilidad y el control de materiales biológicos, equipos y tecnología aplicada a estos. Establece el Sistema Nacional de Contabilidad y Control de los componentes en virtud de lo regulado en la Convención de Armas Biológicas, que es sistema integrado por informes, declaraciones, registros, inventarios y otros. Se materializa a través de la realización



de inventarios anuales que involucren todos los agentes biológicos presentes en la instalación y de determinados equipos. También impone la obligación de confeccionar registros de operación para la transferencia y uso, entre otras actividades, de determinados agentes biológicos, equipos y tecnologías. Estos registros resultan complejos; en ellos se deben asentar diariamente las operaciones a realizar con los agentes y equipos listados. En igual sentido, se deben elaborar un conjunto de informes y declaraciones para incrementar los mecanismos de control de los materiales biológicos en general.^(12,14,15)

Resolución No. 123/2001 del jefe de la Oficina Nacional de Normalización, el Comité de Normas de Seguridad Biológica, dirigido y coordinado por el centro. Delimita su competencia a la normalización de los requisitos y procedimientos técnicos de seguridad biológica, aplicables a las instalaciones en las que se hace uso de agentes biológicos, organismos genéticamente modificados, exóticos y fragmentos de estos con información genética, y a las áreas donde se liberan al medio ambiente. Se incluyen los conceptos básicos, terminología y principios de seguridad.^(12,14)

La Resolución No. 38/2006 del CITMA, define como agentes biológicos "los microorganismos con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad, entendiéndose por microorganismo toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético".^(12,15)

Los conceptos de bioseguridad se introdujeron en el área biomédica hace treinta años, a partir fundamentalmente del impacto del VIH/sida, derivado de una presión social más que como una demanda de los profesionales biomédicos.

La hepatitis B y el VIH constituyen un riesgo de contagio para los trabajadores sanitarios; este último con mayor tasa de ataque y prevalencia. Sin embargo, no fue suficiente para generar un cambio de conductas en la aplicación de las medidas de seguridad. De hecho, el cambio generado por el VIH no fue causa de una respuesta del sector biomédico que conocía perfectamente el riesgo de contagiarse con otras enfermedades, como la hepatitis B, sino que fue el resultado de una demanda popular generada por las características de la enfermedad.⁽¹⁶⁾

El conocimiento sobre los riesgos a los que se está expuesto al realizar alguna actividad permite tomar diferentes medidas de precaución, lo que resulta una condición indispensable de bioseguridad. El personal de los laboratorios de biomedicina se expone constantemente a microorganismos infecciosos o materiales que lo contienen, como sustancias químicas peligrosas, animales de experimentación y aparatos eléctricos, los que conforman un gran número de riesgos de diversa índole para el trabajador, el personal cercano y para la comunidad en su conjunto.

Atendiendo a su complejidad, los diferentes tipos de riesgos se clasifican en:⁽¹⁷⁾

Grupo de riesgo 1: agentes de baja probabilidad de causar enfermedades humanas.

Grupo de riesgo 2: agentes que causan enfermedad y hay un riesgo para el personal de laboratorio.



Grupo de riesgo 3: agentes que producen enfermedad humana severa, está en riesgo el personal del laboratorio y existe riesgo de transmisión.

Grupo de riesgo 4: agentes que causan enfermedad severa, hay un alto riesgo para el personal de laboratorio, alto riesgo de transmisión y no existe tratamiento efectivo.

Según su origen o carácter, los riesgos se clasifican en:^(18,19)

Físico: trauma, calor, electricidad, radiaciones, etc.

Químico: sustancias inflamables, corrosivas, tóxicas, cancerígenas, etc. Se encuentran entre los que más someten al individuo a daños potenciales y reales.

Biológico: otro tipo de riesgo laboral menos frecuente, aunque de gran importancia.

Dependientes de factores humanos: el hombre con su conducta y deficiente organización laboral, puede ser también una condición riesgosa.

Tanto los riesgos físicos y químicos como los factores humanos pueden ser importantes por el daño individual directo que sean capaces de causar; además, contribuyen a quebrar las barreras de contención biológica, originando o potenciando, en tales circunstancias, un riesgo biológico.

Los riesgos no solo afectan desde el punto de vista individual, existen también los comunitarios, más o menos importantes, cuando se produce una contaminación ambiental por materiales radioactivos, productos químicos o agentes biológicos de importancia médica, veterinaria o fitosanitaria, lo que puede provocar un verdadero desastre ecológico de consecuencias insospechadas para la salud y la economía.

El riesgo biológico para el hombre es el derivado de su exposición a los agentes biológicos. Esto pueden ser infecciosos (infecciones e infestaciones por diversos agentes) o no infecciosos (por ejemplo, alergias e intoxicaciones). El riesgo de infección constituye el tipo más frecuente e importante dentro de los riesgos biológicos y el más antiguo reconocido por los profesionales de la salud.⁽²⁰⁾

Si bien el riesgo de infección existe en todos los ambientes, desde el punto de vista laboral, es mayor a nivel de hospitales y centros de investigaciones biomédicas. Las posibilidades de contagio y contaminación a los que están expuestos los trabajadores de estas instituciones son mayores, debido al continuo contacto con pacientes, objetos y productos sépticos. Las instituciones médicas se encuentran en la primera línea de exposición a las nuevas enfermedades e infecciones, incluyendo varias enfermedades emergentes; las nosocomiales, por su parte, se han extendido en instituciones de salud y afectan a los trabajadores sanitarios, ya sean las de atención directa al paciente, al personal de los laboratorios u otras áreas.⁽²¹⁾

El riesgo biológico en los laboratorios depende de la exposición del hombre a los agentes biológicos que se manipulan o conservan. Pueden tener como consecuencia más notoria la infección de la persona expuesta, con manifestaciones de enfermedad o



sin estas. La infección en el personal de laboratorio depende básicamente de la interacción de cuatro factores:

Extensión de la contaminación: volumen o concentración de microorganismos involucrados y área contaminada.

Vía de infección: percutánea, ingestión, inhalación, mucosa (oral, nasal o conjuntival) o por fómites (vía secundaria).

Virulencia del microorganismo.

Susceptibilidad del hospedero.^(21,22)

La evaluación del riesgo biológico infeccioso en el laboratorio, a diferencia de otros tipos de riesgos, es fundamentalmente cualitativa, y se basa en la consideración integral de varios factores, tales como:

La identidad del agente y su virulencia.

Su modo de transmisión.

La severidad de la enfermedad que puede producir.

La existencia y disponibilidad de profilaxis y/o tratamientos específicos.

Otros criterios adicionales (por ejemplo: el endemismo o exotismo del agente, volumen o concentración de trabajo, experiencia acumulada, utilización de modelos animales, etc.⁽²²⁾

El empleo de animales de laboratorio con fines experimentales impone al usuario la obligación moral de adoptar las medidas necesarias para evitar que ellos padezcan dolores o sufrimientos innecesarios. Hay que proporcionar a los animales un alojamiento cómodo, higiénico, agua y comida de buena calidad.⁽²¹⁾

Valorando la interrelación entre el agente, el animal y el ambiente es que el trabajo de experimentación con animales se hace cada vez más riesgoso. Se deben tener en cuenta las infecciones naturales (enzoóticas o adquiridas), posibles de ser portadas por algunos animales de forma asintomática, que constituyen una zoonosis capaz de afectar al trabajador del laboratorio.⁽²¹⁾

Teniendo en cuenta los elementos anteriores y evaluando el riesgo que un agente puede representar para un individuo que trabaja con él y para la comunidad, la Organización Mundial de la Salud ha elaborado una clasificación de agentes biológicos, que los ubica en cuatro grupos en orden creciente de peligrosidad.

Clasificación de los microorganismos infecciosos por grupos de riesgo:



Grupo de riesgo 1: riesgo individual y poblacional escaso o nulo. Microorganismos que probablemente no causan enfermedades en humanos y son causantes de enfermedades enzoóticas en animales, pero que no están sujetas al control oficial. Por ejemplo: *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli*.

Grupo de riesgo 2: riesgo individual moderado, riesgo poblacional bajo. Agentes patógenos que pueden provocar enfermedades humanas o animales, pero que tienen pocas probabilidades de entrañar un riesgo grave para el personal de laboratorio, la población, el ganado o el medio ambiente. La exposición en el laboratorio puede provocar una infección grave, pero existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces y el riesgo de propagación es limitado. Por ejemplo: *Salmonella spp.* y virus de la hepatitis B.

Grupo de riesgo 3: riesgo individual elevado, riesgo poblacional bajo. Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades humanas o animales graves, pero que de ordinario no se propagan de un individuo a otro. Existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces. Por ejemplos VIH y *Brucella spp.*

Grupo de riesgo 4: riesgo individual y poblacional elevado. Agentes patógenos que suelen provocar enfermedades graves en el ser humano o los animales y que se transmiten fácilmente de un individuo a otro, directa o indirectamente. Normalmente no existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces. Por ejemplo: virus del Ébola y virus de la fiebre hemorrágica.^(19,23)

Niveles de laboratorios y bioseguridad

Las designaciones del nivel de bioseguridad se basan en una combinación de las características de diseño, construcción, medios de contención, equipo, prácticas y procedimientos de operación necesarios para trabajar con agentes patógenos de los distintos grupos de riesgo. Los laboratorios se clasifican como sigue:

Nivel 1 básico (NBS1): adecuado para trabajar con microorganismos del grupo de riesgo 1.

Nivel 2 básico (NBS2): adecuado para trabajar con microorganismos del grupo de riesgo 2.

Nivel 3 contención (NBS3): adecuado para trabajar con agentes del grupo de riesgo 3. Requiere de instalaciones especiales (acceso controlado, presión negativa, flujo direccional del aire), además de personal de trabajo cualificado.

Nivel 4 máxima contención (NBS4): nivel requerido para trabajar con agentes biológicos del grupo de riesgo 4, especialmente enfermedades infecto-contagiosas, exóticas y que producen alta mortalidad. Normalmente no existen medidas preventivas y terapéuticas eficaces.^(19,23)

Los riesgos químicos son los causados por toxicidad y las reacciones colaterales de un producto, explosiones o efectos corrosivos e irritantes. El personal de los laboratorios



está expuesto a estos riesgos, por lo que las sustancias químicas deben conservarse para su uso diario en cantidades mínimas.^(22,24,25)

El riesgo originado por el almacenamiento de productos químicos no depende únicamente de la cantidad almacenada, sino del riesgo o peligrosidad que esto signifique; el no tener en cuenta su peligrosidad podría aumentar el exponencial de riesgo.

Los productos químicos de uso corriente en el laboratorio dan reacciones peligrosas cuando entran en contacto entre sí, por ejemplo: ácido acético con ácido crómico y ácido nítrico, la acetona con mezcla de ácido sulfúrico y nítrico concentrado, y el yodo con acetileno y amoniaco. Es por eso que se guardarán y manipularán con mucho cuidado, ya que pueden afectar las vías respiratorias, la sangre, los pulmones, el hígado, los riñones y el aparato gastrointestinal.^(20,25-27)

Los riesgos humanos son la posibilidad de daño a la salud, ocasionados por factores propios de la conducta del hombre, incrementan los otros tipos de riesgos que están presentes en el laboratorio y están relacionados con las aptitudes y habilidades para el trabajo, el estado físico y psicológico del trabajador, su capacidad intelectual y entrenamiento laboral, así como la organización general del laboratorio y las condiciones ambientales del mismo. Los errores humanos y las técnicas incorrectas pueden contrarrestar la eficacia de las medidas y el equipo que se utilicen para proteger al personal. Por esta razón, un elemento clave para prevenir accidentes de laboratorio e infecciones adquiridas es la presencia de un personal preocupado por la seguridad y bien informado sobre la manera de reconocer y combatir los riesgos presentes en el laboratorio.^(27,28)

Reglas de oro que deben cumplirse en un laboratorio:⁽²⁹⁾

No fumar: existe un riesgo visible; realizar esta actividad puede provocar la contaminación o reacción a sustancias altamente inflamables.

No comer: al consumir y llevar alimentos se puede producir una contaminación bilateral, provocando daños a la salud.

No beber: esta práctica puede ser riesgosa en el momento de la manipulación y la utilización de envases similares que provoquen confusión.

Uso de cosméticos: hace referencia al arrastre de partículas contaminantes hacia diferentes partes del cuerpo.

Medidas de bioseguridad que deben cumplirse en los laboratorios biomédicos para evitar las exposiciones a riesgos:^(27,28,30)

No se permitirá pipetear con la boca.

En la zona de trabajo del laboratorio no se permitirá al personal comer, beber, fumar, guardar alimentos ni aplicar cosméticos.



Deben existir botiquines para ofrecer los primeros auxilios.

Las superficies de trabajo se descontaminarán al terminar la jornada laboral y en caso de derramamiento de sustancias potencialmente peligrosas.

El personal se lavará las manos después de haber manipulado material y animales infecciosos, así como al abandonar el laboratorio.

Se utilizarán batas, uniformes, y no se llevarán fuera del laboratorio.

Los locales deben estar limpios y organizados.

La ropa del laboratorio no se guardará con la ropa de la calle.

Uso de gafas para evitar las salpicaduras.

No se permitirá la entrada en el laboratorio de animales que no tengan que ver con el trabajo.

Uso de guantes, nasobucos y gorros.

Las ventanas y puertas deben estar preparadas contra actos vandálicos.

El personal debe estar inmunizado.

Debe trabajar un personal apto y capacitado.

Para el trabajo en los laboratorios existen equipos de seguridad que se le denominan barreras. Estas pueden ser: ^(22,28,30)

Primarias: constituyen la barrera directa entre el personal y el material con que se trabaja. Estos equipos incluyen algunos de cierta complejidad, como las campañas químicas y los gabinetes o cabinas de seguridad biológica, y otros más sencillos, como instrumento de pipeteo, botas, batas sanitarias, nasobucos, etc.

Secundarias: garantizan la protección del personal que trabaja en otras áreas del edificio y la comunidad.

Las investigaciones que se llevan a cabo manipulando bacterias, virus y otros gérmenes letales, son comunes en la actualidad, igualmente los errores que ellas traen consigo. Por ejemplo, monos que se han infectado por la peste y hurones que tienen fiebre aviar.

En mayo de 2004, un hospital de investigación de California recibió un ántrax activo en lugar de las muestras inertes que siempre recibía: una bacteria que al ser inhalada causa la muerte en el 50 % de sus víctimas. En el laboratorio de Fort Detrick, Estados Unidos, en febrero del mismo año, una investigadora se lastima con una jeringa al tratar de inocular el virus del Ébola a un ratón, virus que se originó en África y el 65 %



de sus víctimas encontraron la muerte.^(27,28,30) Estos son solo algunos ejemplos de accidentes que ocurren en los laboratorios y pueden provocar grandes pérdidas de vidas humanas, si no se cumplen con las medidas de bioseguridad.

Estos eventos y otros en la historia han acelerado la necesidad de tomar medidas de bioseguridad eficaces y estandarizadas en los países. La responsabilidad del científico abarca una amplia gama de compromisos: la superación profesional permanente, el trabajo consagrado, consciente y honesto, orientado a la producción, difusión, aplicación de conocimientos y a la conversión de la creación en desarrollo social.

CONCLUSIONES

Se considera de gran importancia la divulgación de las medidas de bioseguridad que garantice su total conocimiento por parte de los profesionales que trabajan en los laboratorios. Ellos están obligados a elaborar un manual de operaciones o de bioseguridad que identifique los riesgos a los que se exponen, y donde se especifiquen las prácticas y procedimientos destinados a minimizar o eliminar las exposiciones a estos riesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilera-Díaz R, Castro-Rodríguez AC, Meirele-Ochoa MY. Aplicación de programa educativo sobre bioseguridad en los laboratorios de Microbiología. Bayamo. Granma. Julio-diciembre 2017. Multimed [Internet]. 2019 [citado 21/01/2021];23(5). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-48182019000500881
2. Fernández-Medina LS, Herrera-Ávila MA. Laboratorio de referencia regional de La Libertad-Perú" [tesis en Internet]. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego; 2019 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5493>
3. Jonathan Y. Richmond RW, eds. Bioseguridad en laboratorios de microbiología y biomedicina [Internet]. 4ta ed. Atlanta: Ministerio de Salud Pública; 2002 [citado 21/01/2021]. Disponible en: https://stacks.cdc.gov/view/cdc/50285/cdc_50285_DS1.pdf



4. Rodríguez-Dueñas J, González-Almiñán C. Desarrollo de la bioseguridad en la República de Cuba. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Facultad de Medio Ambiente, Cuba. Rev Argentina de bioseguridad [Internet]. 2017 [citado 21/01/2021]; (5). Disponible en: <https://fveter.unr.edu.ar/assets/archivos/RevistaArgentinaBioseguridadN5.pdf#page=85>
5. Abreu-Guirado O, Rodríguez-Heredia O, Pérez-Delgado E. Bioseguridad: su comportamiento. Arch méd Camag [Internet]. 2008 [citado 21/01/2021]; 12(5). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-02552008000500006&script=sci_arttext&lng=pt
6. Pérez-Díaz Y, Pedroso-Ramos L, Pérez-Santoya LM. Evaluación del riesgo biológico en laboratorio clínico aplicando el método BIOGAVAL. Medimay [Internet]. 2020 [citado 21/09/2021]; 27(2): [aprox. 12 p.]. Disponible en: <http://www.revcmhabana.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1643>
7. Gutiérrez-Velázquez Y, Arévalo-Turruelles E, Chacón-Ávila JR, et al. Práctica de bioseguridad en el entorno hospitalario por profesionales de Enfermería, Hospital. Ernesto Guevara, 2017 [Internet]. La Habana: XVIII Congreso de la Sociedad Cubana de Enfermería; 2019 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://enfermeria2019.sld.cu/index.php/enfermeria/2019/paper/viewPaper/340>
8. Ramos-García MA, Pardo-Gómez GE, Agüero-López B. Evaluación del riesgo biológico en laboratorios de Control de la Calidad del Instituto Finlay. Vaccimonitor [Internet]. 2019 [citado 21/01/2021]; 28(1): 29-37. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-028X2019000100029
9. Aguilar-Hernández I, Barreto-García M, Vázquez-Aguilar JL, Perera-Milián LS. Bioseguridad de las trabajadoras del departamento de laboratorio clínico. Medimay [Internet]. 2006 [citado 21/09/2021]; 12(1): [aprox. 5 p.]. Disponible en: <http://medimay.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/213>
10. Miranda-Cuéllar RL, Reyes-Acuña S, Gómez-País GM, et al. Metodología para la realización de un diagnóstico de la gestión de indicadores ambientales en la administración pública cubana. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo [Internet]. 2019 [citado 21/01/2021]; 37(1): 71-87. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6840506>
11. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Resolución No. 103/2002. Reglamento para el establecimiento de los requisitos y procedimientos de seguridad biológica en las instalaciones en las que se hace uso de agentes biológicos y sus productos, organismos y fragmentos de estos con información genética. Gaceta Oficial de la República de Cuba. 61; 2002.
12. Vázquez-Macías AC, Ayala-Rodríguez IM, Domenech-Cañete IO, et al. Riesgo biológico en los laboratorios de Microbiología de las instituciones de salud. Rev Panorama Cuba y Salud [Internet]. 2019 [citado 21/01/2021]; 14(1). Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cubaysalud/pcs-2019/pcs191j.pdf>



13. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Resolución No. 112/2003. Reglamento para el establecimiento de los requisitos y procedimientos de seguridad biológica en las instalaciones en las cuales se trabaja con plantas y animales con riesgo biológico. La Habana: CITMA; 2003.
14. Jarne AR, Ferrarotti NF. Bioseguridad analítica: evaluación del riesgo biológico en áreas biomédicas utilizando el registro de accidentes. Rev Argentina de Bioseguridad [Internet]. 2016 [citado 21/01/2021];4(4). Disponible en: <https://fveter.unr.edu.ar/assets/archivos/RevistaArgentinaBioseguridadN4.pdf#page=25>
15. Peñafiel-Méndez CI, Martínez-Inca NV. Manual de bioseguridad para los laboratorios clínicos de Microbiología, Citología y Biología Molecular [tesis en Internet]. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo; 2018 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5562>
16. Lurá MC. Aspectos microbiológicos de la bioseguridad: conceptos generales [Internet]. 1ª ed. Santa Fe: Ediciones UNL; 2020 [citado 15/10/2021]. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/bitstream/handle/11185/5533/aspectosmicrobiologicos.pdf>
17. Lino-Villacreses W, Quiñones A, Verduga ME. Diseño y elaboración de un manual de prevención de accidentes para las salas de laboratorio de docencia de la carrera de Laboratorio Clínico en la Universidad Estatal del Sur de Manabí [tesis en Internet]. Jipijapa Manabí, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2020 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2212>
18. Chica-Cantos SB. Elaboración de un programa de bioseguridad para el laboratorio clínico NEOLAB de la Ciudad de Cuenca [tesis en Internet]. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay; 2019 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9829>
19. Moran-Rizzo JD. Factores de riesgos y medidas de bioseguridad en las áreas de coprología, orina y hematología para un laboratorio clínico. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala; 2019.
20. Llop-Hernández A, Valdés-Dapena Vivan MM, Zuazo-Silva JL. Microbiología y parasitología médica [Internet]. T. 1. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2001 [citado 21/01/2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/19506852/Microbiolog%C3%ADa_y_Parasitolog%C3%ADa_M%C3%A9dicas_Tomo_I
21. Amarilla SP, Acuña Caballero LV, Cantero Portillo JG, et al. Manual de Bioseguridad, Seguridad y Buenas Prácticas [Internet]. Paraguay: Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad Nacional de Asunción; 2018 [citado 21/01/2021]. Disponible en: http://www.vet.una.py/web/wp-content/uploads/2018/manual_bioseguridad_fcvuna18.pdf



22. Brooks GF, Carroll KC, Butel JS, et al. Microbiología Médica [Internet]. 25^a ed. México: McGraw Hill; 2010 [citado 24/01/2021]. Disponible en: <https://bibliotecaia.ism.edu.ec/Repo-book/m/MicrobiologiaMedica.pdf>
- 23 Keckler MS, Anderson K, McAllister S, et al. Development and implementation of evidence-based laboratory safety management tools for a public health laboratory. Safety Science [Internet]. 2019 Aug 1 [citado 21/01/2021]; 117: 205-16. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753518320137>
24. Reglamentación y normas de bioseguridad en los laboratorios de la UNAD [Internet]. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia Vicerrectoría de Medios y Mediaciones Pedagógicas; 2020 [citado 21/09/2021]. Disponible en: https://academia.unad.edu.co/images/laboratorios/2020/Reglamentaci%C3%B3n_Normas_Bioseguridad_Laboratorios_UNAD_2020-final.pdf
25. Perkins D, Danskin K, Rowe AE, et al. The Culture of Biosafety, Biosecurity, and Responsible Conduct in the Life Sciences: A Comprehensive Literature Review. Applied Biosafety [Internet]. 2019 Mar [citado 21/09/2021]; 24(1): 34-45. Disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1177/1535676018778538>
26. Muriithi B, Bundi M, Galata A. et al. Biosafety and biosecurity capacity building: insights from implementation of the NUITM-KEMRI biosafety training model. Trop Med Health. 2018;46(30). DOI: doi.org/10.1186/s41182-018-0108-7
27. Capillo-Bazán FM. Verificación de normas de bioseguridad en el servicio de Laboratorio Clínico del Hospital de Chancay durante el año 2017 [tesis en Internet]. Áncash, Perú: Universidad San Pedro; 2018 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12085>
28. Shafaq H, Qureshi SM, Shakoor S. Biosecurity-related biomedical laboratory practices in Pakistan: Educating personnel regarding transportation of biohazardous substances. BBRJ [Internet]. 2019 Jan 1 [citado 21/09/2021]; 3(1): 35. Disponible en: https://www.bmbtrj.org/article.asp?issn=2588-9834;year=2019;volume=3;issue=1;spage=35;epage=38;aulast=Shafaq#google_vignette
29. Quispe-Flórez MM. Conocimientos y prácticas de bioseguridad en laboratorio por estudiantes del VI a X Semestre de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-2017 [tesis en Internet]. Cusco: Universidad Andina del Cusco; 2019 [citado 21/01/2021]. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3352>
30. Suyón-Pérez RA. Conocimiento y prácticas de las normas de bioseguridad para prevenir el riesgo biológico en trabajadores de los laboratorios privados de la ciudad de Jaén, 2018 [tesis en Internet]. Jaén, Perú: Universidad Nacional de Jaén; 2019 [citado 21/01/2021]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJA_4ff3c67243855c18cb53b794e01186fa/Details



Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

González-Giraldez R, Valdés-Espino D, Hechavarría-Morales Y, Sosa-Díaz RY, Fernández-Rodríguez CJ. La bioseguridad en el desarrollo tecnológico de las investigaciones biomédicas. Rev. Méd. Electrón [Internet]. 2021 Nov.-Dic. [citado: fecha de acceso];43(6). Disponible en:

<http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/3802/5320>

