

---

# Laboratorios de Contención: Importancia en la Investigación Biomédica, Enfermedades Emergentes, y la Gestión en Salud Pública

***Containment Laboratories: Importance in Biomedical Research, Emerging Diseases and the Management on Public Health***  
***Laboratórios de Contenção: Importância na Pesquisa Biomédica em Doenças Emergentes e Impacto na Saúde Pública***

---

Rosa I. Hernández<sup>1</sup> , Yurianni E. Arias<sup>2</sup> , Francisco J. Larrea<sup>3</sup> , José R. Ramírez-Iglesias<sup>4</sup> , Juan-Carlos Navarro<sup>\*4,5</sup> .

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología Molecular. Centro Médico BLAU, Lima-Perú. Correo: [rosahernandez08@gmail.com](mailto:rosahernandez08@gmail.com)

<sup>2</sup> Laboratorio de Aislamiento Viral. Instituto Nacional de Higiene. Caracas-Venezuela. Correo: [yurianniarias@gmail.com](mailto:yurianniarias@gmail.com)

<sup>3</sup> Ministerio del Poder Popular para la Salud. Caracas-Venezuela. Correo: [larreef@hotmail.co](mailto:larreef@hotmail.co)

<sup>4</sup> Grupo de Investigación en Enfermedades Emergentes, Desatendidas, Ecoepidemiología y Biodiversidad, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Internacional SEK. Quito-Ecuador. Autor correspondencia: \* [juancarlos.navarro@uisek.edu.ec](mailto:juancarlos.navarro@uisek.edu.ec) [jose.ramirez@uisek.edu.ec](mailto:jose.ramirez@uisek.edu.ec)

<sup>5</sup> Instituto de Ecología y Zoología Tropical. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas-Venezuela.

Fecha de recepción: 14 de mayo de 2021.

Fecha de aceptación: 05 de julio de 2021.

## RESUMEN

Los laboratorios de contención constituyen una base fundamental para la detección y el estudio de agentes infecciosos y representan una herramienta imprescindible ante enfermedades emergentes y reemergentes que cada vez amenazan con mayor riesgo la salud pública. Se hace necesario fortalecer la gestión tanto de obtención como de mantenimiento de estos laboratorios de contención, pero bajo la premisa de sostenibilidad en cada región o localidad geográfica, y esa sostenibilidad debe estar basada no sólo a nivel de infraestructura sino también del potencial humano en su capacitación continua, como un componente fundamental de dichos laboratorios. Se discute la importancia de los laboratorios de contención como base del sistema de vigilancia



Hernández, Arias, Larrea, Ramírez-Iglesias & Navarro. Laboratorios de contención: importancia en investigación biomédica, enfermedades emergentes y la gestión en salud pública.  
Julio – Diciembre 2021

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i2.361>





epidemiológica para obtener información para el diseño de estrategias y actuaciones necesarias con el objetivo de prevenir, mitigar, dar respuesta y accionar la recuperación y resiliencia ante todo evento adverso de naturaleza biológica de índole natural o antrópico que pueda afectar a la salud pública. Paralelamente, se pretende concientizar en la sostenibilidad del sistema de contención de estos laboratorios, y así afianzar su misión y visión, asegurando el bienestar del trabajador de esas áreas, de la comunidad y del ambiente, y la garantía de apoyo a nivel de salud pública.

**Palabras claves:** laboratorios de contención, bioseguridad, biocustodia, análisis de riesgo, salud pública.

## ABSTRACT

Containment laboratories constitute a fundamental basis for the detection and study of infectious agents and represent an essential tool in the face of emerging and re-emerging diseases that increasingly threaten public health with greater risk. It is necessary to strengthen the management and maintaining these containment laboratories, but under the premise of sustainability in each region or geographic location, and this sustainability must be based not only on the infrastructure level but also on the human potential in its continuous training. Is discussed the importance of containment laboratories as the basis of the epidemiological surveillance system to obtain information for the design of strategies and necessary actions to prevent, mitigate, responding and activating recovery and resilience in the face of any adverse event of a biological nature. of a natural or man-made nature that may affect public health. At the same time, it is intended to raise awareness of the sustainability of the containment system of these laboratories, and thus strengthen their mission and vision, ensuring the well-being of the worker in these areas, the community and the environment, and the guarantee of support at the public health level.

**Keywords:** containment laboratories, biosafety, biosecurity, risk analysis, public health.

## RESUMO

Os laboratórios de contenção constituem uma base fundamental para a detecção e estudo de agentes infecciosos e representam uma ferramenta essencial perante as doenças emergentes e reemergentes que ameaçam cada vez mais a saúde pública com maior risco. É necessário fortalecer a gestão e manter esses laboratórios de contenção, mas sob a premissa da sustentabilidade em cada região ou localização geográfica, e essa sustentabilidade deve se basear não só no nível de infraestrutura, mas também no potencial humano em sua formação contínua. Discute-se a importância dos laboratórios de contenção como base do sistema de vigilância epidemiológica para obtenção de informações para o desenho de estratégias e ações necessárias para prevenir, mitigar, responder e ativar a recuperação e resiliência diante de qualquer evento adverso de natureza biológica. de natureza natural ou artificial que possa afetar a saúde pública. Paralelamente, pretende-se sensibilizar para a sustentabilidade do sistema de contenção destes laboratórios, e assim reforçar a sua missão e visão, garantindo o bem estar do trabalhador destas áreas, da comunidade e do meio ambiente, e do garantia de apoio ao nível da saúde pública.

**Palavras-chave:** laboratórios de contenção, biossegurança, biossegurança, análise de risco, saúde pública.





## INTRODUCCIÓN

Existe un amplio espectro de riesgos biológicos que incluyen las enfermedades emergentes y reemergentes virales como el Síndrome Respiratorio Agudo Severo (SARS), Síndrome Respiratorio de Oriente Medio (MERS), gripe aviar H5N1 de origen asiático, Fiebre de Crimea-Congo, virus del Nilo Occidental, así como otras de mayor alcance geográfico, como: influenza H1N1, dengue, Zika, fiebre amarilla, chikungunya, Mayaro, y actualmente el novel coronavirus SARS-CoV-2 [1]. Por otra parte, microorganismos y parásitos que desarrollan resistencia a los antibióticos y a fármacos, así como los posibles incidentes y/o accidentes en laboratorios en donde se manipulan agentes biológicos patógenos, y el uso deliberado de los mismos, todos contribuyen a mantener un potencial impacto en la salud pública.

Algunos autores en el campo de salud pública [2] expresan que: “los sistemas de vigilancia son la piedra fundamental de la salud pública y de la respuesta efectiva en salud ante las amenazas existentes, re-emergentes, emergentes y las futuras”. Con base en esta premisa se afirma que, por medio de un adecuado y eficiente sistema de vigilancia epidemiológica activa, se pueden obtener datos importantes que detecten en forma temprana un evento de salud con impacto negativo, sea de origen natural o antrópico, generando acciones que conducen a la detección e identificación del agente infeccioso, y por lo tanto una adecuada y oportuna respuesta de control epidemiológico.

Por tanto, es importante el desarrollo de la capacidad de conformar una red de laboratorios de salud pública descentralizada que sea capaz de detectar y/o confirmar los diagnósticos clínico-epidemiológicos que resulten de una primera observación del evento presentado.

En consideración a lo expuesto, se hace necesario a nivel local, regional y mundial crear la capacidad de detectar e identificar oportunamente el agente infeccioso implicado y determinar su posible origen, de manera de poder generar planes inmediatos, a mediano y largo plazo, para contener amenazas de naturaleza biológica, y es en este punto, donde los laboratorios de contención se constituyen en un eslabón importante para poder llevar a cabo las metas pautadas en una gestión de calidad y riesgo en la vigilancia epidemiológica de las diferentes enfermedades infecciosas re-emergentes y emergentes [3].

Dada la importancia que representan la Bioseguridad y la Biocustodia para garantizar la seguridad sanitaria internacional, éstas disciplinas han sido contempladas en el Marco del Reglamento Sanitario Internacional (RSI) 2005, y según el compromiso asumido en la Agenda de Seguridad y Salud Global [4], como unas de las capacidades básicas exigidas por este reglamento a los países signatarios del mismo, a fin de prevenir la propagación internacional de enfermedades, mitigar, controlar y dar una respuesta proporcionada y/o restringida a los riesgos inherentes a la misma, evitando al mismo tiempo las interferencias innecesarias con el tráfico y el comercio internacionales.





Para garantizar que se cumpla esta disposición, se han incluido tanto la bioseguridad como la biocustodia dentro de las 19 áreas técnicas en la herramienta de evaluación externa del (RSI), con la que se monitorea anualmente el desarrollo de esta capacidad básica, que los países signatarios deben informar de forma obligatoria a la Asamblea Mundial de la Salud (artículo 54, RSI) [5,6].

Con el actual escenario de la situación política internacional, la globalización y la amenaza latente de brotes, epidemias o pandemias, también se suma el riesgo del uso de los agentes biológicos infecciosos en potenciales actos de bioterrorismo. En este punto se señala que el terrorismo actúa de manera inesperada, y en este sentido funciona en forma similar a los brotes de enfermedades naturales [7,8].

En el presente artículo se discute la necesidad e importancia de los laboratorios de contención, así como sus requisitos esenciales y sustentabilidad para poder cumplir los objetivos en pro de la salud pública.

### LABORATORIOS DE CONTENCIÓN

El laboratorio de contención es la base del sistema de investigación en patógenos peligrosos, así como de la vigilancia epidemiológica para el diseño de estrategias y actuaciones necesarias, con el objetivo de prevenir, preparar, mitigar, dar respuesta y accionar la recuperación, rehabilitación y resiliencia, ante todo evento adverso de naturaleza biológica de índole natural o antrópico que pueda afectar a la salud pública, y por ende el bienestar de la población.

El origen, establecimiento y uso de los laboratorios de contención, se remonta a mediados del siglo XX, con la aparición de problemas generados por infecciones adquiridas en laboratorios, ocurridas a finales de la década de los años 40, y asociadas a condiciones inseguras de trabajo en la manipulación de los agentes biológicos infecciosos [9].

Posteriormente, se confirmó la estrecha relación del manejo inadecuado de agentes infecciosos y la ocurrencia de infecciones adquiridas en laboratorio [10-15], constituyéndose la investigación y la vigilancia de las infecciones laborales, en una fuente importante para la comunidad microbiológica y biomédica, y en la generación de indicadores de cumplimiento o no cumplimiento de las prácticas de contención de agentes infecciosos [16-18].

Los resultados de estas investigaciones condujeron a la Organización Mundial de la Salud (OMS) en conjunto con el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos [19-22], a diseñar normativas y estrategias, tales como el Manual de Bioseguridad de la OMS [19,20], para controlar estos eventos adversos en los laboratorios.

En estos manuales, se establecen técnicas y procedimientos para fortalecer el trabajo seguro con agentes infecciosos, el desarrollo de estrategias de clasificación de las instalaciones de laboratorio en cuatro niveles de seguridad biológica, designados en





orden ascendente, de acuerdo al grado de protección brindado al personal, a la comunidad y al ambiente.

Desde entonces, la Bioseguridad, entendida como la disciplina que promueve el manejo seguro y la contención de microorganismos infecciosos y materiales biológicos peligrosos, se ha fortalecido, con el objetivo de minimizar los riesgos de exposición a consecuencia de la manipulación de agentes infecciosos de alto riesgo, controlando al mismo tiempo su custodia en instalaciones adecuadas y validadas para tal fin.

### **Características de los laboratorios de contención y la estrategia de protección a la salud pública**

En el sistema de clasificación de bioseguridad de los laboratorios, se establece que, de los cuatro niveles, denominados en inglés, BSL-1, BSL-2, BSL-3 y BSL-4, los dos últimos son los considerados como los niveles de contención y de mayor seguridad.

Los primeros intentos de clasificación establecían que el laboratorio de Contención Biológica de Nivel 3 (BSL-3), era aquel diseñado y constituido para trabajar con microorganismos de riesgo biológico 3 y con grandes volúmenes o concentraciones de microorganismos de riesgo biológico 2, con un medio de contención que permite el aislamiento y manejo de patógenos que pueden ser transmitidos por aerosoles [19].

Por otra parte, el Manual de Bioseguridad en Laboratorios de Microbiología y Biomedicina (1999), estableció que el Laboratorio BSL-3, coloca énfasis en barreras primarias y secundarias como presión negativa, para proteger al personal que labora en dichos laboratorios, a la comunidad y al medio ambiente de la exposición por aerosoles potencialmente infecciosos [21-22]. (Figura 1).





**Figura 1.** Arriba: Edificio del Galveston National Laboratory (GNL), Abajo: Laboratorio BSL4 de Bioseguridad y Contención Biológica, University of Texas Medical Branch at Galveston, USA. Cortesía UTMB, Dr Scott Weaver y MS. Connie Holubar.



El laboratorio de contención máxima, denominado por OMS Nivel de Bioseguridad 4 (BSL-4) [19,20], se define como aquel diseñado para el trabajo con microorganismos de riesgo biológico 4, que comprenden patógenos que causan enfermedad grave en humanos o en animales, con alta tasa de letalidad, con alto riesgo de transmisión en laboratorio por aerosoles, posibles agentes de bioterrorismo, que pueden transmitirse de una persona a otra, directa o indirectamente, incluyendo, patógenos de los cuales se desconoce su ruta de transmisión y no existen tratamientos efectivos profilácticos y/o preventivos.

Muchos de los requisitos para el BSL-4 se comparten con los del BSL-3, pero los controles administrativos son más rigurosos. Deben estar bajo control de regulaciones nacionales, como aquellos de biodefensa. Son más rigurosas las medidas de control de acceso, ubicación en zonas preferentemente alejadas de población, y con medidas de contención máximas de agentes microbiológicos empleando barreras secundarias tales como la presión negativa del ambiente interior de estos laboratorios. Se incluyen medidas destinadas a reducir el riesgo de pérdida, robo, uso incorrecto, desviaciones o liberación intencional o accidental de patógenos o toxinas [19].

Sólo el personal capacitado, con experticia y autorizado puede tener acceso; controles de ingeniería, tales como sistema de ventilación especializado que asegura el flujo de aire unidireccional, presión negativa del aire relativa a las áreas circundantes, exclusas para colocación de equipo de protección personal, autoclave de doble puerta, sistema de filtración del aire para descontaminar el aire expulsado del ambiente de contención.

Entre los equipos más importantes están: cabinas de bioseguridad clase II o clase III certificadas, sistema de descontaminación de efluentes líquidos, sistema de descontaminación de desechos sólidos infecciosos que evitan escape de dichos agentes infecciosos a través de los efluentes y/o desechos producto de las actividades realizadas. Paralelamente un control de inventario, susceptible a auditorías externas que garanticen una trazabilidad real de la existencia y custodia de todo patógeno y sus cultivos, mantenidos y resguardados en el laboratorio [19-23]. (Figura 2).





**Figura 2.** Laboratorio de Contención Biológica Nivel 3. Cortesía: Diseño empresa Germfree, Florida- USA.

En la Tabla 1, se muestran los requisitos técnicos de los laboratorios de contención BSL-3 y BSL-4.

### **Bioseguridad y Biocustodia**

Es necesario contar con un personal altamente capacitado y calificado para trabajar en estas áreas, y esa calificación lleva implícita capacidad psicosocial, de salud y técnica, que deben acoplarse para poder cumplir con todas las normativas y exigencias en las actividades de estos laboratorios, además, asegurar la confidencialidad de la información que debe comunicarse a los entes con competencia del sistema de salud pública.

Este personal debe tener conocimiento de los principales agentes infecciosos involucrados tanto en epidemias o brotes naturales como en bioterrorismo, su forma de contagio, su dosis infecciosa, sus medidas de profilaxis, si las hay, las técnicas más apropiadas para su detección, la forma de mitigar la exposición a los mismos, las normas y medidas de contención, y cumplir rigurosamente todas las buenas prácticas de laboratorio, tanto estándar como especiales.

La formación continua, desarrollo y evaluación de la competencia del desempeño del personal, deben ajustarse a las Normas: “Laboratorios Clínicos. Requisitos particulares para la calidad y la competencia (ISO 15189:2012)” [24], donde



se enfatiza la necesidad de formación del personal del laboratorio, y con la Norma ISO 35001: 2019, Gestión del Riesgo Biológico para Laboratorios y otras Entidades relacionadas, que constituye la primera Norma internacional para la Gestión del Bioriesgo [25]. Esta Norma define el proceso para identificar, evaluar, controlar y supervisar los riesgos asociados a las sustancias biopeligrosas, proyectando entre sus consideraciones la necesidad de reforzamiento de conocimientos y destrezas al talento humano [25].

Aunque los laboratorios han adoptado las especificaciones de los manuales de bioseguridad existentes, y desarrollados controles robóticos de ingeniería en los laboratorios de contención, disminuyendo el factor humano, no obstante, un mismo patógeno podría representar un riesgo diferente con base en los procedimientos y técnicas que se apliquen, y de las competencias y experiencia del personal del laboratorio [20,26].

**Tabla 1.** Requisitos técnicos de los Laboratorios de Contención.

	Laboratorio de Contención Nivel de Bioseguridad 3	Máxima Contención: Nivel de Bioseguridad 4
<b>Tipo de Laboratorio</b>	Diagnósticos especiales, Investigación	Unidad de patógenos peligrosos
<b>Prácticas de Laboratorio- Código de Prácticas</b>	<p>Personal de laboratorio capacitado y certificado</p> <p>Todas las aplicadas en el Nivel 2 más seguros: traje completo con cobertores de zapatos, protección facial, sistema de respirador de aire accionado por un purificador (PAPR) de presión positiva, acoplado a una máscara de cobertura completa del rostro</p> <p>Control de acceso al área de contención.</p> <p>Símbolo y señal de riesgo biológico ubicado en la entrada del laboratorio.</p> <p>Documentación de los parámetros de diseño y procedimientos operacionales</p> <p>Validación y certificación del laboratorio para verificar que el diseño y los parámetros operacionales cumplan con las especificaciones establecidas y exigidas en este tipo de laboratorio</p> <p>Registro y supervisión ante autoridades nacionales de salud y seguridad de la nación</p>	<p>Personal de laboratorio capacitado y certificado</p> <p>Todas las aplicadas al nivel 3, más regla de trabajo en Dúo (siempre dos operadores dentro del área de contención)</p> <p>Capacitación del personal en procedimientos de emergencia: evacuación, derrames, problemas técnicos</p> <p>Cambio completo de ropa tanto a la entrada como a la salida del laboratorio</p> <p>Documentación de los parámetros de diseño y procedimientos operacionales</p> <p>Validación y certificación del laboratorio para verificar que el diseño y los parámetros operacionales cumplan con las especificaciones establecidas y exigidas en este tipo de laboratorio.</p> <p>Registro y supervisión ante autoridades nacionales de salud y seguridad de la nación.</p>





<b>Equipos de Seguridad</b>	Uso de cabina de bioseguridad clase II.  Centrífugas con protección anti-aerosoles	Cabina de bioseguridad clase III, o en su defecto equipo de protección personal con sistema presurizado con presión positiva, sistema de respiración autónomo más cabina de bioseguridad clase II.  Uso estricto de autoclave de doble puerta, con cámara de paso.
<b>Diseño de Instalaciones</b>	Laboratorio separado de áreas de tráfico de personal, preferiblemente aislado con una antesala o construido al final de un corredor de la Instalación principal.  Sistema de ventilación unidireccional desde áreas más limpias a las potencialmente contaminadas.  Ventilación caracterizada por mantenimiento de una presión diferencial entre el laboratorio de contención y sus espacios adyacentes.  Puertas de antesala automáticas con interbloqueo.  Ventanas selladas, cerradas y resistentes a diferentes impactos.  Superficies de pisos, paredes y techos impermeables y fáciles de limpiar y descontaminar.  Incluye lavamanos accionado por pedal a la salida del laboratorio.  Sistema de ventilación con filtros HEPA tanto en la entrada como en la salida.  El sistema de ventilación debe permitir la descontaminación por gases  Alarmas visuales y audibles de notificación de fallas del sistema de ventilación.  Sistema de efluentes con trampas descontaminantes de naturaleza química o física.	Laboratorio ubicado en un único edificio aislado o en un área restringida bien delimitada de una instalación segura  Uso estricto de esclusas  Sistemas de control de calentamiento, ventilación y aire acondicionado (HVAC) deben ser accesibles por la parte externa al área de contención para minimizar la entrada del personal de mantenimiento al laboratorio  Garantía de Presión negativa en toda el área de contención  Aire de entrada y salida filtrado con filtros HEPA.  Sistema que permite la descontaminación de filtros HEPA <i>in situ</i> , ante de ser removidos del área  Sistema de alarmas visuales y audibles de notificación de fallas mecánicas o del sistema Heat-Ventilation-Air Conditioning (HVAC)  Dotación de generadores de electricidad de emergencia.  Ducha con cuartos de cambio de ropa tanto al ingreso como a la salida del laboratorio  Existencia de una cámara de doble paso, con facilidad de descontaminación física o química.  Tratamiento especial de desechos biocontaminados  Sistema de efluentes con trampas descontaminantes de naturaleza química o física  Sistema informático que permita emisión de resultados desde la zona de contención hacia el exterior del laboratorio.  Sistema de comunicación entre el personal operante y el de soporte externo al laboratorio

Fuente: World Health Organization. (2004). *Laboratory Biosafety Manual*. Third Edition. Geneva [19].





## Evaluación del Riesgo Biológico

Los Manuales de Bioseguridad tanto de la OMS como el del Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, se han constituido en referencias autorizadas para la comunidad microbiológica y biomédica a nivel internacional. La permanente revisión y actualización basada en el Mejoramiento continuo [27], la gestión de calidad de los laboratorios, y experiencias recopiladas por varios años de incidentes, son aspectos reforzados con la notoria importancia a la evaluación del riesgo biológico.

Por muchos años la evaluación de riesgo ha sido la herramienta considerada como la columna vertebral de la bioseguridad [19-22] para controlar los diferentes riesgos que circundan a los laboratorios donde se trabaja con agentes infecciosos. Hoy en día, la OMS propone un cambio en el enfoque basado exclusivamente en la clasificación de riesgo de los agentes infecciosos y en sus correspondientes niveles de bioseguridad [20].

Para esto, se ha dado un giro hacia un enfoque de bioseguridad más integrador, basado en el riesgo, tecnológico y rentable, garantizando que las instalaciones de los laboratorios, el equipo de protección personal, las barreras primarias y secundarias se adapten y adecúen a las necesidades de cada país. Se considera el perfil epidemiológico, sus propias áreas endémicas y la vigilancia epidemiológica autóctona dirigida a las potenciales amenazas biológicas emergentes y reemergentes, seleccionando un conjunto de medidas de seguridad dependiendo del patógeno y/o actividades y técnicas propuestas para controlar los riesgos identificados [20,26].

Para reforzar esta nueva concepción de la bioseguridad en laboratorios, algunos autores enfatizan que se debe tener en claro que, aunque la clasificación grupos de riesgo es referido para los trabajadores de laboratorio y para la comunidad, no equivalen al nivel de contención en el cual los patógenos deberían ser manipulados [28].

La gestión y evaluación de riesgo que consiste en un proceso sistemático, dinámico, estructurado que permite analizar y determinar el riesgo permite distinguir entre escenarios que representan un riesgo aceptable o no aceptable, generando medidas efectivas con base en el costo para poder mitigar los niveles de riesgos no aceptables, y establecer mecanismos para evaluar constantemente la efectividad de las medidas de control [19,22,29].

### Criterios de evaluación de riesgo

Existen varios criterios que sustentan la evaluación del riesgo: las rutas documentadas o sospechosas de transmisión, dosis infecciosa, patogenicidad, capacidad de contagio, endemidad, perfil epidemiológico nacional, disponibilidad de medidas preventivas y tratamientos efectivos, estabilidad del agente en el ambiente,





procedimientos de laboratorio de alto riesgo (generación de aerosoles, altos títulos o volumen de los agentes biológicos siendo producidos o manipulados, uso de punzocortantes, experimentos con animales), capacitación y competencia del personal de laboratorio, susceptibilidad de los individuos y/u hospedadores, existencia de equipo de protección personal adecuado, estatus de las instalaciones, reportes de infecciones adquiridas en laboratorio, y la biocustodia referida al potencial para extravío y/o uso de armas bioterroristas [19,22,25,26,28].

### Importancia de los laboratorios de Contención

El incidente de ántrax en el año 2001 en los Estados Unidos documentó la amenaza de una liberación intencional de un agente infeccioso en una población susceptible. En consideración de algunos expertos, la respuesta a este evento fue un poco tardía, y como lección aprendida se demostró que los laboratorios clínicos microbiológicos son claves para una detección e identificación del agente infeccioso y en la notificación oportuna a las autoridades competentes [30].

Para ser efectivos en esta función, los laboratorios deben estar preparados no sólo para amenazas biológicas de origen natural, sino también para un posible evento de bioterrorismo; contar con estructuras que permitan su estudio e identificación, validar las técnicas de identificación más seguras para la detección oportuna de posibles agentes, y los procedimientos para la gestión del evento. Lo anterior implica fortalecer el conocimiento de las normativas de bioseguridad y biocustodia en el personal.

Los laboratorios de contención también cumplen una función de biodefensa, al permitir la detección, identificación e investigación de patógenos que pueden ser utilizados en materia de bioterrorismo, además que permiten la contención de estos agentes dentro de las instalaciones del laboratorio, al respecto: “La detección, identificación y contención de agentes que puedan ser considerados una amenaza, en conjunto con la investigación epidemiológica, el fortalecimiento de la salud pública, médica y farmacéutica constituye parte de la estrategia formulada por las políticas antiterroristas” [31].

De igual manera, los laboratorios de contención constituyen un punto fundamental en las estrategias orientadas al apoyo de las políticas de salud pública, para el control y vigilancia de diversos tipos de enfermedades infectocontagiosas. La presencia y adecuada operación de laboratorios BSL-3, para impulsar tanto actividades de diagnóstico como de investigaciones biomédicas, es fundamental en países con un elevado riesgo de brotes y epidemias de enfermedades como Dengue, Zika, chikungunya, tuberculosis y epizootias como la influenza aviar, junto con la posible presencia de agentes infecciosos inesperados en muestras de rutina [32-34]. Las acciones de campo frente a brotes de enfermedades altamente contagiosas y letales hacen indispensable la implementación de estos laboratorios. Tal es el caso del brote de Ébola durante 2013-2014 en Sierra Leona, el cual pudo ser monitoreado empleando laboratorios móviles BSL-3, destinados a la inactivación del virus y al diagnóstico molecular, en el mismo sitio de incidencia [35].





La presencia de estos laboratorios también ha contribuido a la gestión dual de enfermedades emergentes y reemergentes, situación a la cual muchas regiones se enfrentaron con la pandemia de COVID-19 en países con limitados recursos y con la presencia de otras amenazas a la salud pública como la tuberculosis. Bajo este contexto, se han establecidos procedimientos para adaptar laboratorios de diagnóstico e investigación BSL-3 para la detección de SARS-CoV-2, sin descuidar la vigilancia de la tuberculosis en poblaciones vulnerables [36].

La utilidad de los laboratorios de contención va más allá de los simples procedimientos de diagnóstico, ya que permiten el estudio y desarrollo de técnicas, bajo un ambiente de elevadas concentraciones del agente infeccioso. Es el caso del estudio de anticuerpos neutralizantes contra SARS-CoV-2 durante la situación de pandemia. Estos ensayos deben llevarse a cabo en BSL-3 y han permitido identificar individuos con una fuerte respuesta inmunitaria frente al virus, junto con posibles candidatos para la donación de muestras para el tratamiento por medio de plasma convaleciente [37,38].

Históricamente, otras actividades de investigación como la secuenciación de genoma completo (WGS por sus siglas en inglés) y la búsqueda de compuestos y drogas por cribado/tamizaje de alto rendimiento (HTS por sus siglas en inglés) que afecten a agentes infecciosos, han quedado limitadas en los BSL-3/4, debido a la complejidad que conllevan las actividades generales en estos laboratorios de contención. Sin embargo, apoyado en los avances tecnológicos, optimización de flujos de trabajo y reducción en el tamaño de los equipos, se ha podido comenzar a implementar actividades de secuenciación masiva de agentes altamente contagiosos y letales, en laboratorios BSL-3 y BSL-4 [39]. La realización de WGS dentro de los mismos laboratorios de contención minimiza la manipulación de la muestra y reduce problemas asociados a la descontaminación, necesaria para su movilización fuera del laboratorio de bioseguridad [39]. Así mismo, se han comenzado a optimizar protocolos para los ensayos de HTS, inicialmente en laboratorios BSL-3, gracias a la simplificación de los equipos necesarios para dichos estudios. Al igual que en el caso de WGS, esto reduce la manipulación de las muestras, favoreciendo la reproducibilidad de los ensayos, lo cual constituye un aspecto crítico para asegurar la confiabilidad de los resultados HTS del laboratorio [40].

### Bioseguridad basada en evidencia

Cada día cobra importancia la bioseguridad basada en evidencia obtenida por los análisis de situaciones relacionadas con la misma. Por ejemplo, con base en estudios recientes relacionados a infecciones adquiridas en laboratorio, se demuestra que muchas de estas infecciones, fueron causadas por factores humanos y no por fallas en los controles de ingeniería, entre ellos, el uso inadecuado del equipo de protección personal, ausencia o mal manejo de la evaluación de riesgo biológico, carencia o incumplimiento de procedimientos operativos estándar, insuficiente capacitación del personal de los laboratorios [20,25-26].

Por otra parte, la aplicación de bioseguridad basada en evidencia se demuestra en un estudio de Blacksell et al [41], en donde se analizó el riesgo de investigación de





*Orientia spp* (Rickettsiaceae), que en consideración de las pautas establecidas por OMS (Manual de Bioseguridad, 3ra edición), se manipulaba bajo condiciones estrictamente de Nivel 3. Posteriormente, y con base en el análisis de riesgo y considerando tanto las competencias del personal involucrado en las actividades como el proceso llevado a cabo, se determinó que las actividades de bajo riesgo pueden ser llevadas a cabo en un Nivel de Bioseguridad 2. Así, la manipulación e investigación con *Orientia spp* y *Rickettsia spp*, requiere una consideración basada en la evaluación del riesgo para seleccionar los controles de bioseguridad y biocontención, y no es recomendable seguir un patrón basado únicamente en la clasificación de grupos de riesgo adjunto al Nivel de Bioseguridad establecido con anterioridad por diversas Organizaciones promotoras de la bioseguridad.

Lo arriba expuesto sugiere actualizaciones periódicas basadas en evidencias, que respalden los cambios al perfil de riesgo de un patógeno dado, considerando los procedimientos utilizados en las instalaciones en el manejo del agente infeccioso, así como todos los criterios de la evaluación de riesgo, y determinar cómo cada uno de ellos contribuyen o reducen el riesgo y poder generar medidas de mitigación que conduzcan a un riesgo aceptable [20,26].

### Sostenibilidad de los laboratorios de contención

Un gran reto en la gestión de este tipo de laboratorio, lo constituye el garantizar la sostenibilidad en el tiempo de sus capacidades tanto técnicas como de infraestructura. Se necesita invertir en infraestructura, tecnología de la información, y talento humano para asegurar que los sistemas de bioseguridad, biocustodia y biovigilancia permanezcan efectivas de manera de garantizar la sostenibilidad del sistema protector de estos laboratorios de contención, y así proseguir sus funciones vitales, la calidad del sistema de vigilancia epidemiológica y el fortalecimiento de los sistemas de salud pública.

Estudios de planificación estratégica de un laboratorio de Contención Biológica Nivel 3, establecen que existen puntos clave para garantizar la sostenibilidad de este tipo de laboratorios, centrando la atención en el talento humano, que una vez capacitado deben crearse estrategias para evitar su migración a otros Institutos o países, lograr su permanencia y actividad en este tipo de infraestructura de alta tecnología y exigente de conocimientos, destrezas, experiencia y confidencialidad.

Adicionalmente, se considera la gestión del sistema de calidad, para fortalecer el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, la garantía de funcionamiento de los sistemas de apoyo y de contención del sistema, la cadena de suministro de repuestos y consumibles, la certificación de las técnicas utilizadas, el cumplimiento de las normativas de bioseguridad y biocustodia, entre otros [27,41].

Se hace necesaria la inspección anual y las diferentes pruebas para confirmar la integridad de la instalación en relación a los estándares operativos de bioseguridad, los sistemas y equipos de alta tecnología para requisitos de la seguridad, entre otros, de





manera de cumplir con los requisitos de validación y certificación de este tipo de laboratorio [26,28].

El presupuesto óptimo recurrente es imprescindible en la sostenibilidad para el cumplimiento del mantenimiento preventivo y/o correctivo de algunos sistemas esenciales tales como, los filtros HEPA (pruebas y reemplazos de los filtros), pruebas anuales y de certificación de las cabinas de bioseguridad, validación de los sistemas de autoclave y de control de efluentes, los costos del sistema ventilación-climatización.

El tema presupuestario cada vez cobra más importancia, esencialmente en países de bajo recursos [26], siendo estratégico crear un sistema de gestión claramente identificado y consensuado facilitando la capacidad del laboratorio y los servicios de soporte, establecimiento de la cadena de suministro, capacitación, retención, certificación y constante actualización del talento humano, e ingresos operativos sostenibles” [42].

Otra consideración importante es la práctica cada vez mayor de obtener instalaciones de laboratorios de contención altamente costosos y complejos, basados en un boom a nivel mundial de estas estructuras, cuya sostenibilidad es muy riesgosa en el tiempo y podrían no tener un uso adecuado y necesario para las políticas internas de salud de cada país. Se ha propuesto un marco alternativo que contemple la creación o fortalecimiento de la capacidad de respuesta de acuerdo con las necesidades locales de cada país, con énfasis en la relación y la creación de confianza de todos los entes involucrados y la medición continua de resultados e impacto, como modelo para la toma de decisiones políticas [43].

Finalmente, los laboratorios de contención constituyen una base fundamental para la detección y el estudio de agentes infecciosos y son necesarios para establecer respuestas efectivas ante enfermedades emergentes y reemergentes que ponen en riesgo la salud pública a nivel global. Elementos relacionados con procesos de gestión orientada hacia la sostenibilidad, junto con la capacitación continua de talento humano, podrán ayudar a garantizar la existencia de estos laboratorios según las necesidades de cada país o región.

## FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Proyecto DII-UISEK P011617\_2, “Eco-epidemiología *in silico* de Enfermedades Emergentes”, Dirección de Investigación Universidad Internacional SEK (JCN).

## DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran la no existencia de conflicto de interés alguno.

## APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo aporta a la difusión y conocimiento sobre las características y requerimientos Laboratorios de Biocontención que cumplan con las normas internacionales de OMS y OPS, en la línea de investigación y diagnóstico de patógenos



Hernández, Arias, Larrea, Ramírez-Iglesias & Navarro. Laboratorios de contención: importancia en investigación biomédica, enfermedades emergentes y la gestión en salud pública.  
Julio – Diciembre 2021

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v10i2.361>





como agentes etiológicos de enfermedades emergentes de alto nivel de riesgo, en pro de la seguridad biológica de trabajadores de la salud y biomedicina, así como de la población en general.

### DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

RIH y JCN conceptualización, escritura, revisión de la versión final, JRRI, en la escritura, revisión general, YEA y FJL en la escritura y revisión final.

### AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jean Marc Gabastou, Asesor en Servicios de laboratorio de Salud Pública y Redes de Emergencia de Salud de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), CDMX, México, por sus valiosos comentarios, sugerencias y revisión final del manuscrito. A la Universidad de Texas Medical Branch, Dr Scott Weaver (Director of Research) y MS. Connie Holubar (Director of Operations) del Galveston National Lab y por las fotos de cortesía. Al Lcdo. Sergio Diego Luis Miguel. Lcdo en Ciencias Biológicas, Asociación Latinoamericana de Biocontención y Bioseguridad, Buenos Aires-Argentina, por sus valiosas sugerencias.

### REFERENCIAS

- [1] Organización Panamericana de la Salud, OMS. Alerta Epidemiológica Nuevo Coronavirus (nCoV), 16 de enero de 2020, Washington, D.C OPS/OMS 2020.
- [2] J.B. Nuzzo, S. Ravi. Strengthening Surveillance for Health Security Threats: The Time is now. Health Security, 14 (3): 109-110, 2016. <https://doi.org/10.1089/hs.2016.0051>
- [3] Z. Dembek, M. Kortepeter, J. Pavlin. Discernment between deliberate and natural infectious disease outbreaks. Epidemiology & Infection, 135 (3): 353-371, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268806007011>
- [4] Organización mundial de la Salud. Reglamento Sanitario Internacional. Tercera edición, 2005.
- [5] WHO, "Joint External Evaluation tool: International Health Regulations" (WHO, Geneva, Switzerland, 2016)
- [6] Organización Mundial de la Salud, Instrumento de Autoevaluación para la Presentación Anual de Informes de los Estados Partes en el Reglamento Sanitario Internacional (2005). Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2018.
- [7] P.R. Wielinga. Detecting Bioterrorism: How to detect the unexpected? Biosecurity and Bioterrorism, 11 (Suplemento 1): 123, 2013. <https://doi.org/10.1089/bsp.2013.0863>
- [8] M. Enserink. The Boom in biosafety labs. Science, 288 (5470): 1320-1322, 2000. <https://science.sciencemag.org/content/288/5470/1320/tab-article-info>



- [9] B. Eddie, K. Meyer. Laboratory infections due to *Brucella*. Journal of Infectious Diseases, 68:24-32, 194. <https://doi.org/10.1093/infdis/68.1.24>
- [10] S.E. Sulkin, R.M. Pike. Survey of laboratory-acquired infections. American Journal of Public Health and the Nation's Health, 41:769-81, 1951. <https://ajph.aphapublications.org/doi/10.2105/AJPH.41.7.769>
- [11] Pike RM, Sulkin SE, Schulze ML. Continuing importance of laboratory-acquired infections. American Journal of Public Health and the Nation's Health. 1965; 55(2): 190-99. <https://ajph.aphapublications.org/doi/10.2105/AJPH.55.2.190>
- [12] R.M. Pike. Laboratory-associated infections: summary and analysis of 3921 cases. Health Laboratory Science, 13: 105-14, 1976.
- [13] R.M. Pike. Past and present hazards of working with infectious agents. Archives of Pathology & Laboratory Medicine, 102: 333-36, 1978.
- [14] R.M. Pike. Laboratory-associated infections: incidence, fatalities, causes, and prevention. Annual Review of Microbiology, 33: 41-66, 1979. [doi: 10.1146/annurev.mi.33.100179.000353](https://doi.org/10.1146/annurev.mi.33.100179.000353)
- [15] A.L. Harding, K.B. Byers. Epidemiology of laboratory-associated infections. In: Fleming DO, Hunt DL, editors. Biological Safety: principles and practices. 3rd.ed. Washington, DC: ASM Press. 2000. p. 35-54.
- [16] Staszkiwicz J, Lewis CM, Colville J, Zervos M, Band J. Outbreak of *Brucella militensis* among microbiology Laboratory workers in a community hospital. Journal of Clinical Microbiology, 29 (2):287-290, 1991.
- [17] K. Senior. Recent Singapore SARS case a laboratory accident. Lancet Infectious Diseases, 3(11):679. 2003. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(03\)00815-6](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(03)00815-6)
- [18] D. Amber. Laboratory hazard. Nature, 458 (4), 2009. <https://www.nature.com/articles/nj7238-664a>
- [19] World Health Organization. (2004). Laboratory Biosafety Manual. Third Edition. Geneva.
- [20] World Health Organization. (2020). Laboratory Biosafety Manual. Fourth Edition. Geneva.
- [21] Departamento de salud y servicios humanos; Centro de Control y Prevención de Enfermedades. Bioseguridad en Laboratorios de microbiología y Biomedicina. 4th edición.; 1999.
- [22] U.S. Departments of Health and Human Services; Centers for Disease Control and Prevention and National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. 5th ed. Washington; 2007. [citado junio 2019]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/od/ohs/>.





- [23] V. Halkjaer-Knudsen. Designing a facility with both good manufacturing practice (GMP) and biosafety in mind: synergies and conflicts. *Applied Biosafety*, 12 (1): 7-16, 1991. <https://www.liebertpub.com/doi/pdfplus/10.1177/153567600701200102>
- [24] ISO 15189:2012. Laboratorios Clínicos. Requisitos particulares para la Calidad y la Competencia
- [25] ISO 35001:2019. Biorisk Management for Laboratories and other Related Organizations
- [26] Kojima K, Booth CM, Summermatter K, Bennett A, Heisz M, Blacksell SD, McKinney M. Risk-based reboot for Global Lab Biosafety. *Science*, 360 (6386): 260-262, 2018. <https://science.sciencemag.org/content/360/6386/260>
- [27] Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud. Curso de Gestión de Calidad y Buenas Prácticas de Laboratorio. Tercera Edición. Washington, D.C, 2016.
- [28] Pastorino B, de Lamballerie X and Charrel R. Biosafety and Biosecurity in European Containment Level 3 Laboratories: Focus on French Recent Progress and Essential Requirements. *Frontiers in Public Health*, 5:121, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00121>
- [29] Evaluating Biorisk Management Performance. (2015). In R. Salerno & J. Gaudioso (Eds.), *Laboratory Biorisk Management: Biosafety and Biosecurity* (p. 147). CRC Press.
- [30] D.L. Sewell. Laboratory safety practices associated with potential agents of biocrime or bioterrorism. *Journal of Clinical Microbiology*, 41 (7): 2801-2809, 2003. <https://jcm.asm.org/content/41/7/2801.2003>
- [31] C.N. Mangal, L. Maryogo-Robinson. Leveraging the laboratory response network model for the global health security agenda. *Biosecurity and Bioterrorism*, 12 (5): 274-283, 2014. <https://doi.org/10.1089/bsp.2014.0023>
- [32] J. de Araujo, S.M. de Azevedo, N. Gaidet, R.F. Hurtado et al. Avian influenza virus (H11N9) in migratory shorebirds wintering in the Amazon Region, Brazil. *PLoS One*, Oct 16;9(10):e110141, 2014. PMID: 25329399; PMCID: PMC4199675. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110141>
- [33] B. Muriithi, M. Bundi, A. Galata, G. Miringu. et al. Biosafety and biosecurity capacity building: insights from implementation of the NUITM-KEMRI biosafety training model. *Tropical Medicine Health*, Aug 8;46:30, 2018. PMID: 30116141; PMCID: PMC6083558. <https://tropmedhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41182-018-0108-7>
- [34] E. Rivière, T.H. Heupink, N. Ismail, A. Dippenaar. Capacity building for whole genome sequencing of *Mycobacterium tuberculosis* and bioinformatics in high TB burden countries. *Briefings in Bioinformatics*. Oct 3;bbaa246, 2020. PMID: 33009560. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00309>





- [35] Y. Zhang, Y. Gong, C. Wang, W. Liu et al. Rapid deployment of a mobile biosafety level-3 laboratory in Sierra Leone during the 2014 Ebola virus epidemic. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, May 15;11(5):e0005622, 2017. PMID: 28505171; PMCID: PMC5444861 <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005622>
- [36] S. Homolka, L. Paulowski, S. Andres, D. Hillemann et al. Two Pandemics, One Challenge-Leveraging Molecular Test Capacity of Tuberculosis Laboratories for Rapid COVID-19 Case-Finding. *Emerging Infectious Diseases*, Nov;26(11):2549-2554, 2020. PMID: 32956612; PMCID: PMC7588527. [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/11/20-2602\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/11/20-2602_article)
- [37] F. Amanat, D. Stadlbauer, S. Strohmeier, T.H.O. Nguyen et al. A serological assay to detect SARS-CoV-2 seroconversion in humans. *Nature Medicine*, Jul;26(7):1033-1036, 2020. PMID: 32398876 <https://www.nature.com/articles/s41591-020-0913-5>
- [38] C.W. Tan, W.N. Chia, X. Qin, P. Liu et al. A SARS-CoV-2 surrogate virus neutralization test based on antibody-mediated blockage of ACE2-spike protein-protein interaction. *Nature Biotechnology*, Sep;38(9):1073-1078, 2020. PMID: 32704169. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0631-z>
- [39] T. Wolkowicz. The utility and perspectives of NGS-based methods in BSL-3 and BSL-4 laboratory - sequencing and analysis strategies. *Briefings in Functional Genomics*, Nov 26;17(6):471-476, 2018. PMID: 29136087; PMCID: PMC7109780. <https://doi.org/10.1093/bfqp/elx033>
- [40] L. Rasmussen, B. Tigabu, E.L. White, R. Bostwick et al. Adapting high-throughput screening methods and assays for biocontainment laboratories. *Assay Drug Developments Technologies*, Jan-Feb;13(1):44-54, 2015. PMCID: PMC4340648. PMID: 25710545 <https://doi.org/10.1089/adt.2014.617>
- [41] S.D. Blacksell, M.T. Robinson, P.N. Newton, S. Ruanchaimun et al. Biosafety and biosecurity requirements for *Orientia spp.* diagnosis and research: recommendations for risk-based biocontainment, work practices and the case for reclassification to risk group. *BMC Infectious Diseases*, 19 (1):1044, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4653-4>
- [42] B. Kouriba, O. Ouwe Missi Oukem-Boyer, B. Traoré, A. Touré. Installing Biosafety level 3 containment laboratories in low and middle- income countries: challenges and prospects from Mali' experience. *New Microbes and New Infections*, 26:74-77, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.nmni.2018.05.011>
- [43] K.B. Yeh, M. Adams, P.D. Stamper, D. Dasgupta et al. National Laboratory Planning: Developing Sustainable Biocontainment Laboratories in Limited Resource Areas. *Health and Security*, 14(5):323-330, 2016. <https://doi.org/10.1089/hs.2015.0079>



## NOTA BIOGRÁFICA



**Rosa Isabel Hernández Rangel.** ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0001-5537-8113>

Es Investigadora del Centro Médico BLAU, Perú. Bióloga, Universidad Central de Venezuela, tiene Postgrado en Salud Ocupacional y Aseguramiento de la Calidad en la Universidad Central de Venezuela, y una Maestría en Seguridad de la Nación en la Universidad Militar Bolivariana de Venezuela.



**Yurianni Ester Arias Miranda.** ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0003-4233-3463>

Es Bióloga, egresada de la Universidad Central de Venezuela. Obtuvo su licenciatura en Biología en 2016. Sus investigaciones están asociadas a temas de Biología Celular, Inmunología y Virología. Actualmente es Investigadora en el Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel” en el laboratorio de Aislamiento Viral. Caracas, Venezuela.



**Francisco J. Larrea.** ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0002-7603-9097>

Es Médico Cirujano, especialista en epidemiología. Coordinador del Centro Nacional de Enlace ante OMS del Reglamento Sanitario Internacional, Dirección de Epidemiología del Ministerio del Poder Popular para la Salud. Caracas Venezuela.



**José Rubén Ramírez Iglesias.** ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0003-0173-1895>

Graduado en la Universidad Católica Andrés Bello (Caracas, Venezuela). Obtuvo un Doctorado en Ciencias Mención Bioquímica, en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Docente Titular de la Universidad Internacional SEK, en la cual desarrolla investigaciones sobre la situación de enfermedades veterinarias desatendidas en el territorio ecuatoriano, diseño de sondas moleculares para el mejoramiento del diagnóstico, junto con proyectos relacionados con biodiversidad y medio ambiente.



**Juan Carlos Navarro.** ORCID iD  <https://orcid.org/0000-0002-7692-4248>

Biólogo y Ecólogo de Vectores-UCV, Ph.D en Entomología y Ecoepidemiología Molecular (UCV-UTMB-Texas), Profesor Titular Principal-3 e Investigador en la Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias de la Salud, Profesor Emérito Universidad Central de Venezuela. Investigador Invitado y Colaborador del National Galveston Lab, University of Texas Medical Branch at Galveston, USA. Actualmente es Director de Investigación e Innovación de la UISEK. Investigador en Arbovirus y otros virus, y patógenos emergentes y reemergentes, ecoepidemiología molecular y vector borne diseases. Board Committee of World Society of Virology.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

